

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.
Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом №1082 от 10.07.2012 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом. Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.

При перепечатке материалов ссылка на Горный журнал Казахстана обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.

Адрес редакции:
050026, г. Алматы,
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
тел.: +7 (747) 440-46-35
+7 (747) 343-15-02
minmag.kz

Представители журнала:

Центрально-Казахстанский регион –
ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН
vladfdemin@mail.ru

Российская Федерация, Москва –
ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ
shvetsirina@yandex.ru

Российская Федерация, Сибирский регион –
ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК
shaposhnikyury@mail.ru

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс 75807 в каталогах:
АО «Казпочта»,
ТОО «Эврика-Пресс»,
ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать 24.09.2021 г.

Отпечатано:
«Print House Gerona»
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124
тел: + 7 727 250-47-40,
+ 7 727 398-94-59,
факс: + 7 727 250-47-39

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК
ТОО «Научно-производственное
предприятие «ИНТЕРРИН»



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

Ю.А. БОЧАРОВА, Yuliya.Bocharova@interrin.kz

Специалист по связям с общественностью

Т.С. ДОЛИНА, Tatyana.Dolina@interrin.kz

Помощник редактора

И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА),
Irina.Pashinina@interrin.kz

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,

Professor of Mining Engineering

З.С. Абишева, д-р техн. наук, академик КазНАН

Ж.Д. Байгурин, д-р техн. наук, профессор

А.Б. Бегалинов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

В.А. Белин (Россия), д-р техн. наук, профессор

В.И. Бондаренко (Украина), д-р техн. наук, профессор

Н.С. Буктуков, д-р техн. наук, профессор

А.Е. Воробьев (Россия), д-р техн. наук, профессор

С.Ж. Галиев, д-р техн. наук, профессор

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Е.К. Едыгенов, д-р техн. наук, профессор

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

А.А. Зейнуллин, д-р техн. наук, профессор

Д.Р. Каплунов (Россия), д-р техн. наук, профессор

А.А. Лисенков, д-р техн. наук, профессор

В.Л. Лось, д-р геол.-минерал. наук, профессор

В.А. Луганов, д-р техн. наук, профессор

С.К. Молдабаев, д-р техн. наук, профессор

В.С. Музгина, д-р техн. наук

В.И. Нифадьев (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

М.Б. Нурпеисова, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

Е.А. Петров (Россия), д-р техн. наук, профессор

И.Н. Столповских, д-р техн. наук, профессор

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук


О.Г. Хайитов (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 4** Колонка главного редактора
- 6** Как IT-решения Element предотвращают брак? ®
- 8** Разумная экономия с компанией «Эргономика» ®
- 10** Как «Казцинк» реализует совместный с Министерством экологии план по снижению выбросов ®
- 11** INOCON Industrial Plants – производитель конвейерного оборудования из Австрии ®

Геомеханика

- 12** *Ратов Б.Т., Хоменко О., Кононенко М., Судаков А.*
Энергетическая теория горного давления
- 18** *Тажиев Д.К., Кыдрашов А.Б., Абдыгалиева А.К., Мурзагалиева А.А.*
Тазартпа кеңіс тігінің маңындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық модельдеу
- 25** *Қамаров Р.Қ., Демин В.Ф., Демина Т.В., Жумабекова А.Е.*
Қарнақты бекітпемен бекітілген тау-кен қазбасының төңірегіндегі нұсқа маңындағы көмір-жыныс шыңтасының деформацияланған күйін зерттеу

Взрывное дело

- 32** *Хайитов О.Г., Морозов В.В.*
Применение отрезной щели в сильнотрещиноватых ослабленных породах

Геоинформатика

- 38** *Алтаева А.А., Әбдікәрімова Г.Б.*
Этапы создания блочной геомеханической модели месторождения

Качество продукции

- 44** *Дрижд Н.А., Ибраев М.К., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т.*
Исследование качества топливных брикетов из Шубаркольского угля

- 50** Требования к оформлению статей

- 52** Памяти Анатолия Дмитриевича Сашурина

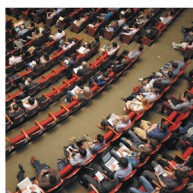


17-Й ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ МАЙНЕКС РОССИЯ

5-7 октября – г. Москва, Россия

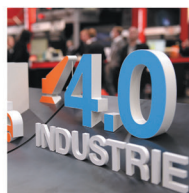
Форум МАЙНЕКС Россия – ведущая международная отраслевая площадка, открывающая новые возможности и форматы для развития бизнеса в горнодобывающей и металлургической отраслях России и стран Евразийского Экономического Сообщества.

«Развитие горной индустрии будущего»



Форум и мастер-классы

Программа форума объединяет комплекс мероприятий и событий, организуемых на площадке в Москве и виртуально. Благодаря технологии гибридных мероприятий участники форума смогут слушать презентации и задавать вопросы докладчикам, выступающим как на физической площадке в Москве, так и удаленно.



Конференция «Трансформация 4.0»

Конференция предоставляет международную площадку для обсуждения перспектив промышленной трансформации в горно-металлургической отрасли с использованием цифровых решений и технологий «Индустрия 4.0».



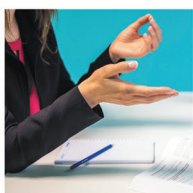
Конференция «Кадровые ресурсы ГМК»

В рамках ярмарки проводится открытая конференция «Кадровые ресурсы ГМК». В ходе конференции ВУЗы и компании смогут представить успешные проекты, провести мастер-классы и обсудить проблемы и возможные пути для их решения.



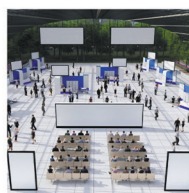
Выставка «МАЙНЕКС Россия»

Выставка технологий и проектов проводится в рамках форума, стимулируя трансфер в горнодобывающую отрасль передовых технологий, создание партнёрств и привлечение инвестиций.



Кадровая Ярмарка

Впервые на выставке проводится Кадровая Ярмарка с участием HR-директоров, руководителей направлений оценки, обучения и развития персонала, управления талантами, рекрутинга, ВУЗов, Центров научно-технического развития, Кадровых агентств и компаний, специализирующихся на разработке программ и технологий управления персоналом и обучения.



Виртуальная выставка

Виртуальная выставка «МАЙНЕКС Форум», предлагает маркетинговую и коммуникационную платформу, отвечающую требованиям эпохи цифровой трансформации горно-металлургической отрасли.

Москва – Россия
+7 495 128 35 77
ru@minexforum.com

Нур-Султан – Казахстан
+7 7172 696 836
kz@minexforum.com

Лондон – Великобритания
+44 208 089 2886
uk@minexforum.com

minexrussia.com



КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Хочу сказать о значимости личности, начиная с истории народов и заканчивая становлением семьи, индивидуума в жизни общества, в развитии науки, в создании праздничного настроения, которые складываются из трудовых будней. В нашей любимой и трудной профессии как для рабочего, пришедшего в забой или на обогатительную фабрику, или к конвертеру, будучи взрывником или бурильщиком, флотатором или дробильщиком, печевым или крановщиком, так и для молодого инженера, выпорхнувшего из вузовской аудитории, порой решающее значение имеет, кто его наставник – первый в жизни непосредственный руководитель на производстве.

Но чтобы молодой инженер – горный мастер с первых дней почувствовал себя в коллективе равноправным, его должен подготовить к этому, зачастую, незаметному этапу коренного поворота жизненных устоев преподаватель, который ознакомил тебя с азами горного искусства и сумел в твою душу заложить раз и навсегда любовь к своей профессии. Не для красного словца будет сказано, что любовь к своей будущей профессии заранее создает в человеке и творческий дух, который будет присутствовать в тебе уже на генетическом уровне.

Для меня, как и других выпускников Казахского политехнического института имени В.И. Ленина, добросовестное отношение к своей работе заключалось не только в выполнении и перевыполнении плана, чтобы быть в первых рядах и хорошо зарабатывать, но и в создании коллективного мышления в союзе с индивидуальным мастерством, желанием трудиться не просто в соответствии с проектом, но и понимать глубинные процессы на ответственном и благородном поприще горного инженера. И одной из главных причин, определивших наш благодатный жизненный путь, была встреча на этом пути с таким корифеем, соединившим в неразрывное логическое целое науку и производство, как Байконуров Омирхан Аймагамбетович, который был ректором института, заведующим кафедрой технологии и комплексной механизации разработки месторождений полезных ископаемых, создал свою научную школу и был просто нашим воспитателем.

Он родился 14 сентября 1912 года (т. е. через год исполнится 110 лет со дня его появления на свет) в Улытауском районе нынешней Карагандинской области, в урочище Байдаулет. Его судьба, как и судьбы тысяч других его сверстников в те годы, была определена советской властью, поставившей во главу угла своей образовательной политики непререкаемый и обязательный принцип всеобщей грамотности и бесплатного образования, включая и высшее. Омирхан Аймагамбетович оказался в русле этого потока роста самопознания, и его природный аналитический дар мгновенно сориентировался в своих профессиональных пристрастиях. Ими оказались все знания, связанные с недрами земли – геология, горное дело и в будущем – обогатительные и металлургические процессы.

Приобретение такого багажа знаний началось с малого золотника, который на самом деле был очень дорог. Время распорядилось так, что, кроме возможностей обучаться грамоте и получать знания, созданных государством, в самом начале своего жизненного пути молодой ученик столяра, делая первые шаги в мире знаний, встретился с выпускником ведущего вуза страны Томского технологического института, уже работавшим главным геологом комбината, будущим гением казахстанской науки – Сатпаевым Канышем Имантаевичем.

Встреча была не случайной, потому что для чтения лекций фабрично-заводском училище (ФЗУ) – низшей ступени образовательного цикла, кроме штатных преподавателей, привлекались специалисты медеплавильного комбината. Такая постановка вопроса подготовки специалистов – рабочих была тоже показателем масштабов заботы государства о кадрах.

Эта встреча оказалась эпохальной, потому что она выросла до уровня дружбы, старший по возрасту и несравненно более образованный Каныш Имантаевич увидел в любознательном и трудолюбивом пареньке не просто желание знать больше. Нет, он мгновенно сделал далеко идущий вывод: из этого молодого человека страна получит специалиста, способного творчески перелопатить содержание горных технологий, начиная от систем разработки и заканчивая вопросами управления очистным пространством и создания новых основ транспорта руды на подземных горных работах.

Начав свое обращение к Вам, дорогие читатели и уважаемые коллеги, с оценки значимости и роли личности в нашей жизни, я остановился на человеке, которого хорошо знаю, потому что я не просто получил диплом горного инженера из его рук в 1962 г., но всю свою жизнь, начиная с первых мигнов на Ачисайском полиметаллическом комбинате, ощущал его незримое присутствие, когда я добивался успехов и когда мне было трудно и нужен был совет мудреца.

Вот так и сложилась иерархия государственной заботы о создании общества нового склада в индустриальном расцвете, у истоков которого стояли такие люди, как Куйбышев В.В. и Орджоникидзе С. Хочу отметить одно качественное отличие руководителей, которым обеспечен успех в их деятельности – их становление всегда было связано с продолжительным творческим трудом на производстве, начиная с полевого геолога и горного мастера, постепенно в силу своего трудолюбия, принципиальности, масштабности и творческого склада мышления, тесно увязанного с обширными знаниями, внутренней культурой и постоянным самообразованием. Эти люди, переходя с течением времени, достигнув значительных высот в служебной иерархии, в науку, становились поистине золотым фондом экономики страны. К.И. Сагпаев, О.А. Байконуров, И.Б. Едильбаев, М.И. Жаркенов, А.Б. Бегалинов, В.К. Вороненко, Г.И. Тамбиев, М. Муртазаев были производственниками – «инженерами от Бога» и уже в достаточно взрослом состоянии пришли в науку и, благодаря производственной закалке и знанию реальных запросов, добились выдающихся успехов на этом поприще, создав свои научные школы и новые технологии, учитывающие практику горных работ в объективном и логическом соединении с достижениями непрерывной технической революции. Я счастлив, что получил напутствие перед своим долгим путешествием по дорогам жизни от Омирхана Аймагамбетовича и отношу себя тоже к той славной когорте людей, которых перечислил.

*Славная обязанность на земле – быть учителем, ответственная – быть достойным учеником!
Чтобы нас вспоминали и как учеников, и как учителей!*

ПОСТАВКА КАЧЕСТВЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ для ВОДОПОДГОТОВКИ:

ионообменные смолы, сульфуголь, антрацит, кварцевый песок, а также коагулянты и флокулянты для очистки сточных вод, подготовки питьевой воды. Занимаемся проектированием, поставкой и наладкой очистных сооружений, КНС, станций приготовления и дозирования коагулянтов и флокулянтов.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ для ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Угольная промышленность:

поставка флокулянтов и коагулянтов неорганических и органических (полидадмак и полиамины производим в России).

Цветная промышленность, драгоценные и редкоземельные металлы:

цианирование — реагент, замена цианида натрия, выщелачивание — ионообменные смолы и активированный уголь, флотация — собиратели (дитиофосфаты (аэрофлоты), ксантогенаты, депрессанты, диспергаторы, вспениватели, пылеподаватели, органические связующие, активаторы, флокулянты.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ для НЕФТЕ- и ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ и ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

поставка флокулянтов (полиакриламидов) и коагулянтов неорганических и органических (полидадмак и полиамины производим в России); ионообменные смолы, активированные угли, галит марки А и марки Б, жидкое стекло, пеногасители, гидрофобизирующие жидкости, сульфенол, биопрепараты и сорбенты, антивспениватели, полимерные тампонажные составы для изоляции зон поглощений, кислоты и многое другое, а также нефтепродукты и масла высокого качества.



ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС»

443080, Россия, Самарская обл., г. Самара, улица Революционная, дом 70, помещение 227.

тел.: 8 (846) 277-17-55, моб.: +7-927-207-17-55

e-mail: aqwasama@mail.ru, am@flotent.com, or@flotent.com

www.flotent.com

КАК ИТ-РЕШЕНИЯ ELEMENT ПРЕДОТВРАЩАЮТ БРАК?

Производитель частей для горнодобывающего оборудования Element сделал так, чтобы до клиента никогда не доходил брак. В этом ему помогла Quality Assurance – ИТ система управления качеством собственной разработки. Специалисты компании поделились, как цифровизация исключила риск поставки продуктов с дефектами.

Element использует аутсорсинговую модель производства, которая требует тщательного отбора и мониторинга заводов-изготовителей. Для каждого типа продукции есть требования и стандарты, которые заводы должны соблюдать. Element обеспечивает соответствие всех продуктов заданным внутренним параметрам качества и требованиям международных стандартов. Все усложняется, когда у компании около 200 партнеров-поставщиков, а номенклатура насчитывает 60 000 деталей, каждая со своим набором требований и необходимых документов. Рассказываем, как Element наращивает производственные сети без ущерба качеству.

Если в первые годы компания имела пару десятков заказов в месяц и не было потребности управлять большим объемом данных по качеству продукции, то когда объемы выросли в несколько раз, сохранять и постоянно улучшать качество стало сложнее. Вместо того, чтобы расширять штат отдела, компания поручила ИТ-команде создать софт, который в десятки раз ускоряет процессы формирования требований, проверки продукции на соответствие всем стандартам и сохранения данных о ее качестве с целью дальнейшего анализа.

В 2020 г. ИТ-команда Element разработала программное обеспечение для управления качеством – модуль Quality Assurance (QA). Менеджер проекта Александр Зингаревич объяснил, что платформа хранит все требования к изделиям, перечень необходимой документации и стандарты по каждому артикулу. Все изделия, при этом, делятся на 256 типов, к каждому из которых установлен определенный набор базовых требований в отношении контроля качества при производстве продукции и при проведении испытаний. В некоторых случаях обязательны фото- и видеоматериалы с производства.

Программный продукт интегрирован с другими информационными системами Element: SCM (система управления поставками) и PDM (система управления данными о продукте), поэтому все данные по заказам и продуктам автоматически обновляются в модуле QA.

Инцидентная модель

«С каждым новым заказом в профиле поставщика обновляется его история. Если какое-то из требований не выполнено или деталь оказалась дефектной, в системе QA создается инцидент. Специалисты службы качества совместно с производственным департаментом выясняют причину проблемы у поставщика или в конструкторской документации, а затем принимают решение о дальнейшей судьбе продукта: доработать или забраковать. Если на этапе производства ошибка найдена в чертежах, их оперативно корректируют, и при следующем аналогичном заказе завод получит уже обновленную версию документов», – рассказал Зингаревич.

Все инциденты хранятся в единой базе, которая используется для оценки поставщиков. Количество инцидентов



влияет на процент проверки деталей. Видя историю изготовителя, специалист может принять решение, например, проверять все 100% деталей (по умолчанию во время приемки специалисты Element выборочно проверяют от 7% серийных деталей с одной партии, а крупные части типа футеровок для дробилок тестируют всегда) или потребовать дополнительные сертификаты качества.

Не допустить брак до клиента

Таким образом, программисты Element решили три задачи.

1) Компания фиксирует брак или риск его появления еще на этапе производства, чтобы до клиента не доходил дефектный продукт.

2) Отбор и оценка поставщиков проходит на основе самых актуальных данных благодаря постоянной аккумуляции и анализу инцидентов и рекламаций.

3) Работа отдела качества ускорилась в несколько раз, чтобы можно было расширить инструменты оценки поставщиков.

Система QA была запущена в 2020 г. За неполный год ее работы было откорректировано 18 чертежей и 20 раз контроль качества инициировал корректировку стандартов предприятия. К отгрузке отдел контроля качества не допустил порядка 350 изделий, 327 из которых поставщики доработали с учетом замечаний Element, а 20 были забракованы окончательно и произведены заново. Это значит, что благодаря работе отдела контроля качества и используемых ИТ инструментов до горнодобывающих предприятий не дошли около 350 продуктов, которые могли вызвать проблемы в процессе эксплуатации. С широкой сетью поставщиков невозможно избежать дефектов, но главное – эти дефекты устраняются до того, как попадают на площадку заказчика.

Вот как это работает:



По данным менеджера по качеству в Element Ильи Беляева, благодаря инцидентной модели количество рекламаций снизилось со средних в первом полугодии прошлого года 1,5%-2% до 1% в первые полгода 2021.

Он отметил, что самый большой скачок произошел в скорости обработки заказов. Если ранее для определения требований к изготовителю мог уйти рабочий день, то теперь один специалист обрабатывает заказ за несколько минут. Количество обрабатываемых отделом заявок выросло в три раза, а расширять штат не пришлось.

В то же время появились ресурсы на создание динамического рейтинга поставщиков. Рейтинг будет меняться в моменте в зависимости от результатов каждого нового заказа на основе сложной балльной системы.

«История всех инцидентов – незаменимый инструмент в принятии решений: с кем работать, какие требования предъявлять и как предотвратить

повторение несоответствий нашим требованиям при производстве. Теперь у нас есть обобщенная картина по всем нашим заказам, которая дает нам море возможностей для улучшения качества продуктов. Мы продолжаем ее расширять и добавлять инструменты анализа, и после релиза динамического рейтинга поставщиков наладим автоматизированный аудит предприятий. Так мы продолжаем выполнять нашу основную миссию – обеспечивать заказчика деталями, которые гарантированно прослужат дольше своих аналогов от других производителей», – заключил Беляев.

Element производит запасные и изнашиваемые детали для оборудования горнорудной и нерудной промышленности. Компания работает напрямую с производителями строительного камня, а с горно-обогачительными фабриками и комбинатами – через своих официальных дилеров. В России и СНГ Element официально представляет компания Nordfelt.

Чтобы оформить заказ, свяжитесь напрямую с Element или через партнера Nordfelt.



+7 (812) 900-85-70
request@element.global



+7 (812) 245 09 97
info@nordfelt.fi

РАЗУМНАЯ ЭКОНОМИЯ С КОМПАНИЕЙ «ЭРГОНОМИКА»

Внедрение природоохранных технологий на предприятиях горнорудного комплекса – неизбежная реальность, продиктованная принятым в Казахстане новым Экологическим кодексом. Несоблюдение природоохранных норм грозит серьезными штрафами и ставит под вопрос само существование незаконнополучивших недропользователей. В то же время, предприятия, соблюдающие «зеленый закон» и внедряющие наилучшие доступные технологии, использование которых позволяет значительно снизить токсичность и объемы выбросов, могут быть освобождены от платы за эмиссию в окружающую среду. Есть и другие составляющие экономической целесообразности модернизации предприятий отрасли. Казалось бы, для недропользователей выбор пути дальнейшего экономического и производственного развития очевиден. Но вопрос внедрения природоохранных технологий в горнодобывающей сфере по-прежнему остается острым. Этой наболевшей теме и посвящен цикл наших статей, цель которых – детально разобраться в ситуации и на деле помочь горнодобытчикам в решении существующих проблем.

Своим опытом по внедрению природоохранных технологий с нами продолжают делиться ведущие специалисты и руководители компании «Эргономика». Сегодня мы беседуем с директором этого предприятия – Игорем Владимировичем Добровольским.

– Игорь Владимирович, давайте в первую очередь поговорим об экономике, ведь для руководителей горнодобывающих комплексов – это самый важный вопрос. Вы прежде говорили о том, что экономические решения в вашей работе могут быть различными и за ними стоит индивидуальный подход к каждому отдельно взятому предприятию. Расскажите, пожалуйста, об этом подробнее.

– Прежде всего, я хочу еще раз отметить, что сфера деятельности «Эргономики» – очистка воды. Что касается экономических подходов, то речь в данном случае идет о том, что одного и того же результата можно добиться разными способами. Естественно, у них будет различная стоимость. Итак, об экономике.

В любой водоочистительной установке есть различные компоненты затрат. Их всего пять.

Первая статья затрат – это расходные материалы, засыпные материалы, картриджи, мембраны и прочее.

Вторая – это электроэнергия.

Третья – это вода, поскольку в процессе фильтрации мы делим потоки на очень чистые и очень грязные. И, чем больше у нас этой грязной воды, тем сложнее ее утилизировать. И это тоже затраты. Концентрат ведь еще необходимо добыть и транспортировать. То есть, концентрат – это тоже статья затрат. И его утилизация тоже стоит денег.

Четвертая – это дозируемые реагенты.

Пятая – это фонд оплаты труда специалистов.

Эти основные составляющие затрат можно расположить по-разному. И, как я уже говорил, у разной комбинаторики затрат – различная стоимость. Это и есть экономика.

– Вы могли-бы предметно рассказать о том, как подобный экономический подход реализуется

на практике? Без сомнения, прежде всего, именно практическое применение ваших экономических решений будет интересовать специалистов.

– Да, конечно. Приведу конкретный пример из нашей практики с реальным экономическим решением.

Мы сейчас делаем пилотные испытания на одном предприятии. Там уже стоят три осмотических установки, они дают воду прекрасного качества. В этом плане – все хорошо. Но они сливают очень много концентрата. А каждый куб воды (добыть воду и отвезти воду) стоит порядка восьмисот тенге. Мы посчитали, что если концентрат еще чуть-чуть «дожать», то есть уменьшить его объем в два раза, то наша новая установка, с учетом электроэнергии и остальных затрат, за счет экономии одного из пяти ресурсов – концентрата, окупится примерно за полгода. Сейчас на этом предприятии по качеству воды проблем нет. По количеству тоже: сколько им необходимо, столько они получают. Но наш экономический анализ показал, что, если вложить еще немного денег, то эту сумму можно будет потом сэкономить за полгода. Дальше уже будет чистая прибыль!!!

– Я правильно вас понимаю: «Эргономика», прежде чем предложить конкретную модернизацию производства, делает экономический анализ на каждом предприятии?

– Да, мы всегда рекомендуем нашим партнерам именно такой подход. Мы стремимся найти и предложить наиболее выгодный путь решения вопроса для своего заказчика. На предприятии, которое я привожу в пример, наш анализ вызвал большой интерес у руководства. Мы посмотрели их структуру затрат, сделали анализ, провели на этом предприятии семинар и показали, как можно удешевить технологический процесс.

– Ваши предложения на этом предприятии приняли?

– Да, наши партнеры согласились на внедрение еще одной установки с условием: «Давайте на практике проверим, подтвердятся ли ваши расчеты».

После экономического анализа необходимо проводить пилотные испытания, чтобы убедиться в точности расчетов. Именно сейчас на этом предприятии они успешно проходят.

Продолжая экономическую тему в сфере водоочистки, хочу отметить, что она тесно связана с изменениями технологий в производстве оборудования, комплектующих, реагентов. Технологии постоянно меняются. Совершенствуются оборудование и расходные материалы, появляются новые подходы.

Например, у наших белорусских партнеров есть программный комплекс «Умный осмос», который автоматически все просчитывает и дает рекомендации: меньше химии и поднять давление, или больше химии и опустить давление; добавить элементов, опустить давление и уменьшить расход электроэнергии и тому подобное. Снимаются показания всех приборов, установленных на системе водоочистки: о расходе электроэнергии, о давлении, о расходах химии и так далее. На основании этих показаний, программа дает рекомендации о том, что необходимо в технологии скорректировать для уменьшения затрат.

Задача «Эргономики» – владеть информацией о технологических изменениях на рынке водоочистки, совершенствовать производственные процессы, внедрять новые экономические подходы при модернизации предприятия.

– Игорь Владимирович, выходит, что при модернизации существующей системы водоочистки на предприятиях Ваших партнеров-заказчиков не требуется переделывать все технологические циклы. Это очень важный момент.

– Нет, не требуется. И на приведенном примере я это показал. Иногда бывает достаточно установки дополнительных приборов.

Я хочу подчеркнуть: у «Эргономики» не стоит задача любой ценой «впихнуть» Заказчику какое-либо оборудование. Предлагая модернизацию, мы исходим из экономической целесообразности и специфики каждого предприятия. Только на основании анализа экономических показателей мы предлагаем гарантированный путь получения выгоды. Даже в том случае, когда оборудование установлено, успешно функционирует, дает нужный результат, есть возможность модернизации системы по очистке воды с целью снижения эксплуатационных затрат. Эти затраты могут быть очень

существенны. По нашим оценкам, себестоимость одного куба осмотической воды бывает и двести тенге, и триста. Когда мы издержки сокращаем, то можно реально оценить потенциал этой экономики. Издержки по содержанию существующей установки: вода, электроэнергия, реагенты, амортизация могут быть кратно, в разы сокращены! И всегда это не какое-то стандартное решение, а комплекс решений для конкретного производства.

– Итак, подведем итог: исходя из приведенных Вами примеров, у «Эргономики» уже есть отработанные многовариантные технологии модернизации установок по очистке воды. И тот или иной путь модернизации Вы предлагаете, исходя из Вашего экономического анализа на конкретном предприятии.

– Да, совершенно верно. Мы проводим обследование, а уже затем предлагаем разумную модернизацию для того, чтобы установка стала «экономной», чтобы с ней можно было интеллектуально работать с минимальными издержками.

Руководителям и специалистам горнорудных комплексов я хочу сказать: даже если у вас уже установлено оборудование по очистке воды, обращайтесь в «Эргономику». Вместе с вами мы сможем оценить потенциал экономики и предложить оптимальное решение на базе нашего опыта. В этом случае будут исключены все издержки надлежащей эксплуатации оборудования.

Сейчас очень часто на предприятиях не знают и не могут посчитать себестоимость воды, а при этом она бывает очень высокой. После обследования мы узнаем себестоимость воды, оценим ее и после модернизации снизим себестоимость воды, то есть сэкономим. Главной целью модернизации существующего водоочистного оборудования являются снижение производственных затрат и экономическая выгода предприятия.

– Спасибо за беседу, Игорь Владимирович. Как мы уже неоднократно подчеркивали, вопрос внедрения в промышленности природоохранных технологий имеет много составляющих. Задача нашего журнала – помочь недропользователям грамотно решать свои производственные задачи. Какую тему мы с Вами рассмотрим в следующей статье?

– Я детально расскажу о пилотных испытаниях, которые гарантируют экономическую эффективность предстоящей модернизации производства.

Спасибо Горному журналу Казахстана за подробное освещение вопросов, столь важных для нас и наших партнеров.

Вся информация о внедрении технологий водоочистки компании «Эргономика» размещена на сайте www.ergonomika.kz.

Республика Казахстан, 100019, г. Караганда,
ул. Кривогуза, 57/2, тел: 8(7212) 91-01-01
info@ergonomika.kz
www.ergonomika.kz

Интервью подготовил Владимир Вишняков



КАК «КАЗЦИНК» РЕАЛИЗУЕТ СОВМЕСТНЫЙ С МИНИСТЕРСТВОМ ЭКОЛОГИИ ПЛАН ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ

Внедрение наилучших доступных технологий для снижения выбросов в атмосферу – одна из наиболее важных задач для самой крупной компании Восточного Казахстана. Сейчас металлурги совместно с экологами определяют, какие методики могут быть эффективно применены на производстве.

Напомним, «Казцинк» – первая горно-металлургическая компания в стране, которая по собственной инициативе решила внедрять наиболее современные и эффективные методы очистки на производственных объектах. В конце 2019 года был заключен соответствующий меморандум с министерством экологии и охраны окружающей среды. «Казцинк» уже в ближайшие несколько лет обязуется внедрить наиболее прогрессивные технологии, с ориентацией на международный опыт.

На первоначальном этапе, в 2020-2021 годах, предполагалось, что на объектах компании пройдет аудит, зарубежные эксперты предложат свои рекомендации – как сделать очистку отходящих газов заводов еще эффективнее. К сожалению, пандемия коронавируса внесла некоторые корректировки в этот план. Тем не менее, аудит удалось провести и первые наработки уже есть. Сейчас совместно с профильным министерством «Казцинк» изучает наиболее современные варианты природоохранных методик, которые реально внедрить на существующем производстве.

– Это называется справочники наилучших доступных технологий – НДТ, – рассказывает главный эколог «Казцинка» **Казтай Такеев**. – Так как в линейку наших основных металлов входят цинк, свинец, медь, золото и серебро, на начальном этапе мы формируем некий

список наиболее значимых мер по конкретным вариантам производства. Хотим не просто поставить пару-тройку новых установок для очистки, а внедрить реально действующие, прогрессивные системы сложного оборудования. Для этого их нужно найти в международном использовании, изучить, описать и доказать эффективность – вся эта информация и войдет в справочники по направлениям производств. Уже после того, как совместно с министерством будут выбраны наиболее удачные варианты, начнется внедрение.

Запланированная природоохранная работа в «Казцинке» не останавливается. На Риддерском металлургическом комплексе активно внедряется проект «Гидрополимет»,

который позволит «перевооружить» производство, сделать его в разы современнее и снизить нагрузку на окружающую среду. На Риддерском горно-обогатительном комплексе в течение последних лет планомерно снижают объемы попадания загрязняющих веществ в водоемы, совершенствуя систему промышленного водооборота.

На Усть-Каменогорском металлургическом комплексе проводятся плановые мероприятия по озеленению и совершенствованию работы очистных сооружений. Здесь внедряется метод глубокой доочистки при помощи специальных сорбентов, которые поглощают металлы, позволяя снизить их уровень ниже предельно-допустимых концентраций.



Материал предоставлен Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

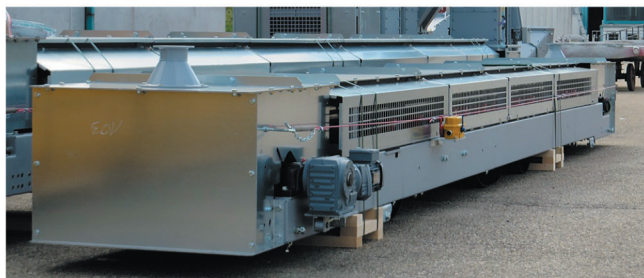
INOCON Industrial Plants

Производитель конвейерного оборудования из Австрии

Проектирование комплексных конвейерных систем для транспортировки сыпучих материалов, внедрение индивидуальных решений каждого заказчика, а также конструирование и собственное производство конвейерного оборудования образуют широкий спектр услуг, предлагаемых компанией Inocon Industrial Plants.



Территория предприятия



Модульная система производства конвейеров, а также индивидуальные решения для транспортировки широкого спектра сыпучих материалов



Вертикальный (Z-образный) ленточный конвейер



Крутонаклонный ленточный конвейер



Задвижки и перекидные шиберы в ручном, пневматическом или электрическом исполнении



Ковшовые элеваторы позволяют транспортировать сыпучие материалы температурой до 140°C. Во избежание загрязнений башмак элеватора оборудуется выдвижным лотком.



Многолетний опыт наших сотрудников в сфере шнековых конвейеров позволяет обеспечить транспортировку не только пылевидных, порошкообразных, гранулированных, но и липких материалов в различных отраслях промышленности.



Цифры и факты:

- год основания 2013
- количество сотрудников 100
- рынки сбыта: Австрия, Европа, Россия, Казахстан, Тайланд, Северная и Южная Америка, Африка



Запатентованная расчетная программа позволяет производить барабаны шириной от 400 до 2000 мм и диаметром от 159 до 2000 мм.

Inocon Industrial Plants GmbH
Industriestraße 18
4800 Attnang-Puchheim, Austria
www.inocon-ip.at

Контактное лицо - Оксана Бартель
моб.: +43-664-60-956-258
e-mail: o.bartel@inocon-ip.at



Код МРНТИ 52.13.25

Б.Т. Ратов^{1,3}, О. Хоменко², М. Кононенко², А. Судаков²¹Satpayev University (г. Алматы, Казахстан),²Национальный технический университет «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина),³Caspian University (г. Алматы, Казахстан)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. В статье обосновано создание энергетической теории горного давления на базе синергетических методов исследования, позволяющих использовать геознергию при подземной разработке месторождений. Установлены показатели зонального структурирования массива вокруг выработок, выполненного с помощью промышленных, лабораторных и теоретических исследований напряженно-деформированного состояния массива пород. Исследовано влияние энтропии на обмен энергией и развитие деформаций в нетронутым массиве пород с помощью энтропийного метода. С применением энергетического метода изучены процессы формирования предохранительных капсул вокруг выработок и форм преобразования энергии в работу деформирования пород. Раскрыта физическая сущность феномена зонального капсулирования горных выработок. Обоснованы геознергетические принципы использования энергии горного давления.

Ключевые слова: энергия горного давления, напряженно-деформированное состояние, синергетические методы исследования, предохранительная капсула выработки, методологические принципы управления, геознергетические технологии разработки.

Тау қысымының энергетикалық теориясы

Анатпа. Кен орындарын жер асты игеру кезінде геознергияны пайдалануға мүмкіндік беретін синергетикалық зерттеу әдістері негізінде тау-кен қысымының энергетикалық теориясын құру. Қазбалар айналасындағы массивті аймақтық құрылымдау көрсеткіштерін анықтау тау жыныстары массивінің кернеулі күйін өнеркәсіптік, зертханалық және теориялық зерттеулердің көмегімен жүзеге асырылады. Энтропияның энергия алмасуына және тау жыныстарының ашылмаған массивіндегі деформациялардың дамуына әсерін зерттеу энтропия әдісін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Зерттеу қалыптастыру процестерін сақтандырғыш капсула айналасында қазба нысандарын энергиясын түрлендіру жұмысқа бұзылу жыныстары орындалды көмегімен энергетикалық әдісі. Тау-кен қазбаларын зоналық капсулалау феноменінің физикалық мәні ашылды. Тау қысымының энергиясын пайдаланудың геознергетикалық принциптері негізделген.

Түйінді сөздер: тау-кен қысымының энергиясы, кернеулі-деформацияланған күй, зерттеудің синергетикалық әдістері, қазбаның сақтандырғыш капсуласы, басқарудың әдіснамалық қағидағдары, геознергетикалық игеру технологиялары.

Energy theory of mountain pressure

Abstract. To create an energy theory of rock pressure, based on synergistic research methods, allowing the use of geoenergy in underground mining. Establishment of indicators of the zonal construction of the structure around the massif, carried out with the help of industrial, laboratory and theoretical studies of the stress-strain state of the massif. Investigation of the influence of entropy on energy exchange and the development of deformations in an intact massif created using the entropy method. Investigation of the processes of formation of safety capsules around the generation and forms of energy conversion in work created using the energy method. The physical essence of the phenomenon of zonal encapsulation of mine workings is revealed. Geoenergetic principles of using rock pressure energy have been substantiated.

Key words: rock pressure energy, stress-strain state, synergistic research methods, mine safety capsule, methodological principles of management, geoenergetic technologies of development.

Введение

Глобализация мировой экономики ставит жесткие условия по сохранению энергии в системе производства и потребления, оптимизируя использование природных ресурсов планеты по принципам международной интеграции. В таких условиях прибыль государства определяется эффективностью и объемами добычи полезных ископаемых. Разработкой технологий подземной добычи полезных ископаемых в напряженных породах активно занимались ученые из Украины, России, Германии, Австрии, Швейцарии, Франции, Англии, США, Канады, ЮАР и других стран мира. В подавляющем большинстве исследователи учитывали изменения напряженности массива по степени влияния на параметры крепей выработок и систем разработки. Прикладной формат большинства научных разработок, которые основывались на принципе противодействия возрастающей энергии горного давления, ставил целью только минимизировать затраты на добычу. Такой подход сделал невозможным раскрытие физической сущности явления зональной дезинтеграции горных пород, которое проявляется вокруг всех подземных выработок, что несколько приостановило развитие фундаментальных теорий о горном давлении. За несколько последних десятилетий это стало значительной преградой на пути создания новых гипотез, теорий или методов, которые

бы описывали или моделировали зональное структурирование массива вокруг горных выработок [1-3].

В результате анализа теорий горного давления была составлена классификация, которая состояла из трех основных классов: сил, деформаций и состояния массива. Теории сил содержали группы гипотез состояния свода, балок и плит (П. Шульц, А. Гейм, Дж. Талобр, В. Риттер, Ф. Энгессер, Н. Фейоль, Г. Манцель, В. Тромпетер, О. Коммерель). Теории деформаций содержали группы гипотез разрушения, релаксации и ползучести нарушенного массива (А. Леон, М.М. Протождяконов, Ф. Левинсон-Лесинг, А. Зайцев, А.Н. Динник, Дж. Спелдинг, Р. Феннер, А. Лабасс, В.Д. Слесарев, Р. Морисон, К.В. Руппнейт, С.Г. Авершин, Р. Квапил, Н. Хаст, А.В. Савостьянов) и группу гипотез состояния – термодинамическую теорию (В.Ф. Лавриненко), в которой были заложены истоки развития теоретических представлений от термодинамических к энтропийным и энергетическим подходам в исследовании зонального структурирования массива вокруг горных выработок [4].

Анализ научных результатов и основных недостатков проклассифицированных теорий показал, что зональное состояние массива было выявлено еще в 1899 г. В. Тромпетером и далее описывались лишь отдельные процессы данного явления. Это привело к тому, что многие теории не согласуются между собой, а некоторые

из них противоречат законам физики. Классификация показала, что результаты выполненных исследований не позволяют определить количество, форму, размеры зон разгрузки-концентрации напряжений и областей деформации массива и т.д. Ни одна из теорий, за исключением термодинамической, не только не дает ясного ответа о начальном ненарушенном и нарушенном выработками напряженном состоянии массива, но даже не сформировала определенного подхода к нему. Об учете закономерностей энергетического обмена в примыкающем к выработке массиве с увеличением глубины разработки речь не идет в принципе. Это говорит о необходимости развития современных теоретических представлений с целью раскрытия физической сущности явления, описывающего зональное состояние массива, что позволило бы решить проблему использования энергии горного давления при креплении и поддержании выработок [5].

Методы исследования

Проведение подземных горных выработок приводит к образованию областей интенсивного деформирования пород и способствует перераспределению упругой потенциальной энергии в прилегающем массиве. Процесс перераспределения механических напряжений, изменения температуры и плотности, а также других факторов энергетической интенсивности является волновым процессом затухающих автоколебаний, который формирует в массиве кольцевые энергетические зоны. Кинетическая энергия расширяющейся горной породы у контура выработки является источником энергии этих колебаний. Скорость затухания колебаний обусловлена большой массой области упругих деформаций и ничтожно малой величиной самих деформаций, благодаря чему потери на рассеивание энергии на тепло и трение ничтожно малы¹.

По теории распространения упругих волн в изотропных средах вторичные волны, которые распространяются в обратном направлении, полностью гасаются встречными волнами. В таких условиях область внутри предохранительной капсулы можно считать свободной от волн. Однако, в большей мере, горная порода – это неоднородная среда, упругие волны в ней рассеиваются на неоднородностях и возвращаются назад. Отраженная волна, интерферируя с исходной, меняет распределение энергии при рассеивании. На расстоянии длины полуволны, т.е. в центре энергетических зон, выделяется максимум энергии, т.к. фазы основной и отраженной волн совпадают. В итоге, горная порода на расстоянии длины полуволны уплотняется, а значит на ней проходящая волна отражается и поглощается сильнее, еще больше уплотняя массив в отдельных зонах. Возникает процесс с положительной обратной связью – резонансное поглощение волн ведет к уплотнению массива в центре зон, что приводит к формированию кольцевых областей деформации массива, которые при снятии нагрузки формируют собственные энергетические зоны [6].

Результатом такого уплотнения является самоорганизующаяся вокруг выработки предохранительная капсула, которая по устойчивости эквивалентна прочности ненарушенного массива горных пород. Другими словами, массив пород в условиях нарушения первоначального напряженного состояния выполняет капсулирование (предохранение, изолирование, защиту) горных выработок, изменяя интенсивность всех физических величин, формирующих состояние вмещающего массива в конкретных горно-геологических условиях.

Рассматривая массив горных пород как термодинамическую систему, его состояние определяется совокупностью значений термодинамических параметров, т.е. всех физических величин, характеризующих макроскопические свойства системы – напряженность, плотность, температуру, газо- и водонасыщенность, намагниченность².

Для синергетического описания самоорганизующихся явлений протекания термодинамических процессов хорошо подходят категории «конвергенция» и «дивергенция», которые выступают в материальном пространстве как фазы центростремительной самоорганизации открытых систем. В ходе дивергенции целостный массив горных пород подразделяется на подзоны дезинтеграции, а конвергенции – подзоны интеграции. Конвергенция реализует свойство массива восстанавливать свою целостность и противодействовать формированию в нем трещин, пор и горных выработок. При малых размерах геологических и технологических нарушений массива конвергенция способна «залечивать» трещины, разломы, полости, образуя 1-3 энергетические зоны (рис. 2). При ведении горных работ на глубинах свыше 800 м во вмещающих породах прочностью менее 80 МПа и размерами выработок от единиц до сотен метров активно развиваются процессы дивергенции, формирующие за пределами приконтурной зоны интенсивной конвергенции (зоны разгрузки напряжений) зоны дивергенции (зоны концентрации напряжений) [7-10].

Согласно первому закону термодинамики, снижение количества потенциальной энергии в зоне разрядки равно приращению такого же количества энергии в зонах концентрации. Разрядки и концентрация напряжений описываются категориями «конвергенция» и «дивергенция». Уравновешивание процессов конвергенции и дивергенции, активно развивающееся вокруг горных выработок, формирует зоны баланса упругой энергии. Определяющими техническими параметрами этих зон являются параметры приконтурной к выработке зоны, которая, в свою очередь, зависит от параметров самой выработки, то есть размеров, формы, прочности пород, глубины заложения, значения которых являются решающими факторами для формирования дальнейшего развития процессов зонального капсулирования горной выработки. Внутри каждой из зон термодинамического баланса активно развиваются процессы дивергенции и конвергенции, которые

¹Шемякин Е.И., Курленя М.В., Опарин В.Н. және т. б. Жер асты қазбаларының айналасындағы тау жыныстарының аймақтық ыдырау құбылысы. / КСРО №400 Ашылуы. – КСРО БИ, 1992. – № 1.

²Байсаров Л.В., Ильяшов М.А., Леви В.В. және т. б. Жер асты қазбаларының айналасындағы топырақ және жыныс массивтерінің өзін – өзі ұйымдастыру заңдылығы. / № 318 Ашылуы, Украина. – Ғылыми жаңалықтар мен өнертабыстар авторларының халықаралық академиясы: 20.04.2006 Ж. № А-399 өтінімі.

Удельная экономическая эффективность разработанных технологических решений

Таблица 1

Әзірленген технологиялық шешімдердің нақты экономикалық тиімділігі

Кесте 1

Specific economic efficiency of the developed technological solutions

Table 1

Технологическое решение	Удельная экономическая эффективность	Используемая энергия массива
Подготовительные работы	долл. США/м	%
Временное крепление забоя выработок на ПАО «МГОК»	0,05	0
Форма забоя и сечения выработок на ПАО «КЖРК»	0,05	10,0
Трассы заложения и крепления выработок на ЧАО «ЗЖРК»	7,40	10,0
Трассы заложения подэтажных выработок на ЧАО «КЖРК»	97,29	35,0
Комбинированное крепление выработок на ПАО «КЖРК»	253,62	86,0
Очистные работы	долл. США/т	%
Направление бурения глубоких скважин на ЧАО «ЗЖРК»	0,001	10,0
Количество взрывааемых рядов скважин на ГП «ВостГОК»	0,15	10,0
Форма конструктивных элементов блоков на ПАО «КЖРК»	0,19	10,0
Форма выработок подсечки и отрезки на ЧАО «ЗЖРК»	0,21	10,0

концентрируют потенциальную энергию массива и уравновешивают термодинамические параметры нарушенного выработкой массива. Состояние горных пород в этих зонах характеризуется более высокими градиентами интенсивности напряжения, температуры, плотности, намагниченности по сравнению с нетронутым массивом [10].

С помощью новых методов исследования был выполнен системный учет градиентов напряжений, плотности, температуры и других факторов энергетического состояния массива с образованием кольцевых энергетических

зон, их количества, размеров и формы, синусоидально-затухающих напряжений и кольцевых областей деформации, на основе которых были описаны механизмы формирования вокруг выработок предохранительных капсул. Форму энергетических зон предложено определять по коэффициенту формы, который при снижении прочности горных пород и увеличении глубины разработки изменялся от 1 до 0 и описывается системой степенных зависимостей. Моделирование различных физических состояний горных пород и глубин заложения, формы и сечения,



Рис. 1. Логическая схема реализации энтропийного, термодинамического и энергетического методов исследования.

Сурет 1. Энтропиялық, термодинамикалық және энергетикалық зерттеу әдістерін жүзеге асырудың логикалық схемасы.

Figure 1. Logical diagram of the implementation of entropy, thermodynamic and energy research methods.

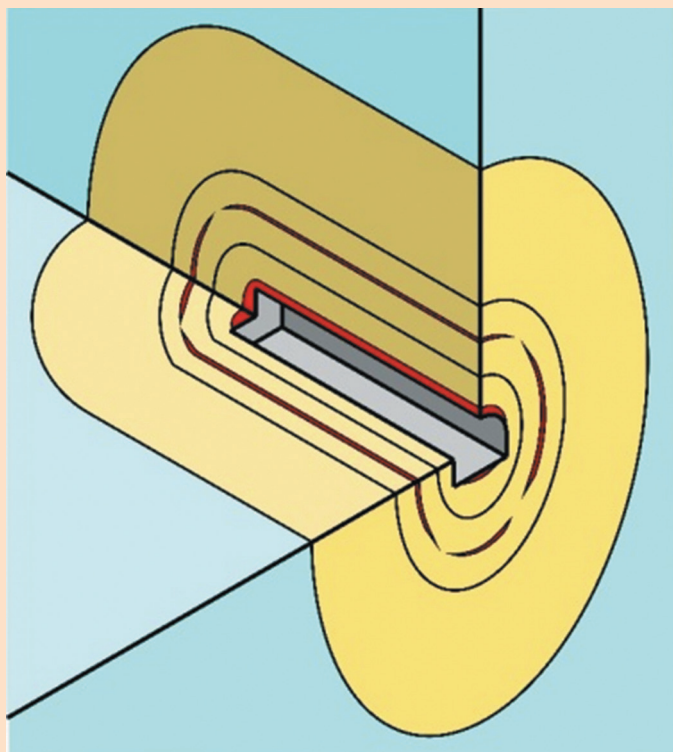


Рис. 2. 3D версия предохранительной капсулы, сформированной вокруг горной выработки.

Сурет 2. Тау-кен қазбасының айналасында қалыптасқан алдын ала сақтандыру капсуласының 3D нұсқасы.

Figure 2. 3D version of a safety capsule formed around a mine.

габаритных размеров и видов крепления горных выработок позволило установить степенные зависимости, описывающие размеры энергетических зон, в которых соотношение размеров смежных зон является константой. Установлено, что количество энергетических зон, входящих в предупредительную капсулу выработки, описывается системой полиномиальных зависимостей четвертого порядка.

Результаты

Выявлено, что энергия капсулы, сформированной вокруг горной выработки, расходуется согласно параболо-гиперболической зависимости, значения которой соответствуют обоснованным принципам: противодействия, уравнивания, содействия, устранения и перенесения сконцентрированной энергии массива, на которых базируются предложенные технологические решения. Эффективный выбор и использование разработанных геоэнергетических технологий обеспечивается

их систематизацией по принципу управления энергией предохранительной капсулы (противодействие, уравнивание, содействие, устранение и перенесение), количеству используемой энергии в технологиях (0-86%), виду горных работ (подготовительные, очистные), их глубине (100-3000 м) на горнодобывающих предприятиях (ПАО «Криворожский ЖРК», ЧАО «Запорожский ЖРК», ГП «Восточный ГОК» и ПАО «Марганецкий ГОК»). Результаты оценки экономической эффективности разработанных технологических решений представлены в табл. 1, в которой сведены удельные экономические показатели эффективности, измеряемые в грн на 1 п. м выработки и грн на 1 т добытой руды. Для удобства сравнения показатели сгруппированы по виду выполняемых горных работ – подготовительные и очистные. Из табл. 1 видно, что удельная эффективность подготовительных работ по степенной закономерности зависит от используемой энергии массива.

Предложенная энергетическая теория горного давления прошла широкое апробирование и внедрение, и может быть использована в качестве методологического материала для определения аналогичных технических параметров на других космических объектах.

Заключение

1. Горная выработка является эпицентром нарушения энергетического равновесия в массиве, что приводит к образованию предохранительной капсулы, состоящей из системы кольцевых энергетических зон, в которых по синусоидально-затухающей автоволновой зависимости происходит уравнивание энергии. От контура выработки к границе капсулы амплитуда напряжений снижается, а период их действия увеличивается, что приводит к разрушению пород в приконтурных зонах (зонах дисбаланса энергии) и повышению напряжений в замыкающих капсулу зонах (зонах баланса энергии) по сравнению с нетронутым массивом.

2. Моделирование проведения подготовительных и очистных выработок позволило выявить верификационные степенные зависимости, которые определяют соотношение размеров энергетических зон. Это соотношение является постоянной величиной ($a_{n+1} - a_n = const$), на которую не влияют форма и размеры выработки, глубина ее заложения и свойства вмещающего массива. Увеличение количества энергетических зон в предохранительной капсуле выработки происходит при снижении прочности горных пород и увеличении глубины разработки, что описывается множественными полиномиальными зависимостями четвертого порядка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курленя М.В., Опарин В.Н., Еременко А.А. Об отношении линейных размеров блоков горных пород к величинам раскрытия трещин в структурной иерархии массивов. // ФТПРПИ. – 1993. – №3. – С. 3-10 (на русском языке)
2. Шемякин Е.И., Фисенко Г.Л., Курленя М.В. и др. Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Часть 1: Данные натуральных наблюдений. // ФТПРПИ. – 1986. – №3. – С. 3-15 (на русском языке)
3. Метлов Л.С., Морозов А.Ф., Зборщик М.П. Физические основы механизма зонального разрушения пород в окрестности горной выработки. // ФТПРПИ. – 2002. – №2. – С. 55-60 (на русском языке)

4. *Khomenko O., Koponenko M., Bilegsaikhan J. Классификация теорий о горном давлении. Явления твердого тела. – 2018. – №277. – С. 157-167 (на английском языке)*
5. *Khomenko O., Koponenko M., Kovalenko I., Astafiev D. Саморегулирующаяся анкерная крепь с использованием энергии горного давления. // Веб-Конференция E3S. – 2018. – №60. – С. 00009 (на английском языке)*
6. *Кириченко В.Я., Звягельский Е.Л., Лишин А.В. и др. Явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах: Открытие №188, Украина. // Сборник научных открытий, идей, гипотез. – М.: РАЕН, 2002. – Вып. №73. – С. 62-63 (на русском языке)*
7. *Кайдо И.И. О природе явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок (гипотеза) // ГИАБ. – 2009. – №1. – С. 16-21 (на русском языке)*
8. *Khomenko O., Koponenko M., Netecha M. Промышленные исследования зональной фрагментации массива вокруг горных выработок. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2016. – №10(1). – С. 50-56 (на английском языке)*
9. *Копоненко М., Khomenko O., Sudakov A., Drobot S., Lkhagva T. Численное моделирование зонального структурирования массива вокруг подземной выработки. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2016. – №10(3). – С. 101-106 (на английском языке)*
10. *Khomenko O., Koponenko M. Геоэнергетика украинского кристаллического щита. Научный вестник Национального горного университета. – 2019. – №3. – С. 12-21 (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Курленя М.В., Опарин В. Н., Еременко А.А. Тау жыныстары блоктарының сызықтық өлшемдерінің массивтердің құрылымдық иерархиясындағы жарықтардың ашылу шамасына қатынасы туралы. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 1993. – №3. – Б. 3-10 (орыс тілінде)*
2. *Шемякин Е.И., Фисенко Г.Л., Курленя М.В. және т. б. Жер асты қазбаларының айналасындағы тау жыныстарының аймақтық ыдырауы. 1 бөлім: Заттай бақылау деректері. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 1986. – №3. – Б. 3-15 (орыс тілінде)*
3. *Метлов Л.С., Морозов А.Ф., Зборщик М.П. Тау-кен маңында тау жыныстарының аймақтық бұзылу механизмінің физикалық негіздері. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2002. – №2. – Б. 55-60 (орыс тілінде)*
4. *Khomenko O., Koponenko M., Bilegsaikhan J. Тау қысымы туралы теориялардың жіктелуі. Қатты дене құбылыстары. – 2018. – №277. – С. 157-167 (ағылшын тілінде)*
5. *Khomenko O., Koponenko M., Kovalenko I., Astafiev D. Тау қысымының энергиясын қолдана отырып, өздігінен реттелетін якорь бекіткіштері. // E3S веб-конференциясы. – 2018. – №60. – С. 00009 (ағылшын тілінде)*
6. *Кириченко В.Я., Звягельский Е.Л., Лишин А.В. және т. б. Кернеулі тау жыныстарында қозғалатын бұзылған аймақтардың пайда болу құбылысы: №188 Ашылуы, Украина. // Ғылыми жаңалықтар, идеялар, гипотезалар жинағы. – М.: РАЕН, 2002. – Шығ №73. – Б. 62-63 (орыс тілінде)*
7. *Кайдо И.И. Жер асты қазбаларының айналасында тау жыныстарының аймақтық ыдырауы құбылысының табиғаты туралы (гипотеза). // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. – 2009. – №1. – Б. 16-21 (орыс тілінде)*
8. *Khomenko O., Koponenko M., Netecha M. Тау-кен қазбаларының айналасындағы массивтің аймақтық фрагментациясын өнеркәсіптік зерттеу. // Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу. – 2016. – №10(1). – Б. 50-56 (ағылшын тілінде)*
9. *Копоненко М., Khomenko O., Sudakov A., Drobot S., Lkhagva T. Жер асты қазбаларының айналасындағы массивті аймақтық құрылымдауды сандық модельдеу. // Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу. – 2016. – №10(3). – Б. 101-106 (ағылшын тілінде)*
10. *Khomenko O., Koponenko M. Украина кристалды қалқанының геоэнергетикасы. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2019. – №3. – Б. 12-21 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Kurlenya M.V., Oparin V.N., Eremenko A.A. Ob otnoshenii linejnyx razmerov blokov gornyx porod k velichinam raskrytiya treshhin v strukturnoj ierarxii massivov [On the relationship of the linear dimensions of rock blocks to the values of crack*

- opening in the structural hierarchy of massifs]. // *FTPRPI = Physical and technical problems of the development of minerals*. – 1993. – №3. – P. 3-10 (in Russian)
2. Shemyakin E.I., Fisenko G.L., Kurlenya M.V. and others. *Zonal'naya dezintegraciya gornyx porod vokrug podzemnyx vyrabotok. Chast' 1: Dannye naturnyx nablyudenij [Zonal disintegration of rocks around underground workings]. Part 1: Field data*. // *FTPRPI = Physical and technical problems of mining*. – 1986. – №3. – P. 3-15 (in Russian)
 3. Metlov L.S., Morozov A.F., Zborshchik M.P. *Fizicheskie osnovy mexanizma zonal'nogo razrusheniya porod v okrestnosti gornoj vyrabotki [Physical foundations of the mechanism of zonal destruction of rocks in the vicinity of a mine working]*. // *FTPRPI = Physical and technical problems of the development of minerals*. – 2002. – №2. – P. 55-60 (in Russian)
 4. Khomenko O., Kononenko M., Bilegsaikhan J. *Classification of Theories about Rock Pressure. Solid State Phenomena*. – 2018. – №277. – P. 157-167 (in English)
 5. Khomenko O., Kononenko M., Kovalenko I., Astafiev D. *Self-regulating roof-bolting with the rock pressure energy use*. // *E3S Web Of Conferences*. – 2018. – 60. – P. 00009 (in English)
 6. Kirichenko V.Ya., Zvyagilskiy E.L., Lishin A.V. et al. *Yavlenie obrazovaniya peremeshhayushhixsya narushennyx zon v napryazhennyx gornyx porodax: Otkrytie №188, Ukraina [The phenomenon of the formation of moving disturbed zones in stressed rocks: Opening №188, Ukraine]*. // *Sbornik nauchnyx otkrytij, idej, gipotez = Collection of scientific discoveries, ideas, hypotheses*. – M.: RANS, 2002. – Vol. №73 – P. 62-63 (in Russian)
 7. Kaido I.I. *O prirode yavleniya zonal'noj dezintegracii gornyx porod vokrug podzemnyx vyrabotok (gipoteza) [On the nature of the phenomenon of zonal disintegration of rocks around underground workings (hypothesis)]*. // *GIAB = Mining information-analytical bulletin*. – 2009. – №1. – P. 16-21 (in Russian)
 8. Khomenko O., Kononenko M., Netecha M. *Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings*. *Mining Of Mineral Deposits*. – 2016. – №10(1). – P. 50-56. (in English)
 9. Kononenko M., Khomenko O., Sudakov A., Drobot S., Lkhagva T. *Numerical modeling of massif zonal structuring around underground working*. // *Mining of Mineral Deposits*. – 2016. – №10(3). – P. 101-106. (in English)
 10. Khomenko O., Kononenko M. *Geo-energetics of Ukrainian crystalline shield*. // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2019. – №3. – P. 12-21 (in English)

Сведения об авторах:

Ратов Б.Т., д-р техн. наук, научный руководитель, главный научный сотрудник Института геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), профессор кафедры «Геология нефти и газа» Каспийского общественного университета, (г. Алматы, Казахстан), ratov69@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4707-3322>

Хоменко О.Е., д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела и образования Национального технического университета «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина), Homen55@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7498-8494>

Кононенко М.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела и образования Национального технического университета «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина), konon@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1439-1183>

Судаков А.К., д-р техн. наук, профессор кафедры нефтегазового инжиниринга и бурения Национального технического университета «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина), sudakovy@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-2881-2855>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ратов Б.Т., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі Институтының ғылыми жетекшісі, бас ғылыми қызметкері, ғылыми жетекші (Алматы қ., Қазақстан), Каспий қоғамдық университетінің, «Геология және мұнай газ» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Хоменко О., техника ғылымдарының докторы, «Днепропетровская политехника» ұлттық техникалық университеті, тау-кен ісі және білім кафедрасының профессоры (Днепр қ., Украина)

Кононенко М., техника ғылымдарының докторы, «Днепропетровская политехника» ұлттық техникалық университеті, тау-кен ісі және білім кафедрасының профессоры (Днепр қ., Украина)

Судаков А.К., техника ғылымдарының докторы, «Днепропетровская политехника» ұлттық техникалық университеті, мұнай-газ инжинирингі және бұрғылау кафедрасының профессоры (Днепр қ., Украина)

Information about the authors:

Ratov B.T., Doctor of Technical Sciences, Scientific Adviser, Chief Research Associate at the Institute of Geology and Oil and Gas Business named after K. Turysov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Professor at the Department «Geology and Oil of Gas» of the Caspian Public University (Almaty, Kazakhstan)

Khomenko O., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining and Education of the National Technical University «Dnipro Polytechnic» (Dnipro, Ukraine)

Kononenko M., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining and Education of the National Technical University «Dnipro Polytechnic» (Dnipro, Ukraine)

Sudakov A.K., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling of the National Technical University «Dnipro Polytechnic» (Dnipro, Ukraine)

Код МРНТИ 52.13.25

Д.К. Тажибаев¹, А.Б. Кыдрашов², А.К. Абдыгалиева³, А.А. Мурзагалиева³¹Қырғыз Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының геомеханика және жер қойнауын игеру институты (Бишкек қ., Қырғызстан),²«Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан),³Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан)

ТАЗАРТПА КЕҢІСТІГІНІҢ МАҢЫНДАҒЫ СІЛЕМНІҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫ КҮЙІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Шақтының батыс қанатындағы Д-6 қабатындағы 322-Д6-3-З лаваның тазартпа кеңістігі маңайындағы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін сандық модельдеудің нәтиже-лері қарастырылды, және «Қазақстан» шақтысының батыс қанатындағы тау-кен геологиялық жағдайын талдау жасалды. «Phase2» бағдарламасы көмегімен соңғы элемент-тер әдісімен модельдеу орындалды. Тазартпа кеңістігінің шеткі жағындағы тірелік қысым аймағының қалыптасуымен қатар тазартпа қазбасының төбесі мен табанындағы созылатын вертикальдық және горизонтальдық кернеулер мен кернеулердің мәнін түсіру аймағының қалыптасуын есептің қорытындылары арқылы көреміз. Тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі бұзылыс аймағының қалыптасу динамикасын талдау нәтижесінде байқаймыз 322-Д6-3-З лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. №22585 мен №22576 барлау ұңғымалары бойынша мәліметтер алынды.

Түйінді сөздер: сандық модельдеу, лава, кендіңгек, тазартпа кеңістігі, кернеу, қауіп-сіздік коэффициенті, кенүңгір, кернеулі-деформациялы күйі, бұзылыс аймағы, түсіру аймағы, тау сілемі.

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива в зоне очистного пространства

Аннотация. Рассмотрены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород в районе обработки лавы 322-Д6-3-З в пласте Д-6 западного крыла шахты, а также проведены горно-геологические исследования. Проанализирована ситуация в западном крыле шахты «Казакстанская». С помощью программы «Phase2» моделирование производилось методом конечных элементов. Наряду с формированием зоны опорного давления на краю обрабатываемого пространства, по результатам расчета обнаружено формирование зон разгрузки вертикальных и горизонтальных напряжений и напряжений кровли и почвы очистной выработки. В результате анализа динамики формирования зон разрушения кровли и почвы камеры были предположены шаги разрушения лавы 322-Д6-3-З. Данные получены по разведочным скважинам №22585 и №22576.

Ключевые слова: численное моделирование, лава, целик, очистное пространство, напряжение, запас прочности, камера, напряженно-деформированное состояние, зона разрушения, зона разгрузки, массив.

Numerical simulation of the stress-deformed state of the massive in the cleaning space

Abstract. The results of numerical modeling of the stress-strain state of the rock mass in the area of processing of longwall 322-D6-3-Z in the D-6 layer of the western wing of the mine, as well as mining and geological studies are considered. The situation in the western wing of the Kazakhstanskaya mine is analyzed. With the help of the «Phase2» program, the modeling was carried out by the finite element method. Along with the formation of the support pressure zone at the edge of the treated area, according to the results of the calculation, we see the formation of zones of unloading of vertical and horizontal stresses and stresses, the roof and soil of the working excavation. As a result of the analysis of the dynamics of the formation of the destruction zone, the roof and soil of the chamber lava 322-D6-3-Z destruction steps were assumed. The data were obtained for exploration wells №22585 and №22576.

Key words: numerical modeling, longwall, pillar, clearing space, stress, safety factor, chamber, stress-strain state, fracture zone, unloading zone, massif.

Кіріспе

«Қазақстан» шақтысының 322-Д6-3-З лавасы Д6 қабатын игеруде (сурет 1), қабаттың құлау бұрышы 7-14°, тазартпа кенжарында жинау-бөлшектеу кенүңгірінің ұзындығы 217 метр, әрі қарай желдету штрегі бойынша лаваның ұзындығы 240 метрге дейін өседі. Лаваның төбесін басқару-толықтай бұзу арқылы жүзеге асады. Геологиялық барлау ұңғымасының мәліметін келтіреміз (сурет 2, 3) [1].

Тау сілемінің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеу «Phase2» бағдарламасы арқылы жүзеге асты¹ [2]. Геомеханиканың мәселелерін шешуде құраушы модельдерді кеңінен қолданады.

Серпімді модель

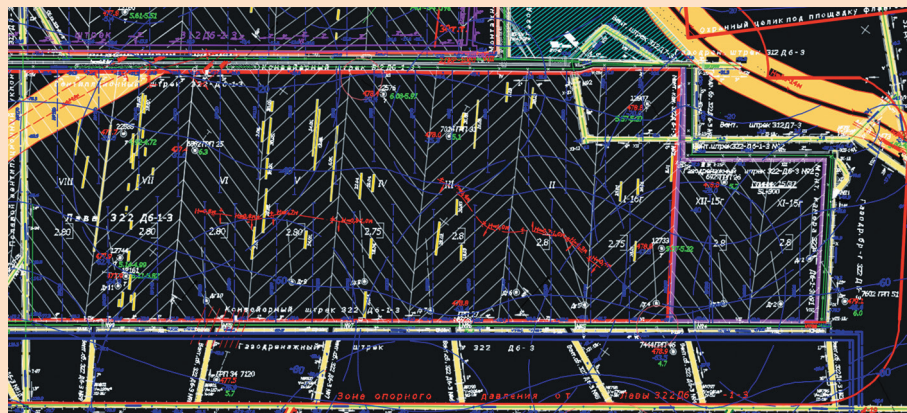
Серпімділік моделі Гуктың серпімділік заңына негізделген. Екі негізгі Юнг модулі мен Пуассон

коэффициенті параметрлерін қамтитын өте қарапайым модель.

Жазықтықта опырылу мен бұзылу жоқ, бұл дегеніміз жүктеме артқанда кернеулер мен деформациялардың ұлғаюымен шексіз өсетінін білдіреді. Егер бұзылу параметрлері берілсе,

Rocscience бағдарламалық пакеттерінде бұл шамадан тыс кернеу дәрежесін (беріктік коэффициенті) есептеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс қарапайым болғанымен.

Тау-кен инженериясында өте танымал, өйткені қатты жыныстар

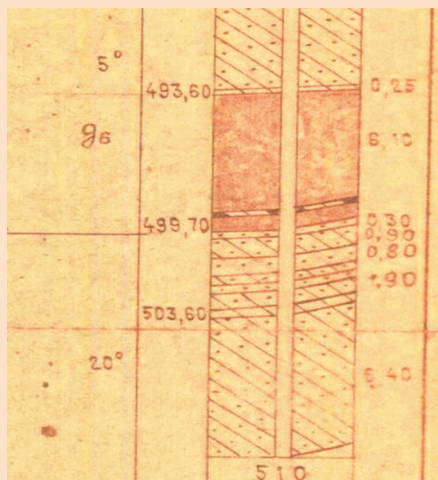


Сурет 1. 322-Д6-3-З лавасының сызбасы.

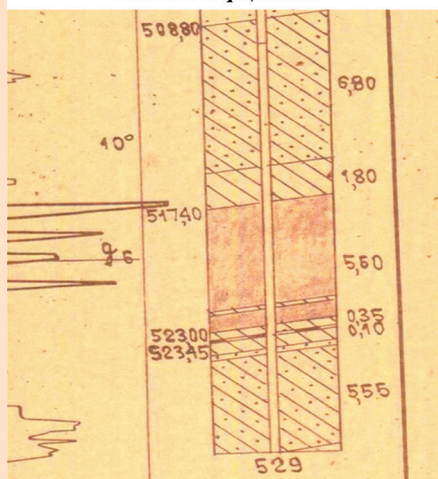
Рис. 1. Схема лавы 322-Д6-3-З.

Figure 1. Longwall layout 322-D6-3-Z.

¹www.rockscience.com



№22576 ұңғыма



№22588 ұңғыма

Сурет 2. Барлау ұңғымасының мәліметі.

Рис. 2. Данные разведочных скважин.

Figure 2. Exploration well data.

серпімді әрекет ететін кернеулер үшін құрылыс пен тау-кен өндірісінде қолданылады (Хажиабдолмажид пен Кайзер (2003), Мейер (2002)). Ол үшін күрделі модельдерді тұрғызудың қажеттілігі туралы инженерге алдын ала ойланып шешім қабылдайды. Серпімді-иілімді модельдер үшін серпімді сипаттағы модельдердің бір бөлігін құрайды [3].

Мор-Кулон моделі сызықтық серпімді-иілімділік модель

Мор-Кулон пластикалық негіздегі бұзылу критерийіне сызықтық серпімді Гук заңын бағыттап осы модель жасақталды (Смит және Гриффитс (2004)). Бұл модель топырақ пен тау жынысының қозғалыс тәртібін бірізділікпен ықшамдап береді. Серпімді аймақтағы

деформацияларды болжауға Гук заңын пайдаланғасын бұзылудан соң алынған мәндер шынайы, әрі сенімді болады. Әрқашан Мор-Кулон моделі белгілі бір кеңейту бұрышы бар байланыссыз ағын ережесімен қолданылуы керек (Здравкович (2001)). Тағы бір кемшілігі – осьтік деформацияның ұлғаюымен көлемдік деформацияның шексіз өсуі шындыққа жанаспайды [3].

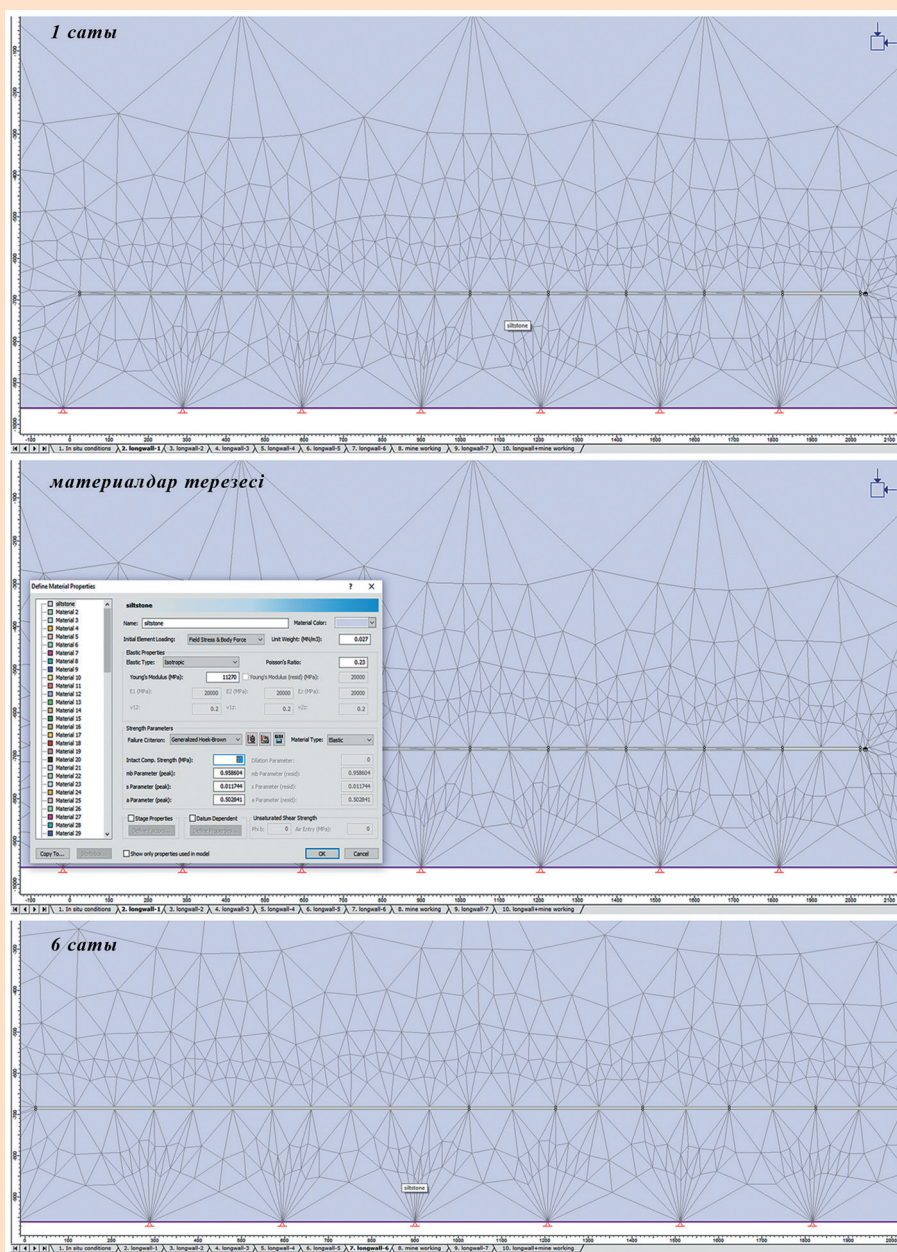
Друкер-Прагер моделі

Бұл модель – тек қарапайымдандырылған Мор-Кулон моделі, тік үлкен бұрышы бар Мор-Кулон моделі компьютердің кодымен

есептеу күшін кеңінен қолданады (пластикалық потенциалдық функциялар мен кірістілік функциялары бұрыштарда бірегей анықталмаған). Бұл Друкер Прагер анализін пайдалануда сигма2-ге тәуелсіз талдауға айтарлықтай әсер етеді [3].

Хук-Браун моделі

Мор-Кулон критериясы секілді Хук-Браунда да серпімді аймақтағы кернеулерге болжам жасау үшін Гук заңын қолданады, бірақ Хук-Браунның тау жынысының бұзылу критериясында эмпирикалық жолмен есептеген жөн (Хук және басқалары (2002)). Тау жыныстарының



Сурет 3. Тазарту кеңістігін «Phase2» бағдарламасымен моделдеу.
Рис. 3. Моделирование очистного пространства программой «Phase2».
Figure 3. Modeling the cleaning space with the «Phase2» program.

ығысу беріктілігінің қаттылығына тәуелділігі жоғары болғанда (Плаксис (2011)), осылайша сызықтық бұзылу қисығы ұсынған Мор-Кулон моделі тау сілемін модельдеуге келмейді. Одан басқа тау жыныстарының созылуға беріктілігінің шамасы көп болғанда Хук-Браунның бұзылу критериясы болжауға қолайлы болады [4].

Зерттеудің әдістемесі

Әртүрлі механикалық қасиеттері бар тау жыныстарында жерасты құрылысы мен тау-кен жұмыстарын жүргізгенде тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін ақырғы элементтер әдісімен модельдеу үшін «Phase2» мықты бағдарлама болып табылады. Инженерлік тапсырмаларды шешу, орнықтылықты ақырғы элементтік анализдеумен қатар жобалау үшін бағдарламаны қолдануға болады. Бірнеше қабаттан тұратын тау сілемдерін, тау жынысы үйінділері мен дамбыларды, еңіс қазбалар мен карьерлерді көпсатылы, әрі күрделі модельді анализдеп тез жасауға болады. Мор-Кулон және Хук-Браун критериялары бойынша бағдарламада тау сілемінің тау жыныстарымен қабаттарын модельдейді. 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде кенжардың қазылып жүріп отыруына байланысты 6 кадамнан тұратын көп сатылы модельдеуде манайдағы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеді (сурет 4) [3-5].

Қорытынды

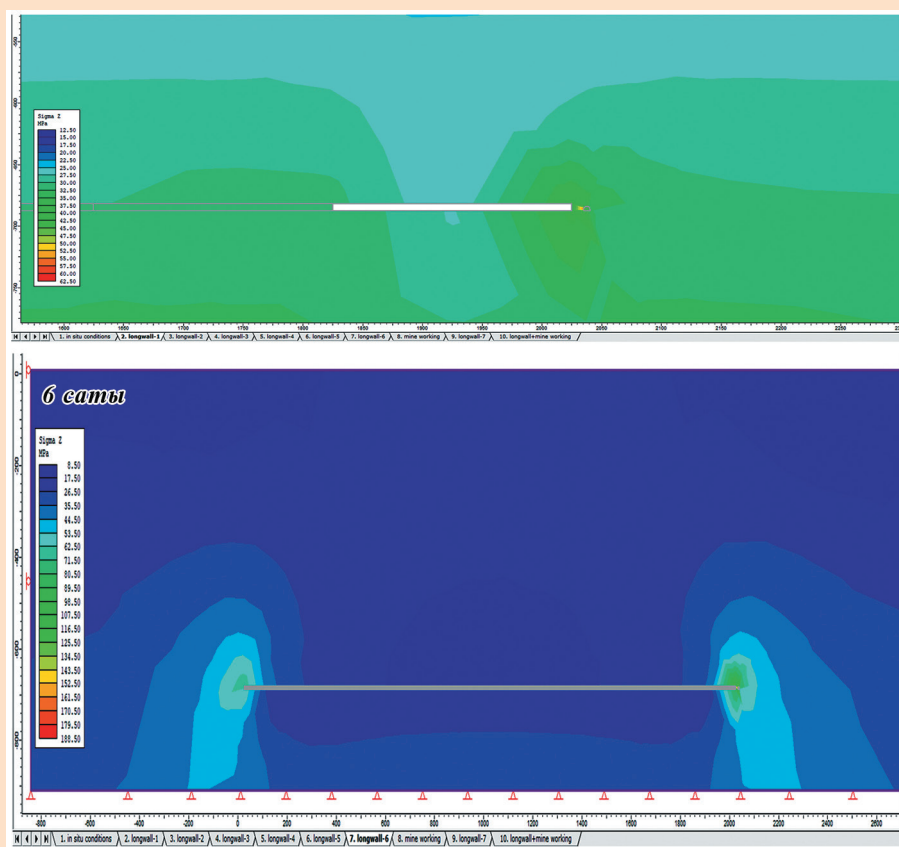
Графикалық бейнелеуде басты (вертикальды) кернеулердің σ_1 максимальды мәндері 5 суретте берілген. Қазбаның шеткі жағындағы тіректік қысымның (19...29 МПа) қалыптасуымен қатар тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі вертикальды кернеулермен (4...2 МПа) кернеулерді түсіру аймағымен қалыптасуын бақылай аламыз [6]. Бұзылмаған табиғи кернеулі жағдайында $\sigma_1 = \gamma H = 12...13$ МПа. Бұл жағдай күмбездердің қалыптасуы мен төбенің құлауына, табанындағы әлсіз тау жыныстарының жиырылуына алып келеді [7, 8].

Графикалық бейнелеуде басты (горизонтальды) кернеулердің σ_3 максимальды мәндері 5 суретте

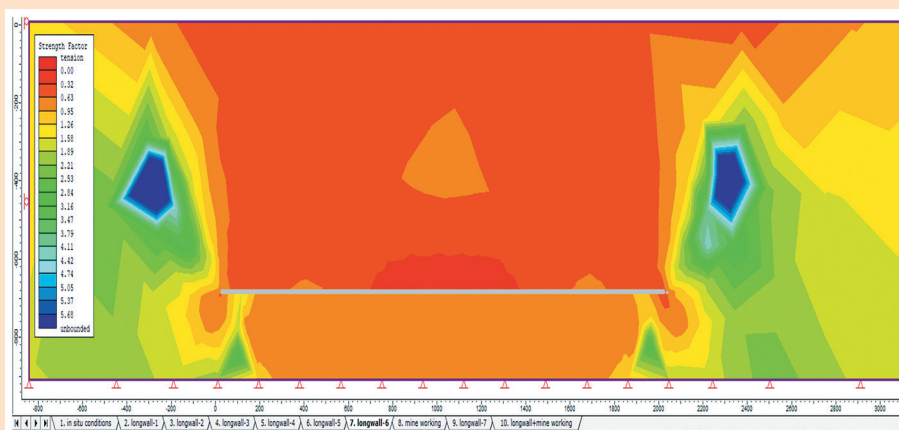
ерілген. 5 суретте тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі созушы горизонтальды кернеулермен оларды түсіру аймағының қалыптасуын көреміз (0...8 МПа) [9, 10]. Бұзылу аймақтарындағы кернеулі жағдайында $\sigma_3 = \lambda \gamma H = 3,4...4,1$ МПа. Тау сілемінің нүктелеріндегі қауіпсіздік коэффициентінің таралуын аңғаруға болады (сурет 6). №22576 барлау ұңғымасының мәліметтерін

есеке қолдандық. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу кадамдарына болжам жасалды. Бұзылу кадамдарының болжамдық мәндері Г.А. Пак әдістемесі бойынша $L_1 = 10$; $L_2 = 20$; $L_3 = 50$ [11, 12].

Жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кентірегінен 55-57 м қашықтықта бірінші құлауы орын алып, шақтының маркшейдерлік қызметі бақылауға алды. Тазартпа кенжарының ортасына қарай метанның



Сурет 4. Максимальды басты кернеудің мәндері σ_1 .
Рис. 4. Значения максимального главного напряжения σ_1 .
Figure 4. Maximum main strain values σ_1 .



Сурет 5. Қауіпсіздік коэффициенті мәндерінің таралуы: 6 саты.
Рис. 5. Распределение значений коэффициента безопасности: 6 стадия.
Figure 5. Distribution of safety factor values: step 6.

бөлінуімен газдинамикалық құбылыс болды. Лавада қатты газ бөліну болған соң тазартпа кенжарына түсіретін жүктемені 4000 тоннадан 3000 тоннаға азайтты. Монтаждық

кенүңгірден 167 м алыстаған кезде газдинамикалық құбылыс қайталанды. Бұл жағдайлар негізгі төбенің бұзылуымен газдинамикалық құбылыстың өзара байланысы

барын көрсетеді. Тазартпа жұмыстарын жүргізгенде геомеханикалық зерттеумен бірге сандық модельдеу әдістерін қолданудың қажет екендігін аңғартады.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ноек Е.Т. Альтернативные стратегии наземного контроля в подземном строительстве. // Международный симпозиум «Практика и тенденции финансирования и заключения контрактов на строительство туннелей и подземных работ». – Афины (Греция), 2012. – С. 2-26 (на английском языке)
2. Ноек Е., Carter T.G., Diederichs M.S. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // 47-й симпозиум США по механике горных пород, геомеханике. – Сан-Франциско (США), 2013. – С. 2-9 (на английском языке)
3. Таханов Д., Муратулы Б., Рашид З., Кыдрашов А. Геомеханическое обоснование параметров разработки целиков при совместной отработке сопредельных крутых рудных тел. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2021. – Т. 15. – Вып. 1. – С. 50-58 (на английском языке)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. Применение программы «Phase2» при численном моделировании напряженно-деформированного состояния массива между расчищенным пространством и выемкой. // Международная научно-практическая онлайн-конференция (№13 Сагиновские чтения). – 2021. – С. 515-517 (на казахском языке)
5. Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б., Керимбаева Н.Б. Анализ современных методов геомеханического моделирования месторождения. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №7. – С. 36-39 (на казахском языке)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. Прогноз шагов обрушения кровли в лаве 312-Д₆-1-3 на шахте «Казахстанская». // III Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера». – Караганда, 2013. – С. 178-181. (на русском языке)
7. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Исследование полносекционного анкерного троса и С-образной трубчатой опоры проезжей части горных выработок на островных угольных забоях. // Журнал азиатской архитектуры и строительства. – 2021. – С. 1-12 (на английском языке)
8. Aziz N., Rasekh H., Mirzaghobanali A., Yang G., Khaleghparast S., Nemcik J. Экспериментальное исследование характеристик сдвига полностью герметизированных канатных анкеров при испытании на одиночный сдвиг. // Горная механика и горная инженерия. – 2018. – Т. 51. – Вып. 7. – С. 2207-2221 (на английском языке)
9. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Характеристики передачи нагрузки полностью залитых канатных анкеров, армированных в слабых породах, в условиях растягивающей нагрузки. // Журнал геотехнических испытаний. – 2016. – Т. 39. – Вып. 2. – С. 252-263 (на английском языке)
10. Blanco Martín, Tijani M., Hadj-Hassen F. Новое аналитическое решение для определения механических свойств полностью залитых анкером анкерных болтов, подвергнутых испытаниям на вырыв. // Строительство и строительные материалы. – 2011. – Т. 25. – Вып. 2. – С. 749-755 (на английском языке)
11. Freetan T.J. Поведение полностью скрепленных анкерных болтов в экспериментальном туннеле Килдера. // Тоннели. – 2013. – Т. 10. – Вып. 5. – С. 37-40 (на английском языке)
12. Судариков А.Е., Кыдрашов А.Б., Богжанова Ж.К. Область применения и ограничения различных типов крепи на месторождении. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2021. – №2. – С. 24-28 (на казахском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ноек Е.Т. Жерасты құрылысында жерді басқарудың баламалы стратегиялары. // «Тоннельдер мен жер асты жұмыстарын қаржыландыру және келісімшарттау практикасы мен тенденциясы» Халықаралық симпозиумы. – Афины (Греция), 2012. – Б. 2-26 (ағылшын тілінде)
2. Ноек Е.Т., Carter T.G., Diederichs M.S. Геологиялық беріктік индексінің кестесі. // 47-ші Америка Геомеханика Симпозиумы. – Сан Франциско (АҚШ), 2013. – Б. 2-9 (ағылшын тілінде)

3. Таханов Д.К., Мұратұлы Б., Рашид З., Кыдрашов А.Б. Іргелес тік кен денелерін құрама қазу кезінде тіректердің даму параметрлерінің геомеханикасының негіздемесі. // *Mining of Mineral Deposits*, 2021. – Vol. 15. – Issue 1. – P. 50-58. (ағылшын тілінде)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. «Phase2» бағдарламасын тазартылған кеңістік пен қазба арасындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық моделдеуде қолдану. // *Халықаралық ғылыми-практикалық онлайн конференциясы (№13 Сағынов оқулары)*. – 2021. – Б. 515-517 (қазақ тілінде)
5. Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б., Керімбаева Н.Б. Кен орнын геомеханикалық модельдеудің заманауи әдістерін талдау. // *Қазақстанның кен журналы*. – Алматы, 2019. – №7. – Б. 36-39 (қазақ тілінде)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. «Қазақстан» шақтысында 312-Д6-1-3 кенжарындағы төбенің құлау қадамдарының болжамы. // «Техногендік төтенше жағдайлардың алдын алу мен жоюдың өзекті мәселелері» III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция. – Қарағанды, 2013. – Б. 178-181 (орыс тілінде)
7. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Толық секциялы қанаттық қарнақты және аралдық көмір қабаттарындағы тау-кен қазбасының С-тәрізді құбырды ұстап тұру жүйесін зерттеу. // *Азия сәулет өнері және құрылыс инженері журналы*. – 2021. – Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
8. Aziz N., Rasekh H., Mirzaghobanali A., Yang G., Khaleghparast S., Nemcik J. Толық инкапсуляцияланған қарнақ болттарының бір ығысу кезінде ығысу өнімділігі туралы эксперименттік зерттеу. // *Жармас механикасы және тау жыныстарының техникасы*. – 2018. – Т. 51. – Шығ. 7. – Б. 2207-2221 (ағылшын тілінде)
9. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Кернеуді жүктеу жағдайында әлсіз жыныстарда нығайтылған толығымен ерітілген арқанды қарнақтарының жүкті беру тәртібі. // *Геотехникалық тестілеу журналы*. – 2016. – Т. 39. – Шығ. 2. – Б. 252-263 (ағылшын тілінде)
10. Blanco Martín, Tijani M., Hadj-Hassen F. Шығарылатын сыналған, толық дайындалған қарнақтардың механикалық сипаттамасына арналған жаңа аналитикалық шешім. // *Құрылыс және құрылыс материалдарының*. – 2011. – Т. 25. – Шығ. 2. – Б. 749-755 (ағылшын тілінде)
11. Freeman T.J. Киелдерлік тәжірибелік туннельдегі толық байланыстырылған қарнақтарының әрекеті. // *Туннельдер*. – 2013. – Т. 10. – Шығ. 5. – Б. 37-40 (ағылшын тілінде)
12. Судариков А.Е., Кыдрашов А.Б., Богжанова Ж.К. Кен орнында қолданатын әртүрлі бекітпелердің қолдану аясы мен шектеулері. // *Қазақстанның кен журналы*. – Алматы, 2021. – №2. – С. 24-28 (қазақ тілінде)

REFERENCES

1. Hoek E.T. Alternative ground control strategies in underground construction. // *International Symposium on «Practices and trends for financing and contracting tunnels and underground works»*. – Athens (Greece), 2012. – P. 2-26 (in English)
2. Hoek, E., Carter, T.G., Diederichs, M.S. Quantification of the Geological Strength Index Chart. // *47th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium*. – San Francisco (USA), 2013. – P. 2-9 (in English)
3. Takhanov D., Muratuly B., Rashid Z., Kydrashov A. Geomechanics substantiation of pillars development parameters in case of combined mining the contiguous steep ore bodies. // *Mining of Mineral Deposits*. – 2021. – Vol. 15. – Issue 1. – P. 50-58 (in English)
4. Sudarikov A.E., Bakhtybayev N.B., Kydrashov A.B. Primenenie programmy «Phase2» pri chislennom modelirovanii napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva mezhdurashchishhennym prostranstvom i vyemkoj [Application of the program «Phase2» in the numerical modeling of the stress-strain state of the mass between the cleared space and the excavation]. // *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya onlajn-konferenciya (№13 Saginovskie chteniya) = International scientific-practical online conference (№13 Saginov readings)*. – 2021. – P. 515-517 (in Kazakh)
5. Bakhtybayev N.B., Kydrashov A.B., Kerimbayeva N.B. Analiz sovremennykh metodov geomexanicheskogo modelirovaniya mestorozhdeniya [Analysis of modern methods of geomechanical modeling of the deposit]. // *Gornyy zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan*. – Алматы, 2019. – №7. – P. 36-39 (in Kazakh)

6. Pak G.A., Bedarev A.S., Dolgonosov V.N., Kyegorodova E.V. Prognoz shagov obrusheniya krovli v lave 312-D6-1-Z na shaxte «Kazaxstanskaya» [Forecast of steps of roof collapse in longwall 312-D6-1-Z at the Kazakhstanskaya mine]. // III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Aktual'nye problemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyx situacij texnogenogo xaraktera» III International Scientific and Practical Conference «Actual problems of prevention and elimination of technogenic emergencies». – Karaganda, 2013. – P. 178-181 (in Russian)
7. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Research on the full-section anchor cable and C-shaped tube support system of mining roadway in island coal faces. // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – 2021. – P. 1-12 (in English)
8. Aziz N., Rasekh H., Mirzaghobanali A., Yang G., Khaleghparast S., Nemcik J. An Experimental Study on the Shear Performance of Fully Encapsulated Cable Bolts in Single Shear Test. // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2018. – Vol. 51. – Issue 7. – P. 2207-2221 (in English)
9. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Load transfer behavior of fully grouted cable bolts reinforced in weak rocks under tensile loading conditions. // Geotechnical Testing Journal. – 2016. – Vol. 39. – Issue 2. – P. 252-263 (in English)
10. Blanco Martín, Tijani, M., Hadj-Hassen, F. A new analytical solution to the mechanical behaviour of fully grouted rockbolts subjected to pull-out tests. // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 25. – Issue 2. – P. 749-755 (in English)
11. Freeman T.J. Behaviour of fully-bonded rock bolts in the kielder experimental tunnel. // Tunnels Tunnelling. – 2013. – Vol. 10. – Issue 5. – P. 37-40 (in English)
12. Sudarikov A.E., Kydrashov A.B., Bogzhanova Zh.K. Oblast' primeneniya i ogranicheniya razlichnyx krepі na mestorozhdenii [Sphere and limitations of various supports used in the deposit]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2021. – №2. – P. 24-28 (in Kazakh)

Авторлар туралы мәліметтер:

Тажиев Д.К., Қырғыз Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының, Геомеханика және жер қойнауын игеру институтының, «Тау жыныстары механикасы» зертханасының меңгерушісі (Бішкек қ., Қырғызстан), a.dantaji@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6303-5644>

Кыдрашов А.Б., техника ғылымдарының магистрі, Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), a.kydrashov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1404-1589>

Абдығалиева А.К., техника ғылымдарының магистрі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, «Мұнай, газ және химиялық инженерия» жоғары мектебінің аға оқытушысы аға оқытушы, ainagul_132@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2674-5268>

Мурзағалиева А.А., техника ғылымдарының магистрі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, «Мұнай, газ және химиялық инженерия» жоғары мектебінің аға оқытушысы аға оқытушы (Орал қ., Қазақстан); alma_7121972@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8339-0590>

Сведения об авторах:

Тажиев Д.К., канд. техн. наук, заведующий лабораторией «Механика горных пород» Института геомеханики и разработки недр Национальной академии наук Кыргызской Республики (г. Бишкек, Кыргызстан)

Кыдрашов А.Б., магистр техн. наук, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

Абдығалиева А.К., магистр техн. наук, старший преподаватель Высшей школы нефтяной, газовой и химической инженерии Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Мурзағалиева А.А., магистр техн. наук, старший преподаватель Высшей школы нефтяной, газовой и химической инженерии Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Information about the authors:

Tazhiev D.K., Candidate of Technical Sciences, Head at the Laboratory «Rock Mechanics» of the Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (Bishkek, Kyrgyzstan)

Kydrashov A.B., Master of Technical Sciences, PhD Student at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Abdighaliyeva A.K., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Higher School of Oil, Gas and Chemical Engineering of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanqir Khan (Uralsk, Kazakhstan)

Murzagaliyeva A.A., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Higher School of Oil, Gas and Chemical Engineering of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanqir Khan (Uralsk, Kazakhstan)

Международная
конференция и выставка

УГОЛЬ РОССИЯ И СНГ

16-17 НОЯБРЯ 2021, МОСКВА

Организатор:

VOSTOCK CAPITAL

+7 (495) 109 9 509 (Москва)
events@vostockcapital.com

КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

200+ УЧАСТНИКОВ, среди которых руководители крупнейших угольных предприятий России и стран СНГ, а также инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий, российские и международные инвесторы

15+ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

по производству угля и строительству объектов угольной инфраструктуры

40+ ДОКЛАДЧИКОВ И УЧАСТНИКОВ ДИСКУССИЙ:

представители проектов, регуляторные органы, ведущие эксперты отрасли

БУДУЩЕЕ ИНДУСТРИИ УГОЛЬНОЙ

ПРОМЫШЛЕННОСТИ: перспективные векторы развития отрасли в России и СНГ, **возможности для увеличения экспорта и государственная поддержка**

ПРИМЕРЫ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК

И ЛУЧШИХ ТЕХНОЛОГИЙ для повышения производственной эффективности

СТАТУС КРУПНЕЙШИХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ

ПРОЕКТОВ – модернизация производства и развитие инфраструктурных проектов

АКТУАЛЬНО! Технический круглый стол: **обеспечение промышленной безопасности в угольных шахтах**

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ: российский и иностранный опыт внедрения инновационных технологий для оптимизации производственных процессов

СПЕЦИАЛЬНАЯ СЕССИЯ: **Строительство портовой и железнодорожной инфраструктуры** – какие мощности необходимы?

ВАЖНО! **Экология угольной промышленности:** минимизация техногенного воздействия на окружающую среду и инвестиции в экологические проекты

КРУГЛЫЙ СТОЛ: **Развитие глубокой переработки угля и углекислоты** – альтернатива или необходимость?

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА технических, технологических и сервисных решений от лидеров отрасли



COALOFUSSIA.COM

среди
постоянных
участников:



Код МРНТИ 52.13.04

Р.Қ. Қамаров В.Ф. Демин Т.В. Демина А.Е. Жумабекова

«Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

ҚАРНАҚТЫ БЕКІТПЕМЕН БЕКІТІЛГЕН ТАУ-КЕН ҚАЗБАСЫНЫҢ ТӨҢІРЕГІНДЕГІ НҰСҚА МАҢЫНДАҒЫ КӨМІР-ЖЫНЫС ШЫҢТАСЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада даярлау тау-кен қазбаларының тұрақтылығын арттыру үшін бекітудің шамашарттарын анықтауға мүмкіндік бере алатын, тұтынымның кен-технологиялық жағдайларына байланысты көмір-жыныс шыңтастарының кернеулі-деформациялық күйінің (ығысу, кернеулер, жарықшақтардың пайда болу аймақтары) динамикалық заңдылықтары айқындалған. Қазбаларды өту шебінің алдында белсенді пайда болған жарықшақтардың таралу аймақтарының динамикасы және жанас жыныстардың босан аймақтары анықталынған. Бұл қазудың өзгермелі кен-геологиялық және кентехникалық жағдайларына бейімделінген жайпақ және көлбеу көмір такталарында тау-кен қазбаларын өту кезінде нұсқа маңындағы жыныстарды тиімді және қауіпсіз бекітудің жаңа технологияларын жасауға және қолданыстағы технологияларды жетілдіруге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: жерасты тау-кен жұмыстарын жүргізудің технологиясы, нұсқа маңындағы жыныстар, тәжірибелік зерттеулер, тау-кен қазбалары, бекітудің шамашарттары, геомеханикалық үдірістер, қарнақты бекітпе, технологиялық тәсімдер, сандық модельдеу, кернеулік-деформациялық күйі.

Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением

Аннотация. В статье приведены выявленные закономерности динамики напряженно-деформированного состояния углепородных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования) в зависимости от горно-технологических условий эксплуатации, позволяющие определять обоснованные параметры крепления для повышения устойчивости подготовительных горных выработок. Определены неустойчивые области во вмещающих породах и динамика зон распространения активного трещинообразования впереди фронта проводимых выработок. Это позволит разработать новые и совершенствовать существующие технологии эффективного и безопасного крепления приконтурных пород при проведении горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах, адаптивные к изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям разработки.

Ключевые слова: технология ведения подземных горных работ, приконтурные породы, экспериментальные исследования, горные выработки, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, технологические схемы, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние.

Study of the deformed state of the boundary carbon massif around a mining with roof bolting

Abstract. The article reveals the regularities of the dynamics of the stress-strain state of coal-rock massifs (displacements, stresses, zones of cracking), depending on the mining and technological conditions of operation, allowing to determine the justified parameters of supporting to increase the stability of preparatory mine workings. Unstable areas in the host rocks and the dynamics of active fracturing propagation zones ahead of the front of mining workings have been determined. This will make it possible to develop new and improve existing technologies for the effective and safe supporting of boundary rocks during mine workings on shallow and inclined coal seams, adaptive to the changing mining-geological and mining-technical conditions of the development.

Key words: technology of underground mining, boundary rocks, experimental research, mine workings, supporting parameters, geomechanical processes, roof bolting, technological schemes, numerical modeling, stress-strain state.

Зерттеудің өзектілігі

Жерасты тау-кен жұмыстарын екі және одан да көп учаскелерде жүргізу даярлау тау-кен қазбаларын қарқынды технологиямен өте тазартпа жұмыстарының шебін уақытында және жылдам дайындауды, сондай-ақ, оларды пайдалануға берілгенге дейін де және жөндеуден кейін де шығындарды қажет етеді. Арқалы темір бекітпелер едәуір қымбат және олардың көпшілігі технологиялық тұрғыдан жетілмеген. Бұл бекітпелерді орнатудың жылдамдығына және оларды күтіп ұстаудың жағдайларына әсер етеді.

Көмір кен орындарын жерасты казып өндірудің тереңдігінің артуымен шешілетін мәселелердің бірі болып тау-кен қазбаларының тұрақтылығын

қамтамасыз ету саналады. Қарағанды бассейнінің шақтыларында арқалы темір отырма бекітпе және аз мөлшерде қарнақты бекітпе қолданылады. Арқалы бекітпені қолдана 1 м қазбаны өту мен бекітпелеуге жұмсалынатын шығындар 66000-88000 тг., темірпрокат шығыны 0,3-1,0 т құрайды. Бұндай жағдайда қазбаны күтіп ұстаудың үлесі 10-15% кем еместі құрайды. Қабылданған қазу жүйелері кезінде 1 млн т көмір үшін 5,0-5,5 км тау-кен қазбаларын өтуді қажет етеді. Бұл алу учаскелерін даярлауға айтарлықтай шығындарды қажет етеді¹⁻⁵.

Қарағанды бассейнінде ашушы және даярлаушы қазбаларды күтіп ұстаудың ұзындығы, олардың күтіп ұстаудың паспортына сәйкес келмейтін

ұзындығының 670 км-дің 93-ін құрайды. Олардағы қазбалардың көп бөлігі қималары бойынша – 62%, бірдей биіктігі мен саңылаулары бойынша – 19% сәйкес келмейді. Тасыма жолдарының қимасы бойынша қазбалардың ақаулары жоғары (қазбалардың 25%). Бұл қазбалардың табан жыныстарының ісінуі салдарына тығыз байланысты болып саналады.

Такталық қазбалар тау қысымының әрекетіне көбірек ұшырайды. Олардың көлденең қималарының аудандарының жоғалымы 60-70% жетеді. Сондықтан жыл сайын қазбалардың 20%-дан астамы жөндегіледі және қайтадан бекітпеленеді. Қазбаларды өтуге, бекітпелеуге және күтіп ұстауға жұмсалатын шығындардың үлесі 1 т көмірдің өзіндік

¹Вылегжанин В.Н., Егоров П.В., Мурашев В.И. Геомеханикалық үдірістердің механизміндегі тау шыңтастарының құрылымдық модельдері. – Новосибирск: Ғылым, 1990. – 295 б. (орыс тілінде)

²Судариков А.Е. Жерасты гимараттары механикасының негіздері: оқу құралы. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2003. – 74 б. (орыс тілінде)

³Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И. Терең шақтылардың даярлау қазбаларындағы тау қысымын басқару. – М.: Ғылым, 1984. – 304 б. (орыс тілінде)

⁴Широков А.П., Лидер В.А. және т. б. Қарнақты бекітпе: анықтамалық. – М.: Ғылым, 1990. – 205 б. (орыс тілінде)

⁵Цай Б.Н. Тау жыныстарының беріктігінің термоактивті табиғаты. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2007. – 204 б. (орыс тілінде)

құнының 15-20% құрайды. Тау-кен қазбаларын жөндеу жұмыстарымен жерасты жұмысшылары санының 10%-нан астамы айналысады.

Типтік өлшемдері үлкен профильдерді пайдаланудың және темір арқалы отырмалы кәсектік бекітпенің тығыздығын арттырудың тәжірибесі көрсеткендей, қазбалардың темір сыйымдылығын едәуір арттыру кезінде және сәйкес темір кәсектік бекітпені орнатудың еңбек ауыртпалығы кезінде жалпы әсер шамалы болып келеді. Оны тұтыну тәжірибесінде қазбалардың айтарлықтай деформацияға түсу себептерінен бірқатар кемшіліктер анықталынды: маңдайшалардың жаймалануы, бүйір табаншалардың кима қуысына енуі, бекітпе отырысының шамалы жүзеге асырылуы кезінде құлыптық қосылудың істен шығуы [1, 2].

Тазартпа жұмыстарының әсер ету аймағында бекітудің әр түрлі типтерімен тау-кен қазбаларын күтіп ұстаудың жағдайлары Қарағанды көмір бассейнінің Костенко атындағы шақтыда 50к₁₀₋₃ аралық конвейер штрегін өту кезінде зерттелінді (1 сурет). Шақтының батыс қанатындағы к₁₀ тақтасының алу қуаты 3,7-4,0 м құрады. Созылым бойынша қазбаның өзінің төбесі (кровля непосредственная) 3-тен 7 м-ге дейін өзгереді және шөгінді тау жыныстарынан (аргиллит) тұрады. Қазбаның негізгі төбесі қуаттылығы 24-32 м әлсіз жарықшақты құмтастардан тұрады. Қазба екі жыл бойы күтіп ұсталынғаннан кейін оның табанының ісінуінің максималды шамасы 0,55 м құрады. Қазбаға қажетті киманы қамтамасыздандыру үшін лаваның алдындағы қазбаның табаны 50-80 м аралық қашықтық бойынша 0,5-0,6 м биіктікке қопарылды.

Тазартпа жұмыстарының әсеріне ұшыраған аймақтағы 50к₁₀₋₃ аралық конвейер штрегінің күйін күтіп ұстауға ең қолайлы жағдайлар 1,33 кәсек/бойлық метр тығыздықты аралас бекітпемен бекітпеленген (қарнақты және темірлі кәсекті бекітпе), ұзындығы 50 м жартылай арқалық пішінді учаскеде қарастырылған. Қазбаның бұл учаскесінде бекітпе күйінің келесі өзгерісі байқалынады: маңдайшаның деформациясы және мәткелер сызықтары бойынша

оның үзілуі – 60%; тік тегістікте құрылымды тіректердің деформациясы – 1,5%; тазартпа кенжардың мәткесінен бірінші сызық бойынша айырықша тік күйден үйкеліс тіректерінің ауытқуы – 70%.

Қарағанды көмір бассейні шақтыларының қазбаларының күйлерін талдау және жалпылау мынаны көрсетті: қазбаларды өту сатылары шамамен 25-30% құрайды және қазбаларда қауіпті деформациялар пайда болады, сондай-ақ, жыныстардың жалаңаштану тұрақтылығы жоғалады. Тазартпа жұмыстарының әсер ету аймағынан тыс орналасқан жерлерде қазбалардың 40% деформацияға бейімді, ал тазартпа жұмыстарының әсер ету аймағында орналасқан жерлерде қазбалардың 60% жоғары деформацияға ұшырайды. Даярлау қазбаларының күй жағдайларының нашарлауының басты себебі болып тау-кен жұмыстарының тереңдіктерінің жоғарлауымен жыныс беріктігінің геостатикалық қысымға қатынасының төмендеуі саналады.

Жыныстық жалаңаштанудың тұрақтылығының жоғалуы қазбаларды өту жылдамдығының 40-45% төмендеуіне және бекітпелеу

материалдарының шығындарының артуына әкеледі. Сондай-ақ, кен-даярлық жұмыстары кезіндегі апаттардың 35-40% жыныстық жалаңаштанудың тұрақтылығының жоғалуымен және қазбалардың төбе мен бүйір жыныстарының құлауымен байланысты. Қазбалардағы құлаған жыныстардың орнын толтыру жұмыстары өте ауыртпалы және бекітпе мен басқа да материалдардың қосымша шығындарын қажет етеді.

Демек, бекітпенің конструктивтілігін және оны орнатудың технологиясын жаңарту қазбалардың тұрақтылығын арттыруды, оларды күтіп ұстауға жұмсалатын шығындарды төмендетуге және тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу кезінде көмірдің өндірілуін арттыруды қамтамасыз ете алмайды.

Қарнақтап бекітудің озық технологиясын қолданудың тиімділігін арттыру мынандай жағдайларда мүмкін: тақтаның құлама бұрыштары және қарнақтандыру тереңдіктері әртүрлі болған кезде қарнақтармен бекітпеленген даярлау қазбаларының төңірегіндегі жыныс шыңтасының деформациялану ерекшеліктерін егжей-тегжейлі



а – бүйір жыныстарының опырылысы; б – бүйірдің деформациясы; в – төбе жыныстарының деформациясы; г – табанның ісінуі

Сурет 1. Қарағанды көмір бассейнінің Костенко атындағы шақтының тазартпа жұмыстарының әсер ету аймағындағы 50к₁₀₋₃ аралық конвейер штрегінің күйі.

Рис. 1. Состояние конвейерного промежуточного штрека 50к₁₀₋₃ в зоне влияния очистных работ шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна.

Figure 1. The state of the conveyor intermediate drift 50к₁₀₋₃ in the zone of influence of the cleaning works of the Kostenko mine of the Karaganda coal basin.

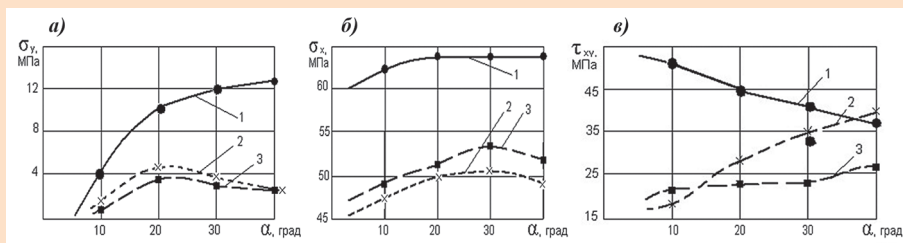
зерттеу кезінде; қарнақты бекітпе-нің шамашарттарын дәлелдеу және оны пайдаланудың ұтымды айма-ғын анықтау кезінде.

Қарнақты жүйе қазба төбесінің деформациясын шектейтін жыныс-ты бекітеді және жазық кернеулер-дің әсерінен төбенің құлауына жол бермейді. Қарнақтармен бекітпе-ленген тау-кен қазбасы төбесінің мүмкін болатын шекті салыстырмалы деформациясы 2% аспауы қажет. Егерде бұл шамадан асып кететін болса, онда төбенің құлауы мүмкін.

Бекітпенің тәуелсіз түрі ретінде қарнақты бекітпені қолданудың ше-каралары болып мыналар саналады – көмір шақтыларының келесі кен-геологиялық және кентехникалық жағдайлары кезінде жазық және көлбеу жерасты тау-кен қазбалары және олардың түйіспелері:

- қазбаның максималды есептік ені – 12 м-ден аспайды;
- қазылмайтын және үстемелеп қазылмайтын шыңтастарда қарнақ-тардың орнатылу ара қашықтық-тары, сәйкесінше, қазбаның енінен үлкен болуы және тақтаның он екі қуаттылығын құрауы қажет;
- тау-кен қазбаларын немесе түй-іспелерді өтудің жер бетінен алған-дағы тереңдігінің H (м) осьтік сығы-луға $R_{ск}$ (МПа) төбе жыныстары мен көмірдің есептелген қарсылыққа қатынасы кезінде – 25-тен аспайды;
- қатынас шамасы 25-тен 30-ға дейін құраған кезде қазбаларды жә-не түйіспелерді бекітпелеу жұмыс-тарын екі деңгейлі схема бойынша тереңдікті қарнақтарды қолдана жүзеге асыру қажет;
- тау-кен қазбаларының неме-се түйіспелердің төбесінде қалды-рылған көмір пачкесінің бір осьтік сығымдалуға беріктігі – 6 МПа-дан кем емес болуы қажет.

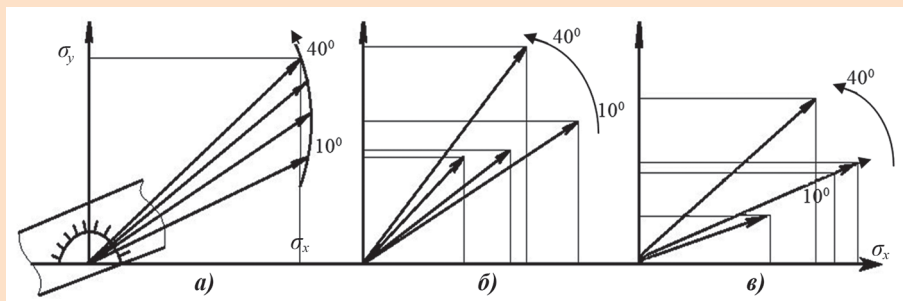
Төмендегі ерекше күрделі кен-геологиялық жағдайларда тау-кен қазбаларын өту кезінде қарнақты бекітпелер қолданылмайды: кендің-гектердің үстіндегі және астындағы тау қысымының артқан аймақтарын-да; жақындастырылған тақталардың шеткі бөліктерімен ұсатылған жә-не суланған жыныстардың геоло-гиялық бұзылыстарының үзілме-лі аймақтарында; үгілінген және пластикалық жанас жыныстардың



Сурет 2. Тақтаның құлама бұрышына байланысты арқалық (1), тікбұрышты (2) және көпбұрышты (3) пішінді қазбаларды қарнақты бекітпемен бекітпелеу кезінде тау-кен жыныстарының шыңтасындағы максималды қалыпты (а), бойлық (б) және жанама (в) кернеулердің өзгеруі.

Рис. 2. Изменения максимальных нормальных (а), продольных (б) и касательных (в) напряжений в массиве горных пород при анкерном креплении выработок арочной (1), прямоугольной (2) и полигональной (3) форм от угла падения пласта.

Figure 2. Changes in the maximum normal (a), longitudinal (b) and tangential (c) stresses in the rock massif while roof bolting of the arched (1), rectangular (2) and polygonal (3) workings from the seam dip angle.



Сурет 3. Тау-кен қазбаларының көлденең қималарының арқалық (а), тікбұрышты (б) және көпбұрышты (в) пішіндері үшін тақтаның құлама бұрышына байланысты максималды кернеулік (σ_{xy}) векторының годографтары.

Рис. 3. Годографы вектора максимального напряжения (σ_{xy}) в зависимости от угла падения пласта для арочной (а), прямоугольной (б) и полигональной (в) форм поперечного сечения горных выработок.

Figure 3. Hadographs of the maximum stress vector (σ_{xy}) depending on the angle of incidence of the seam for arched (a), rectangular (b) and polygonal (c) shapes of the cross-section of mine workings.

болуы кезінде; қатпарлардың қыр-лары; үгілінген және пластикалық жыныстарды құрайтын шыңтастар.

Қазбалардың төбесінде тұрақсыз жыныстардың (жыныстардың сы-ғылуға қарсы $R_{ск} < 30$ МПа) жа-тысы кезінде қарнақты бекітпе темірлі арқалық бекітпемен бірге қолданылады (аралас бекітпе). Бұн-дай жағдайда қарнақтар темірлі қапсырмалармен (подхват), торлар-мен және ағашты тартпалармен бірге көмір мен жыныстардың сы-ғылуға R_c беріктігінің сәйкесінше 10 МПа және 25 МПа кем емес болған жағдайда қазбаның төбесін бекітпелеу үшін, сондай-ақ, көмір

мен жыныстардың сығылуға берік-тігі 6 МПа және 20 МПа кем емес құраған жағдайда қазбаның бүйір-лерін бекітпелеу үшін қолданылады.

Қазбалардың төбесі 50-100 мм және одан да көп ығысқан жағдайда қарнақты бекітпе сүйемелдеуші бекітпемен (отырымдылығы 0,3 м, отырма режимі – 140-220 кН және қатаң режимі – 260-350 кН, төзім-ділікті арнайы кесіндіден тұратын үш буынды отырмалы темірлі ар-қалы кәсекті бекітпе) бірге қолда-нылады. Қарнақты бекітпе жыныс нұсқасының ығысуын едәуір төмен-детеді, негізгі сүйемелдеуші бекіт-пенің конструкциясын жеңілдетуге

және оның құнын арзандатуға, сондай-ақ, жерасты құрылысының жұмыс күйінің төзімділігін арттыруға мүмкіндік туғызады. Демек, қарнақты және кәсекті бекітпелерді бірге қолданған жағдайда, кәсектерді орнатудың тығыздығы 1,5-2,0 есе төмендейді.

2017 жылы Қарағанды көмір бассейнінің шақтыларында тау-кен қазбаларын қарнақты бекітпелермен бекітудің технологиясын қолданудың шамасы 24%, ал аралас бекітпелердің (темірлі аркалы отырма және қарнақты) – 47% жетті. Қарнақты бекітпенің қолдану технологиясының көлемін ұлғайту үшін (80% дейін) бекітпенің пайдалану жағдайларын ескере оның қолданылуын бағалау, сондай-ақ, қазбаларды өтудің және күтіп ұстаудың типтік тиімді технологияларын жасау қажет.

Кен-геологиялық жағдайлардың күрделенуі күрделі тектониканы құрайтын учаскелер мен тұтас кен орындарын қазымдаумен, игеру тереңдігінің артуымен, тау қысымының қауіпті динамикалық әсерінің білінуімен байланысты. Бұл тау-кен қазбаларын бекітудің әдістерін, жүйелерін, тәсілдерін және құралдарын жетілдіруге, сондай-ақ, бекітпеу үшін қолданылатын материалдардың сапасын жақсартуға себепші болады.

Қарнақты бекітпені темір бекітпемен салыстырғанда белгілі бір артықшылықтары бар. Бұл бекітпені қолданған кезде қарнақтардың бекітілу әсеріне байланысты нұсқа маңындағы жыныс шыңтасының бөлігі жұмысқа қатысады. Бұл бір метр қазбаға 0,35-0,6 т темірді және тікелей мөлшерлік шығындарды 16500-27500 тг үнемдеуге мүмкіндік береді.

Бекітпенің ең озықты және үнемді түрлерінің бірі болып қарнақты бекітпе саналады. Қарнақты бекітпе тірексіз түріндегі бекітпелерге жатады. Тіректі бекітпелердің конструкцияларымен салыстырғанда оның бірқатар айырмашылықтары бар. Олардың арасында: тау-кен жұмыстарын жүргізудің қауіпсіздігін арттыру, өйткені ол басқа бекітпелерге қарағанда жарылыс жұмыстарына және төтенше жағдайларға (газды динамикалық құбылыстарға, газ бен шаңның жарылыстарына) қарсы тұра алады және ол уақытша

және тұрақты бекітпе ретінде орнатыла алады; бекітпеу үдірісін толығымен механикаландыру үшін дәрменділік мүмкіндіктерге ие бола алады; бекіту материалдарына және оларды жеткізуге жұмсалатын шығындарды азайтуға мүмкіндік туғызады; тау-кен қазбаларының қималарын 18-25% азайтуға мүмкіндік береді.

Қарнақты бекітпенің маңызды айырмашылығына мынаны жатқызуға болады: қазбаның жарықтағы қимасының ауданын өтудегі қиманың ауданына жақындату мүмкінділігі (айырмашылық 6,6-12,5%, ал кәсектік бекітпелерді қолданған жағдайда – 28-46% құрайды). Қарнақты бекітпені қолдану еңбек өнімділігін және өту жылдамдығын 30-40% арттыруға, қазбаларды өтуге жұмсалатын шығындарды 50-60% төмендетуге, тазартпа кенжарларды даярлау бойынша жұмсалатын шығындарды 70% төмендетуге, бекіту материалдарына жұмсалатын шығындарды қысқартуға және олардың құнын азайтуға, тау-кен қазбаларын

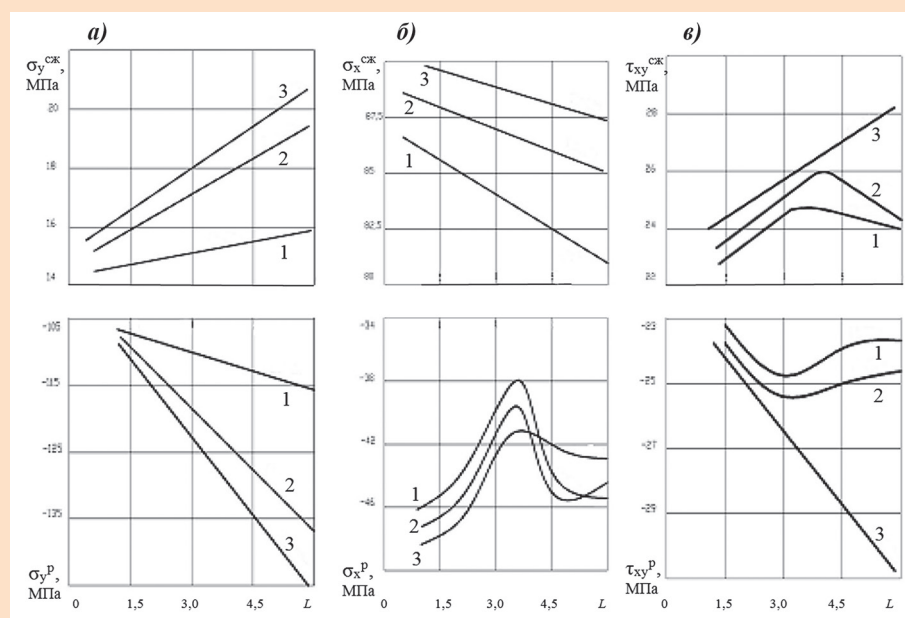
күтіп ұстауға және жөндеуге жұмсалатын шығындарды азайтуға, қазбалардың күйлерін жақсартуға мүмкіндік туғызады.

Зерттеудің идеясы

Жұмыстың идеясы мынаны қорытындылайды – қарнақты бекітпені қолдана жанас жыныстар мен бекітпенің әрекеттесулеріне тұрақтылы жүйені құру, сондай-ақ, қазбалардың нұсқаларын күтіп ұстау үшін олардың айналасындағы тау жыныстар шыңтасының кернеулік-деформациялық күйінің аймақтарын бекіту.

Тау-кен қазбаларындағы жыныстардың кернеулік-деформациялық күйін (ЖКДК), және олармен жалғасатын жанас жыныстардың тәртіп заңдылықтарын зерттеу - кен өндірісі міндеттерінің тиімділігін қамтамасыздандыра даярлау жұмыстарының технологиялық схемаларының шамашарттарын оңтайландыруға мүмкіндік туғызады.

Жұмыстың мақсаты – қиын кен-геологиялық жағдайларда қарнақты



Сурет 4. Қарнақтаудың ұзындығына және әлсіз жыныстардың қатпаршаларының қуаттылығына (1-1 м; 2-3,5 м; 3-5 м) байланысты даярлау қазбасының нұсқа маңындағы тау-кен жыныстарында қалыпты (а), көлденеңді (б) және жанама (в) кернеулерінің таралуы.
Рис. 4. Распределение нормальных (а), поперечных (б) и касательных напряжений (в) в приконтурных горных породах подготовительной выработки в зависимости от длины анкерирования и мощности слоя ослабленных пород (1-1 м; 2-3,5 м; 3-5 м).

Figure 4. Distribution of normal (a), transverse (b) and shear stresses (c) in near-contour rocks of a preparatory working depending on the length of anchoring and the thickness of the layer of the weakened rocks (1-1 m; 2-3,5 m; 3-5 m).

бекітпені қолдана отыра шақтылардың даярлау қазбаларын өтудің технологиялық схемаларын әзірлеу.

Зерттеудің міндеттері болып мыналар саналады: көмір шақтыларын да іс жүзінде қарнақты бекітпелердің қолданылуын; даярлау тау-кен қазбаларын өтудің кен-геологиялық жағдайларын бағалау; қазбалардың айналасындағы тау жыныс шыңтасының ЖКДК зерттеу, қарнақты бекітпенің технологиялық схемаларын әзірлеу; тау-кен қазбаларын пайдаланудың сипаттамаларына қарнақты бекітпенің технологиясының әсерін белгілеу.

Қарнақты бекітуді қолдана даярлау қазбаларын өтудің технологиясын, сондай-ақ, темірлі арқалы бекітпені бірге пайдалана тау-кен қазбаларын бекіту мен күтіп ұстау алға дамудың негізгі бағыттарының бірі болып саналады.

Қазіргі кезде тау жыныстарының шыңтасында пайда болатын геомеханикалық процестерді ескере қарнақты бекітпенің шамашарттарын есептеудің күмәнсыз әдістемесі жоқ, сондай-ақ, тау қысымының білінуіне сәйкес оларды орнату шамашарттарының негізделуі және қарнақтардың жеткілікті тиімді конструкциялары жоқ. Бұл олардың ұтымды қолданылу аймағын белгілеуге мүмкіндік бермейді.

Осыған байланысты, тақтаның әртүрлі құламасы кезінде даярлау қазбаларының төңірегін қарнақпен бекітпелей жыныс шыңтасының деформациялану ерекшеліктерін зерттеу, қарнақты бекітпенің шамашарттарын дәлелдеу және оны пайдаланудың ұтымды аймағын анықтау кен өндірісінің өзекті мәселесі болып саналады.

Тау-кен қазбаларын жүргізу жыныстар күйінінің тепе-теңдігін бұзады және оны қоршаған шыңтас кернеулерінің қайтадан бөлінуіне әкеледі. Бұндай жағдайда қазбаның нұсқасындағы кернеулердің қарқындылығы бұзылған шыңтасқа қарағанда әлдеқайда жоғары. Қазбаның нұсқасындағы кернеулердің жоғарылауы оның айналасында серпімсіз деформациялар аймағының құрылуына әкеледі. Аймақтың құрылымы және ондағы жыныстардың деформациялану сипаты

жанас жыныстардың жытыс бұрышына, бекітпенің сипаты мен типіне, қазбалардың өлшемдеріне, жыныстардың типіне және олардың физика-механикалық және технологиялық қасиеттеріне, қазбаның жатыс тереңдігіне байланысты.

Қазбаларды пайдаланудың кен-геологиялық және кентехникалық жағдайларының әр түрлігі және бекітпе мен жыныстардың олармен өзара әрекеттесу механизмінің байланыстылығы тау-кен қазбаларының айналасында жыныс шыңтасы күйінінің әртүрлі геомеханикалық модельдерінің пайда болуына себепші болды. Бұндай жағдайда математикалық модельдеу қазіргі кезде ең перспективалы болып табылады.

Жыныстардың кернеулік-деформациялық күйін аналитикалық модельдеу

Қазбаның айналасындағы жыныс шыңтасының кернеулік-деформациялық күйін математикалық модельдеу сандық ақырғы элемент әдісін қолдана жүргізілді. Қарағанды көмір бассейнінің Костенко атындағы шақтының тақта қуаттылығы 3,8 м және қазу тереңдігі 400 м k_{10} тақтасы бойынша өтілген тақталық конвейер қазбасының шарттары үшін математикалық модельдеу орындалды. Шешім даярлау кенжарының жылжуы кезінде оның төңірегіндегі тау-кен жыныстарының қысқа уақыт аралығында деформацияның салыстырмалы түрде серпімділік құрамында жүзеге асырылды.

Зерттеулер тау-кен қазбалары бекітпелерінің пайдалану жағдайларына байланысты кен-геологиялық факторлардың әсерлерін бағалауға арналған ANSYS бағдарламалық кешені қолданудың арқасында жүргізілді. Қарнақты бекітпемен қазбаны бекітпелеу кезінде тау-кен қазбасының қимасы пішінінің және көмір тақтасының құлама бұрышының тау жыныстарының шыңтасында пайда болатын максималды кернеулер шамасына әсері бағаланды.

2 суретте координаталық осьтердегі қалыпты σ_y және бойлық σ_x кернеулердің тұтастырушыларын есептеудің нәтижелері келтірілген, мұндағы x қазбаның жазықтығымен сәйкес келеді, ал y қазбаға ортогоналды болады. Бұл арқалық, тікбұрышты

және көпбұрыштық бекітулер үшін қалыпты (2а сурет), бойлық (2б сурет) және жанама (2в сурет) кернеулердің тақталар құламасының 10-400 бұрыштарында өсетіндігін көрсетеді. Қазбаның барлық қимасының пішіндері үшін σ_x және σ_y мәндері σ_y мәнімен салыстырғанда он есе жоғары.

3 суретте механикалық кернеулер векторының годографтары көрсетілген (тақтаның құлама бұрышының өзгерісі кезінде σ_{xy} векторының ұшымен суреттелінген ұшпақ (траектория)). Сол жерде, σ_{xy} векторымен және X осі арасындағы σ_x бүйір кермесінің коэффициенті болып саналады. Тікбұрышты және арқалық бекітпелердің кезінде оны көпбұрышты бекітпемен салыстырғанда олардың үлкен шамамен өзгеретіні байқалынады.

Күтіп ұсталатын қазбалар көлемінің және бүйір кермесі коэффициентінің өзгерісін қарастырғанда, сондай-ақ, арқалық және тікбұрышты бекітпелерді көлденең қимасының көпбұрышты пішінді бекітпесімен салыстырғанда олардың кернеулер шамалары айтарлықтай жоғары.

Жыныстар жазықтығының қабатталуы годографқа жанасуымен сәйкес келеді. Бұл осы факторды ескере қарнақтарды орнатуға негіз бола алады, яғни қарнақтар қабатталу жазықтығына ортогоналды орналасуы қажет.

Зерттеулердің нәтижелері. Тәжірибелік ұсыныстар

Жүргізілген зерттеулер Қарағанды көмір бассейнінің Костенко атындағы шақтының k_{10} тақтасын қазу кезінде қимасы тікбұрышты пішінді қазбаны жанас жыныстарда қарнақпен бекітпемен бекітпеленуінің жөн болатындығы жөнінде қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Жеңіл опырылатын жыныстардың қатпарларының қуаттылығына байланысты оларды әр түрлі ұзындықты қарнақтармен бекітпелеу кезінде жанас жыныстардың кернеулік-деформациялық күйлерін зерттеу жұмыстары келесі шамашарттарды ескере көлденең қимасы трапециялы пішінді қазбада орындалды: тақтаның құлама бұрышы 15° , оның қуаттылығы 3,8 м; қазу тереңдігі 400 м; қазбаның

қимасы $15,5 \text{ м}^2$; қарнақтың диаметрі $0,0218 \text{ м}$ (4 сурет). 4а суретте қысу $\sigma_y^{c.c.}$ және созылу σ_y^p кернеулердің қалыпты біріктірілуін қарастыра отыра, қатпардың қуаттылығына және қарнақтың ұзындығына L байланысты сызықтық тәуелділіктер белгіленеді. Бұндай жағдайда екі біріктірулер абсолюттік шама бойынша өседі. Кері тәуелділіктер көлденеңдік $\sigma_y^{c.c.}$ және σ_x біріктірулер (4б сурет) үшін тән. Бұндай жағдайда

қарнақтың $1,5\text{-}4,5 \text{ м}$ тереңдігі кезінде абсолюттік шамалардың σ_x^p төмендеуі байқалады. Бұған себеп, көпбұрышты және тікбұрышты қималы қазбаларда кернеулердің қайта таралу мүмкіндіктерінің болуында.

Жанама кернеулері $\tau_{xy}^{c.c.}$ және τ_{xy}^p графиктерінің бүгілісі қатпарлардағы кернеулердің күрт өзгеруін айғақтандырады. Олардың қуаттылығы қарнақтың ұзындығымен салыстырылады. Демек, бұрын жүргізілген зерттеулер көрсеткендей^{6,7} [3],

теспелердің диаметрлерінің ұлғаюуы ($0,05 \text{ м}$ -ге дейін) бүкіл қарнақтаудың ауқымындағы кернеулердің екі есе өсуіне әкеледі.

Қимасы 15 м^2 және кенжардың түп тұсындағы ұзындығы 179 м 4.04д₆-13 желдетпе бремсбергінің жағдайында көмір тақтасының сорбциялық изотермиясының өзгеруі мынаны көрсетті: жалпы газдылық $19,4 \text{ м}^3/\text{т}$, 1 бар қысым кезіндегі газдылық – $2,3 \text{ м}^3/\text{т}$, газдың десорбцияланған көлемі – $17,1 \text{ м}^3/\text{т}$.

⁵Максимов А.П. Тау қысымы және қазбалар бекітпесі. – М.: Жер қойнауы, 1973. – 250 б. (орыс тілінде)

⁶Демин В.Ф., Алиев С.Б., Исабек Т.К., Мельник В.В., Долгоносков В.Н., Кушеков К.К. Жерасты тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде геомеханикалық үйірістерді басқару. – Карағанды, 2012. – 278 б. (орыс тілінде)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Грицко Г.И. Тәжірибелік-аналитикалық әдіспен ұзындықты тақталық қазбалардың айналасындағы шыңтастың кернеулік-деформациялық күйін анықтау. // ФТПРПИ. – 1995. – №3. – Б. 18-21 (орыс тілінде)
2. Курленя М.В., Барышников В.Д., Гахова Л.Н. Тау-кен қазбалардың тұрақтылығын бағалаудың тәжірибелік-аналитикалық әдісін өркендету. // ФТПРПИ. – 2012. – №4. – Б. 20-28 (орыс тілінде)
3. Демин В.Ф., Демина Т.В., Яворский В.В. және т.б. Тау-кен қазбаларының тұрақтылығын арттыруға арналған «тау шыңтасы – қарнақтық бекітпелеу» геомеханикалық жүйені қолданудың тиімділігі (мақала). – М.: Көмір, 2014. – №2. – Б. 18-22 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грицко Г.И. Определение напряженно-деформированного состояния массива вокруг протяженных пластовых выработок экспериментально-аналитическим методом. // ФТПРПИ. – 1995. – №3. – Б. 18-21 (на русском языке)
2. Курленя М.В., Барышников В.Д., Гахова Л.Н. Развитие экспериментально-аналитического метода оценки устойчивости горных выработок. // ФТПРПИ. – 2012. – №4. – Б. 20-28 (на русском языке).
3. Демин В.Ф., Демина Т.В., Яворский В.В. и др. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив – анкерное крепление» для повышения устойчивости горных выработок. – М.: Уголь, 2014. – №2. – С. 18-22 (на русском языке)

REFERENCES

1. Gritsko G.I. Opredelenie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva vokrug protyazhennykh plastovykh vyrabotok e'ksperimental'no-analiticheskim metodom [Determination of the stress-strain state of the rock mass around extended seam workings by the experimental-analytical method]. // FTPRPI = Physical and technical problems of the development of minerals. – 1995. – №3. – P. 18-21 (in Russian)
2. Kurlenya M.V., Baryshnikov V.D., Gakhova L.N. Razvitie e'ksperimental'no-analiticheskogo metoda ocenki ustojchivosti gornyx vyrabotok [Development of an experimental-analytical method for assessing the stability of mine workings]. // FTPRPI = Physical and technical problems of the development of minerals. – 2012. – №4. – P. 20-28 (in Russian)
3. Demin V.F., Demina T.V., Yavorsky V.V. and others. E'ffektivnost' ispol'zovaniya geomexanicheskoy sistemy «gornyj massiv – ankernoe kreplenie» dlya povysheniya ustojchivosti gornyx vyrabotok [Efficiency of using the geomechanical system «rock mass – anchorage» to increase the stability of mine workings]. – М.: Ugol = Coal, 2014. – №2. – P. 18-22 (in Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

Қамаров Р.Қ., техника ғылымдарының кандидаты, Ұлттық тау-кен ғылым академиясының академигі (Нур-Сұлтан қ., Қазақстан), «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры, Біліктілікті жоғарылату институтының директоры (Қарағанды қ., Қазақстан), ipk@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-0106-5343>

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), vladfdemin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1718-856X>

Демина Т.В., техника ғылымдарының кандидаты, «Орал мемлекеттік тау-кен университеті» Жоғары білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі, «Тау-кен өнеркәсібі қауіпсіздігі» кафедрасының доценті, (Екатеринбург қ., Ресей), dentalia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-1945-987X>

Жұмабекова А.Е., PhD, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), aila1980@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1501-5382>

Сведения об авторах:

Камаров Р.К., канд. техн. наук, академик Национальной академии горных наук (г. Нур-Султан, Казахстан), профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», директор Института повышения квалификации Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

Демина Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность горной промышленности» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» (г. Екатеринбург, Россия)

Жұмабекова А.Е., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

Information about authors:

Kamarov R.K., Candidate of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Mining Sciences (Nur-Sultan, Kazakhstan), Professor at the Department «Development of Mineral Deposits», Director of the Institute for Advanced Studies of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Demin V.F., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Demina T.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department «Safety of Mining Industry» of the Federal State Funded Educational Institution of Higher Education «Ural State Mining University» (Yekaterinburg, Russia)

Zhumabekova A.E., PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



Зиракс - производство, маркетинг и продажа специализированных химических продуктов и решений на их основе

Новый продукт
Еcopell™

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- профилактические антисмерзающие и пылеподавляющие обработки жд полувагонов и угля в массу;
- пылеподавление и стабилизация грунта на технологических дорогах разрезов и карьеров;
- пылеподавление в рабочих зонах при добыче и перевалке горнорудных материалов;
- обеспыливание пылящих материалов при транспортировке;
- предотвращение самопроизвольного возгорания угля в хранилищах и взрыва угольной пыли.

Еcopell™ - многокомпонентная смесь солей с добавлением специализированных функциональных добавок – ингибитора коррозии и ПАВ

Борьба со смерзанием

- защита сыпучих материалов от выветривания при транспортировке;
- уменьшение потерь сыпучих материалов при выгрузке;
- сокращение простоев подвижного состава;
- уменьшение затрат на хранение и перевалку;
- эффективная работа Еcopell™ до **-51°C!**

Пылеподавление на карьерах, местах проведения работ, дорогах общего пользования и при перевалке

- улучшение видимости на дороге;
- снижение затрат на ремонт и содержание техники;
- сокращение расходов на ремонт дорожного полотна;
- уменьшение потерь строительного грунта;
- благоприятные условия труда.



ООО «Зиракс»
тел. +7(8442) 49 49 99
e-mail: sales@zirax.com
www.zirax.ru

Код МРНТИ 52.13.21

О.Г. Хайитов, В.В. Морозов, В.В. Морозов

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРЕЗНОЙ ЩЕЛИ В СИЛЬНОТРЕЩИНОВАТЫХ ОСЛАБЛЕННЫХ ПОРОДАХ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы создания отрезной щели при отработке приконтурных лент на месторождениях полезных ископаемых открытым способом. Отмечена нецелесообразность применения традиционных способов образования отрезной щели в сильнотрещиноватых приконтурных породах. Предложена новая конструкция зарядов взрывчатого вещества с гидрозалплением скважин для образования отрезной щели, позволяющая направить энергию взрыва вдоль оси щелеобразования и значительно снизить воздействие взрыва на окружающие породы. Подтверждение работоспособности предложенной новой конструкции заряда для щелеобразования было проведено математическим моделированием с применением программы Ansys Autodyn, позволяющей с достаточной точностью смоделировать процесс щелеобразования.

Ключевые слова: отрезная щель, месторождение, конструкция заряда, щелеобразование, гидроудар, приконтурный массив, устойчивость, рукав, скважина.

Қатты жарықшақты әлсіреген жыныстарда кесу саңылауын қолдану

Андатпа. Мақалада пайдалы қазбалардың кен орындарында ашық әдіспен контурға жақын таспаларды өңдеу кезінде кесу аралығын құру мәселелері қарастырылған. Жоғары жарықшақты контурланған жыныстарда кесу саңылауын қалыптастырудың дәстүрлі әдістерін қолданудың орындылығы атап өтілді. Жарылыс энергиясын жарылыс осі бойымен бағыттауға және жарылыстың қоршаған жыныстарға әсерін едәуір азайтуға мүмкіндік беретін кесу саңылауын қалыптастыру үшін ұңғымаларды сумен толтыратын жарылғыш зарядтардың жаңа дизайны ұсынылған. Саңылаулардың пайда болуы үшін ұсынылған жаңа заряд құрылымының жұмысын растау Ansys Autodyn бағдарламасын қолдана отырып, математикалық модельдеу арқылы жүргізілді, бұл Саңылау процесін жеткілікті дәлдікпен модельдеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: кесу саңылауы, кен орны, зарядтың құрылысы, саңылаудың пайда болуы, су соққысы, контурға жақын массив, тұрақтылық, жең, ұңғыма.

The use of a cutting gap in highly fractured weakened rocks

Abstract. The article considers the issues of creating a cut-off gap when working off the contour belts at mineral deposits in an open way. It is noted that it is impractical to use traditional methods of forming a cutting gap in highly fractured near-contour rocks. A new design of explosive charges with hydraulic filling of wells for the formation of a cutting gap is proposed, which allows directing the explosion energy along the axis of crevice formation and significantly reducing the impact of the explosion on the surrounding rocks. Confirmation of the operability of the proposed new charge design for crevice formation was carried out by mathematical modeling using the Ansys Autodyn program, which allows to simulate the crevice formation process with sufficient accuracy.

Key words: cut-off gap, deposit, charge design, crevice formation, water hammer, contour array, stability, sleeve, well, explosive charges.

Введение

В настоящее время на территории Средней Азии добыча полезных ископаемых требует все большего углубления горных работ и, следовательно, увеличения добываемой горной массы, что приводит к необходимости применения массовых взрывов с большим количеством взрывчатого вещества, которое, в свою очередь, значительно разрушает приконтурный массив.

Таким образом, требуется принять дополнительные меры для повышения устойчивости массива при подходе к предельному контуру борта карьера. В этом случае, кроме использования сейсмоснижающей конструкции заряда, требуется изменить отрезную щель.

На современном этапе проблеме создания отрезной щели уделяется большое внимание многими авторами [1-3], которыми разработано большое количество конструкций и схем расположения зарядов

в скважинах отрезных щелей при погашении уступов на предельном контуре карьера, что позволяет производить качественную заоткоску уступов в различных геологических условиях. Тем не менее, большинство способов характеризуется сложностью в зарядке и требует больших затрат на бурение, материалы.

Конструкции подобных зарядов со специальными прокладками описаны в работе¹. Как отмечают авторы, применение прокладок разной акустической жесткости в скважинах приводит к перераспределению энергии взрыва, в результате чего количество и глубина проникновения трещин в законтурную часть массива резко сокращается. В качестве прокладок авторы предлагают применять резину, дерево и т. д.

Однако для сильнотрещиноватых пород приконтурного массива применение отрезной щели традиционной конструкции приводит к тому, что после ее образования

сильно раздробленные трещиноватые породы засыпают ее, и защитные свойства щели значительно уменьшаются.

В районе расположения месторождения Мурунтау [4] были проведены исследования влияния БВР на долговременную устойчивость бортов карьера. Авторы пришли к заключению, что в приконтурном массиве встречаются зоны с повышенной трещиноватостью пород, где применение отрезной щели не дает нужного эффекта. Следовательно, на основании анализа ранее опубликованных работ можно сделать вывод, что применение отрезной щели в приконтурной зоне бортов карьера ограничивается наличием в массиве повышенной трещиноватости пород.

На карьере Мурунтау² [4] массовые взрывы привели к дроблению приконтурного массива на глубину до 100 м, вследствие чего массив практически потерял свою

¹Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. – М.: Горная книга, 2008. – 683 с.

²Раимжанов Б.Р., Морозов В.В. Исследование физико-механических свойств и трещиноватости пород, определение горизонтальных составляющих напряжений на нижних горизонтах, расчет углов откосов бортов и параметров уступов карьера «Мурунтау» при отработке V очереди. – Ташкент: O'zGEORANGMETLITI, 2016. – ??? с.

устойчивость. Подтверждением этому может служить изучение откосов Южного борта карьера Мурнтау после каждого массового взрыва. Динамическими нагрузками от БВР создаются условия для раскрытия микротрещин и увеличения размеров существующих макротрещин. При воздействии постоянных массовых взрывов породы испытывают постоянные динамические нагрузки, близкие по вертикальному направлению, но имеющие разное направление в горизонтальной плоскости. На основании полученных данных можно сделать вывод о необходимости применения современных способов

снижения воздействия этих нагрузок на приконтурный массив горных пород при подходе к предельному контуру и постановке уступов в предельное положение.

На наш взгляд, применение отрезной щели в данных условиях

нецелесообразно, так как мелкие фракции быстро заполняют ее еще до начала массового взрыва и массив за отрезной щелью будет подвергнут значительному воздействию взрывных работ.

Наиболее вероятной причиной возникновения новых и раскрытия существующих трещин могут служить взрывные работы и движение автотранспорта. Системы трещин наиболее интенсивно развиты в нижней части карьера, где ведутся основные взрывные работы, что подтверждается предварительным анализом деформаций 50 и 54 (данные предоставлены геомеханической службой карьера). На графиках скоростей горизонтальных и вертикальных смещений (рис. 1 и 2) наглядно видно, что в основном пики развития их приходится на дни ведения горных работ. Поэтому возникает необходимость создания способа образования щели с максимальным сохранением приконтурного массива и обеспечением сохранности щели на время, достаточное для производства основных взрывов.

Методы/исследования

Авторами создана новая конструкция заряда, формирующего отрезную щель, позволяющая практически исключить дробление пород вокруг нее, то есть сохранить естественную трещиноватость. При этом вся энергия взрыва направляется вдоль линии щелеобразования. За счет вторичного воздействия отраженной волны мелкие частицы из щели будут выбрасываться.

В предложенной конструкции (рис. 3) заряд ВВ 1, располагается между двумя полиэтиленовыми рукавами 2. Перед применением необходимое количество рукавов с зарядами, свернутыми в рулон, может находиться на складе ВВ. К месту

Таблица 1

Расчетные величины сцепления борта

Table 1

Calculated values of the side coupling

Kesme 1

Борт ілінісінің есептік шамалары

Борт	K_p , МПа
Северный	$K_p = (0,359 \times 350 + 0,365 \times 350 + 0,390 \times 400)/1100 = 0,372$
Южный	$K_p = (0,322 \times 350 + 0,328 \times 350 + 0,349 \times 400)/1100 = 0,334$

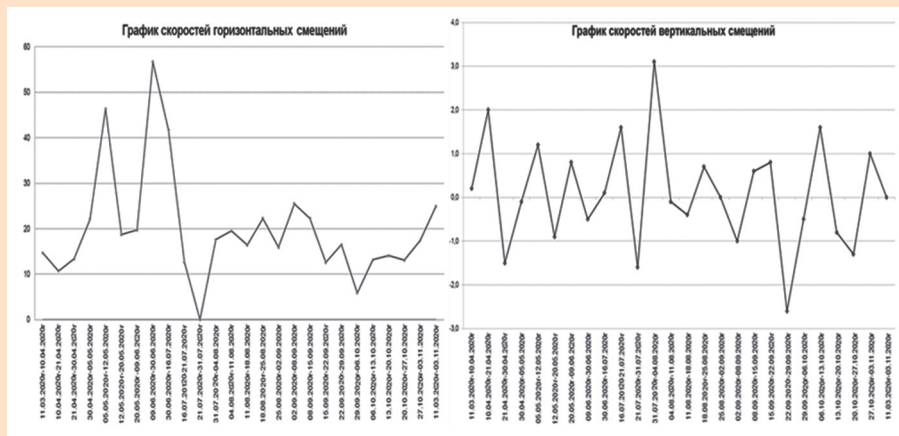


Рис. 1. Зависимость скоростей горизонтальных и вертикальных смещений, деформация №50.

Сур. 1. Көлденең және тік ығысу жылдамдығының тәуелділігі, деформация №50.

Figure 1. Dependence of the velocities of horizontal and vertical displacements, deformation №50.

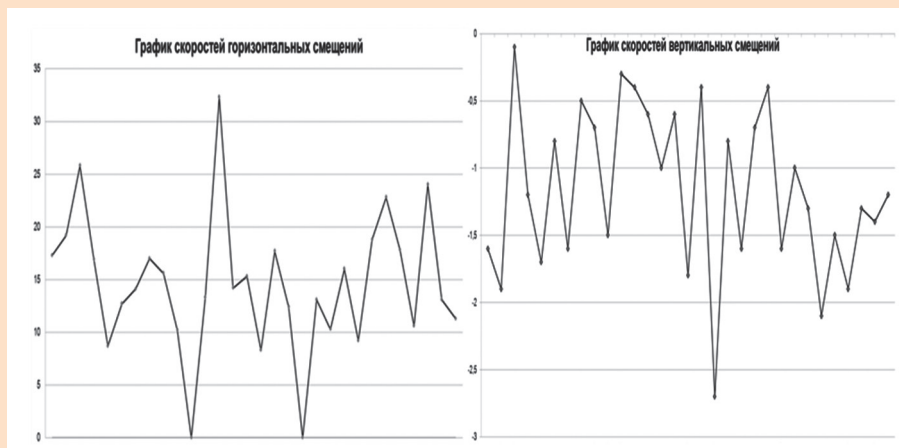


Рис. 2. Зависимость скоростей горизонтальных и вертикальных смещений, деформация №54 за 2020 г.

Сурет 2. Көлденең және тік ығысу жылдамдығының тәуелділігі, 2020 жылғы №54 деформация.

Figure 2. Dependence of the velocities of horizontal and vertical displacements, deformation №54 for 2020.

Таблица 2

Расчетные величины угла внутреннего трения пород борта

Кесте 2

Борт жыныстарының ішкі үйкеліс бұрышының есептік шамасы

Table 2

Calculated values of the angle of internal friction of the rocks of the side

Борт	$\rho_p, ^\circ$
Северный	$\rho_p = \arctg[(\operatorname{tg}29,43 \times 350 + \operatorname{tg}32,72 \times 350 + \operatorname{tg}35,80 \times 400)/1100] = 32,87$
Южный	$\rho_p = \arctg[(\operatorname{tg}31,81 \times 350 + \operatorname{tg}34,49 \times 350 + \operatorname{tg}37,64 \times 400)/1100] = 34,85$

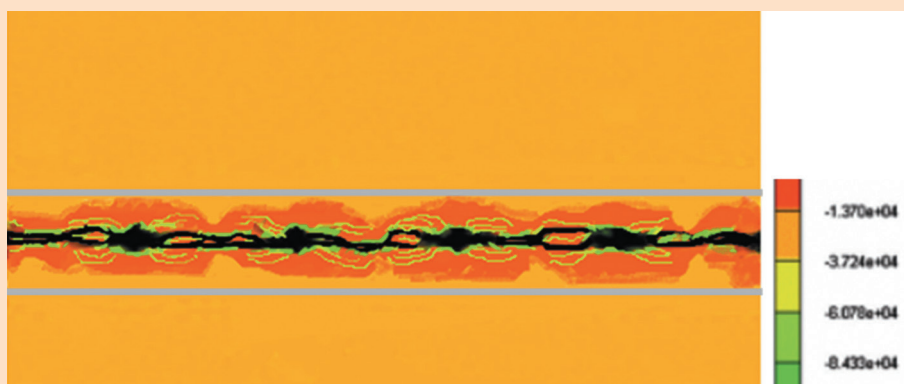


Рис. 4. Формирование отрезной щели.
Сурет 4. Кесу саңылауының пайда болуы.
Figure 4. Formation of the cutting gap.

заряжания вся конструкция доставляется в свернутом виде, после чего ее опускают в скважину 3. Затем в рукава заливается вода из цистерн 4. Для заливки можно использовать карьерную воду. Между рукавами образуется полость, которая при взрыве направляет всю энергию взрывчатого вещества вдоль оси трещины. Еще одним преимуществом данной конструкции является то, что ее изготовление можно производить заранее. То есть, из плотного полиэтилена изготавливаются два рукава эллиптической формы. Во избежание раздутия рукава в нижней части под действием воды 2/3 его рекомендуется делать из более плотного полиэтилена или применять два и более слоев. Рукава между собой склеиваются соединительными пленками 5. В образовавшееся между рукавами пространство закладывается гирлянда ВВ.

Во время взрыва в рукавах возникает гидроудар, не позволяющий энергии взрыва воздействовать на массив, при этом образовавшиеся воздушные полости между рукавами направляют энергию взрыва по направлению оси отрезной трещины. В районе середины между скважинами происходит столкновение двух направленных потоков энергии, вследствие чего происходит всплеск волн сжатия и растяжения. Отраженные волны направляются обратно в сторону скважин в виде ударной волны, которая выбрасывает мелкие фракции из щели. Поток воды также способствует выносу мелких частиц из трещины. Таким образом, получается относительно чистая отрезная щель. За счет увлажнения пород срок стояния щели увеличивается.

Для подтверждения нашей теории были проведены исследования на основании математического

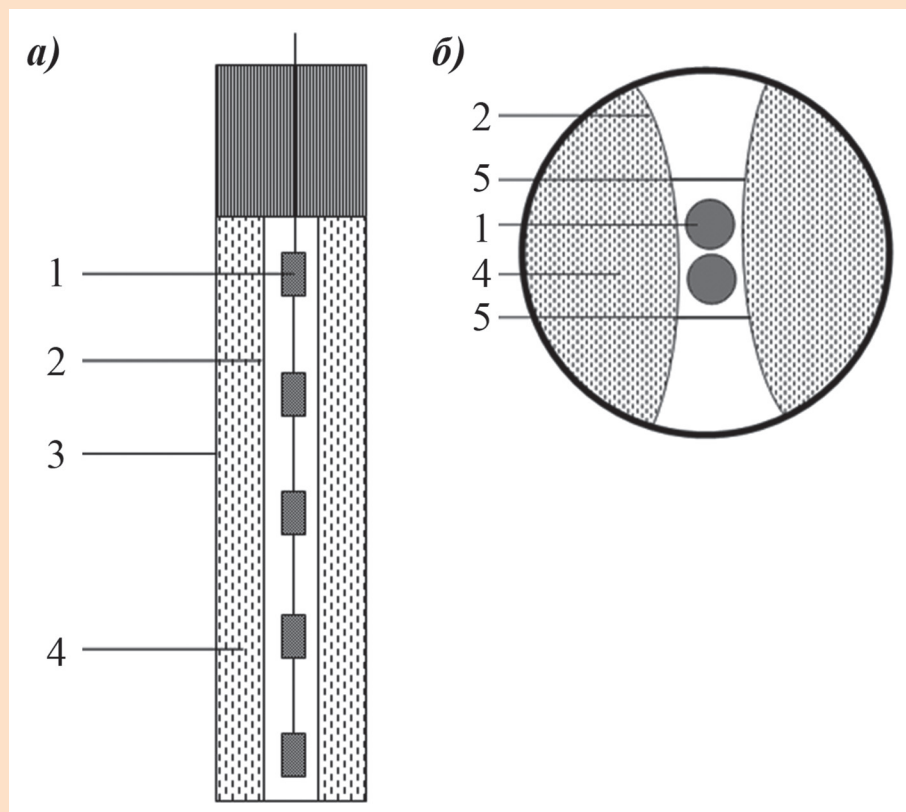


Рис. 3. Конструкция скважинного заряда: а – вид сбоку; б – вид сверху.

Сурет 3. Ұңғымалық зарядтың дизайны: а – бүйірдегі көрініс; б – жоғарыдағы көрініс.

Figure 3. The design of the borehole charge: a – side view; b – top view.

моделирования, которое проводилось при помощи программы Ansys Autodyn. В качестве исходных данных были заложены физико-механические свойства пород карьера Мурунтау. Приведение слоистого массива к однородному осуществляется по известной методике ВНИМИ, реализованной в программе Ustoi.

Приведение плотности получают путем усреднения по формуле:

$$P_{cp} = \frac{P_1 m_1 + P_2 m_2 + \dots + P_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}.$$

Приведение сцепления выполняются в два этапа:

$$K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i},$$

$$K_i = K_{oi} / [1 + a(K_{oi}) \ln(h_i w_i)],$$

где K_i – сцепление для i -го слоя, определяемое по значению K_{oi} «в куске».

Приведение угла внутреннего трения определяется выражением (градусы):

$$\rho_{cp} = \arctg \left(\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \right).$$

Итоговые расчетные значения характеристик:

$$K = K_{cp} / Kb; \quad \rho_p = \arctg(\rho_{cp} / Kb).$$

Результаты и их обсуждение

Результаты моделирования образования отрезной щели с применением рукавов приведены на рис. 4, где видно, что основная энергия направлена не в глубь массива, а вдоль образующейся щели. Наибольшая концентрация напряжений происходит вокруг пробуренной скважины, но распространения в глубь массива не происходит. Приблизительно на середине расстояния между скважинами появляется зона увеличенной концентрации напряжений. В этом месте и происходит столкновение двух направленных друг к другу волн энергии, что позволяет увеличить расстояние между скважинами.

Серыми полосами выделена зона влияния взрывной волны в глубь массива; они показывают, что проникновение энергии взрыва в массив не превышает 1/3 расстояния между скважинами. Следовательно, можно сделать вывод, что применение данной конструкции заряда значительно снижает воздействие взрыва на приконтурный массив. При этом образуется достаточно стойкая и относительно чистая отрезная щель.

При длительном стоянии бортов применение отрезной щели позволит

значительно увеличить устойчивость прибортового массива, так как предлагаемая конструкция отрезной щели снижает сейсмическое воздействие на прибортовой массив. Образованная щель позволяет даже при высокой трещиноватости массива создать препятствие для воздействия на приконтурные породы массовых взрывов. Увеличение устойчивости бортов в предельном положении снизит затраты на предотвращение деформаций, а также мероприятия по поддержанию транспортных и предохранительных берм. Практически будет исключено травмирование сотрудников предприятия и техники.

Выводы

Предложенная нами конструкция скважинного заряда позволяет создавать отрезные щели даже в сильнотрещиноватом массиве, при этом увеличивается расстояние между скважинами на 1/3 и уменьшается объем бурения. За счет обратной ударной волны происходит вынос мелких частиц из отрезной щели. Создаваемый водный поток увлажняет породы, тем самым увеличивая время стояния откосов отрезной щели, что дает возможность сохранить ее до проведения основных взрывов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камянский В.Н. Оценка сейсмозрывных нагрузок на законтурный массив при разделке отрезной щели // ГИАБ. – 2018. – №7. – С. 181-189 (на русском языке)
2. Козырев С.А., Аленичев И.А., Камянский В.Н., Соколов А.В. Особенности сейсмического действия взрыва отрезной щели на законтурный массив и методы его снижения в условиях рудника «Железный» Ковдорского ГОКа. // Взрывное дело. – 2017. – №118/75. – С. 212-226 (на русском языке)
3. Флягин А.С., Жариков С.Н. Контурное взрывание при разработке месторождений полезных ископаемых. // Проблемы недропользования. – 2016. – №3. – С. 70-73 (на русском языке)
4. Морозов В.В., Петросов Ю.Э. Влияние массовых взрывов на приконтурный массив. // Техника Yulduzlari. – Ташкент, 2018. – №2. – С. 116-118 (на русском языке)
5. Козырев С.А., Камянский В.Н., Аленичев И.А. Оценка взаимодействия скважинных зарядов при различных интервалах замедлений между ними. // Взрывное дело. – 2017. – №117/74. – С. 60-75 (на русском языке)
6. Камянский В.Н. Оценка влияния сейсмозрывных нагрузок в ближней зоне взрыва. // ГИАБ. – 2017. – №23. – С. 316-325 (на русском языке)
7. Kozurev S., Alenichev I., Kamyanskiy V. Особенности разрушения внеконтурного массива горных пород, связанного с подрывом системы скважинных зарядов. // Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM. – 2017. – Т. 17. – №13. – С. 653-659 (на английском языке)

8. De A. и др. Численное и физическое моделирование барьеров из геопены в качестве защиты от воздействия поверхностного взрыва на подземные туннели. // *Геотекстиль и геомембраны*. – 2016. – Т. 44. – С. 1-12 (на английском языке)
9. Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Повышение эффективности взрывных работ в шахтах с помощью эмульсионных взрывчатых веществ. // *Добыча полезных ископаемых*. – 2018. – №12(1). – С. 95-102 (на английском языке)
10. Боровков Ю.А., Якшибаев Т.М. Теоретические исследования изменения радиуса зон трещинообразования в рудном штабеле кучного выщелачивания взрывом камуфлетного скважинного заряда ВВ. // *Известия вузов. Горный журнал*. – 2019. – № 5. – С. 30-36 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Камянский В.Н. Кесінді саңылауды бөлу кезінде контурлық массивке сейсмикалық жарылыс жүктемелерін бағалау. // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені*. – 2018. – №7. – Б. 181-189 (орыс тілінде)
2. Козырев С.А., Аленичев И.А., Камянский В.Н., Соколов А.В. Ковдор КБК «Темір» кенішіндегі кесу саңылауының сейсмикалық әсерінің ерекшеліктері және оны азайту әдістері. // *Жарылыс*. – 2017. – №118/75. – Б. 212-226 (орыс тілінде)
3. Флягин А.С., Жариков С.Н. Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезіндегі контурлық жарылыс. // *Жер қойнауын пайдалану мәселелері*. – 2016. – №3. – Б. 70-73 (орыс тілінде)
4. Морозов В.В., Петросов Ю.Э. Жаппай жарылыстардың контурға жақын массивке әсері. // *Техника Yulduzlari*. – Ташкент. – 2018. – №2. – Б. 116-118 (орыс тілінде)
5. Козырев С.А., Камянский В.Н., Аленичев И.А. Олардың арасындағы әр түрлі баяулау интервалдарындағы ұңғыма зарядтарының өзара әрекеттесуін бағалау. // *Жарылыс*. – 2017. – №117/74. – Б. 60-75 (орыс тілінде)
6. Камянский В.Н. Жарылыстың жақын аймағында сейсмикалық жарылыс жүктемелерінің әсерін бағалау. // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені*. – 2017. – №23. – Б. 316-325 (орыс тілінде)
7. Kozurev S., Alenichev I., Kamyanskiy V. Ұңғымалық зарядтар жүйесін бұзумен байланысты тау жыныстарының контурдан тыс массивінің бұзылу ерекшеліктері. // *SGEM Халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференциясы*. – 2017. – Т. 17. – №13. – Б. 653-659 (ағылшын тілінде)
8. De A. және т.б. Жер асты туннельдеріне жер бетіндегі жарылыстың әсерінен қорғау ретінде геопен кедергілерін сандық және физикалық модельдеу. // *Геотекстильдер мен геомембраналар*. – 2016. – Т. 44. – Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
9. Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Эмульсиялы жарылғыш заттардың көмегімен шахталарда жару жұмыстарының тиімділігін арттыру. // *Тау-кен өндірісі*. – 2018. – №12(1). – Б. 95-102 (ағылшын тілінде)
10. Борков Ю.А., Якшибаев Т.М. Жарылғыш заттың камуфлетті ұңғымалық зарядының жарылуымен үймелеп шаймалаудың кенді қатарындағы жарықшақтың пайда болу аймағы радиусының өзгеруін теориялық зерттеу. // *ЖОО жаңалықтары. Тау-кен журналы*. – 2019. – №5. – Б. 30-36 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Kamyanskiy V.N. Ocenka sejsmovzryvnykh nagruzok na zakonturnyj massiv pri razdelke otreznoj shheli [Assessment of seismic and explosive loads on a sculptural array when cutting a cutting gap]. // *GIAB = Mining information and analytical bulletin*. – 2018. – №7. – P. 181-189 (in Russian)
2. Kozurev S.A., Alenichev I.A., Kamyanskiy V.N., Sokolov A.V. Osobennosti sejsmicheskogo dejstviya vzryva otreznoj shheli na zakonturnyj massiv i metody ego snizheniya v usloviyax rudnika «Zheleznyj» Kovdorskogo GOKa» [Features of the seismic action of explosion cracks on the cutting edge of the array and reduction methods in terms of the mine «Iron» Kovdor GOK]. // *Vzryvnoe delo = Explosive case*. – 2017. – №118/75. – P. 212-226 (in Russian)
3. Flyagin A.S., Zharikov S.N. Konturnoe vzryvanie pri razrabotke mestorozhdenij poleznyx iskopaemyx [Contour blasting in the development of mineral deposits]. // *Problemy nedropol'zovaniya = Problems of subsoil use*. – 2016. – №3. – P. 70-73 (in Russian)

4. *Morozov V.V., Petrosov Yu.E. Vliyanie massovykh vzryvov na prikonturnyj massiv [The influence of mass explosions on the near-contour array]. // Texnika Yulduzlari, – Tashkent, 2018. – №2. – P. 116-118 (in Russian)*
5. *Kozyrev S.A., Kamyanskiy V.N., Alenichev I.A. Ocenka vzaimodejstviya skvazhinnykh zaryadov pri razlichnykh intervalax zamedlenij mezhdru nimi [Evaluation of the interaction of borehole charges at various intervals of deceleration between them]. // Vzryvnoe delo = Explosive business. – 2017. – №117/74. – P. 60-75 (in Russian)*
6. *Kamyanskiy V.N. Ocenka vliyaniya sejsmovzryvnykh nagruzok v blizhnej zone vzryva [Assessment of the influence of seismic and explosive loads in the near explosion zone]. // GIAB = Mining information and analytical bulletin. – 2017. – №23. – P. 316-325 (in Russian)*
7. *Kozyrev S., Alenichev I., Kamyansky V. Particularities of destruction of out-contour rock mass associated with blasting the system of borehole charges. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2017. – Vol. 17. – №13. – P. 653-659 (in English)*
8. *De A. et al. Numerical and physical modeling of geofom barriers as protection against effects of surface blast on underground tunnels. // Geotextiles and Geomembranes. – 2016. – Vol. 44. – P. 1-12 (in English)*
9. *Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Improving the efficiency of blasting operations in mines with the help of emulsion explosives. // Mining of Mineral Deposits. – 2018. – Vol. 12 – №1. – P. 95-102 (in English)*
10. *Borovkov Yu.A., Yakshibaev T.M. Teoreticheskie issledovaniya izmeneniya radiusa zon treshhinoobrazovaniya v rudnom shtabele kuchnogo vyshhelachivaniya vzryvom kamufletnogo skvazhinного zaryada VV [Theoretical studies of changes in the radius of fracture zones in an ore pile of heap leaching by an explosion of a camouflage borehole charge of explosives]. // Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal = News of higher educational institutions. Mining journal. – 2019. – №5. – P. 30-36 (in Russian)*

Сведения об авторах:

Хайитов О.Г., канд. геол.-минерал. наук, доцент, академик Академии наук Турон, заведующий кафедрой «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), o_hayitov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7735-5980>

Морозов В.В., соискатель кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), viktormooov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9740-0582>

Морозов В.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), morozovvaleriyvik@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8340-5246>

Авторлар туралы мәліметтер:

Хайитов О.Ж., Геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің, «Тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

Морозов В.В., Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің ізденушісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

Морозов В.В., техника ғылымдарының кандидаты, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті (Ташкент қ., Өзбекстан)

Information about authors:

Khayitov O.G., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Academician of the Academy of Sciences of Turon, Head at the Department of Mining of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Morozov V.V., Candidate of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Morozov V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Surveying and Geodesy of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Код МРНТИ 52.13.17:52.01.77

А.А. Алтаева, Г.Б. Әбдікәрімова

Институт горного дела имени Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ БЛОЧНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. В настоящее время цифровые технологии внедряются во всех сферах деятельности, в том числе и в горной промышленности. Первоначально современные цифровые технологии использовали геологи для создания трехмерной геологической модели, с помощью которой было решено множество задач. Далее трехмерные модели были применены горняками и маркшейдерами для планирования горных работ, проектирования горных работ, обработки данных различных съемок и маркшейдерского обеспечения. На сегодняшний день цифровизация горного производства привела к созданию трехмерных геомеханических моделей, что позволяет повысить эффективность и безопасность ведения горных работ, контролировать и оценивать эффективность мероприятий по рациональному способу добычи полезного ископаемого, предупреждать возникновения аварийных ситуаций и т.д. В статье рассмотрены алгоритм действий и этапы создания блочной геомеханической модели.

Ключевые слова: геомеханическая модель месторождения, каркасная геологическая модель, блочная модель месторождения, база геомеханических данных, структурные данные, геостатистическая интерполяция.

Кен орнының блоктық геомеханикалық моделін құру кезеңдері

Аңдатпа. Қазіргі уақытта цифрлық технологиялар барлық қызмет салаларына, соның ішінде тау -кен өнеркәсібіне енгізілуде. Алғашқыда, замануи цифрлық технологияларды геологтар үшөлшемді геологиялық модель құру үшін қолданды, оның көмегімен көптеген мәселелер шешілді. Бүгінгі таңда тау-кен өндірісін цифрландыру үш өлшемді геомеханикалық модельдерді құруға әкелді, бұл тау-кен жұмыстарының тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға, пайдалы қазбаларды өндірудің ұтымды әдісі бойынша шаралардың тиімділігін бақылауға және бағалауға, төтенше жағдайлардың алдын алуға және т.б. қолданады. Сондықтан, бұл мақалада блоктық геомеханикалық модельді құрудың алгоритмі мен негізгі кезеңдері қарастырылады.

Түйінді сөздер: кен орнының геомеханикалық моделі, қаңқалы геологиялық модель, кен орнының блоктық моделі, геомеханикалық деректер базасы, құрылымдық деректер, геостатистикалық интерполяция.

Stages of creating a block geomechanical model of the field

Abstract. Currently, digital technologies are being introduced into all areas of activity, including the mining industry. Initially, modern digital technologies were used by geologists to create a three-dimensional geological model, with the help of which many tasks were solved. Further, the three-dimensional models were used by miners and surveyors to plan mining operations, design mining operations, process data from various surveys and survey support of mining operations. Today, digitalization of mining production has led to the creation of three-dimensional geomechanical models, which allows increasing the efficiency and safety of mining operations, monitoring and evaluating the effectiveness of measures for a rational method of mining, preventing emergencies, etc. Therefore, this article will consider the algorithm of actions and the stages of creating a block geomechanical model.

Key words: geomechanical model of the field, wireframe geological model, block model of the field, geomechanical database, structural data, geostatistical interpolation, digital technologies, surveyors, algorithm of actions, three-dimensional model.

Введение

Геомеханические процессы осложняют добычу, создавая угрозу для безопасного ведения горных работ, приводя к потерям руды, вызывая разрушение конструктивных элементов горных выработок и повреждение объектов на поверхности. При этом крупные геодинамические события (обрушения и техногенные землетрясения) могут стать причинами гибели людей и огромных материальных затрат. Поэтому для обеспечения безопасности и повышения эффективности горного производства, прежде всего, необходимо заранее, до геотехнического сопровождения, знать места возможных катастрофических событий и выбрать, соответственно сложившейся ситуации, технологию добычи. Это может быть обеспечено применением трехмерных геомеханических моделей, которые позволяют повысить эффективность и безопасность

ведения горных работ, контролировать и оценивать эффективность мероприятий по рациональному способу добычи полезного ископаемого, предупреждать возникновения аварийных ситуаций и т. д.

Современные программные средства позволяют моделировать процесс разработки месторождения с использованием трехмерных моделей окружающего массива. Наиболее широкое распространение получил блочный метод моделирования месторождения. Блочная модель – это упрощенное представление рудного тела и окружающей среды. Состоит из набора ячеек (блоков), которые представляют собой небольшие объемы породы в месторождении. Каждый блок или ячейка содержат, помимо обычного набора полей ресурсных моделей, поля, содержащие данные о физико-механических свойствах пород вмещающего массива, о его структурной нарушенности и другие

характеристики. Блочная модель позволяет собрать всю актуальную информацию при разработке месторождения, на основе которой можно решать задачи управления и безопасности производства.

В данной статье рассмотрены алгоритм действий и этапы создания блочной геомеханической модели.

Основная часть

Как известно, геомеханическая модель является основным источником информации для проведения геомехаником всех необходимых расчетов, причем такая модель важна для месторождений, отрабатываемых и открытым, и подземным способами. На ее основе геомеханик может выявить основные ослабленные зоны, а также выполнить все необходимые расчеты по оценке устойчивости как бортов карьеров, так и подземных горных выработок [1].

Весь процесс создания блочной модели может быть сведен к следующим основным этапам (рис. 1) [2, 3]:

- сбор геомеханических структурных данных;
- анализ данных;
- трехмерное геомеханическое моделирование;
- каркасное моделирование;
- блочное моделирование;
- геостатистическая интерполяция;
- заверка.

Сбор геомеханических структурных данных

Необходимость получения достаточного количества нужной информации для моделирования неоспорима. С позиций реальной практики гораздо лучше иметь даже больший, чем нужно, объем информации, чтобы была возможность выбирать наиболее достоверные источники и комбинировать их друг с другом [4-6].

Перечень исходной информации, необходимой для полноценного комплексного геомеханического моделирования, может быть следующим:

- геологические данные;
- данные по механике горных пород;
- геофизические данные;
- гидрогеологические данные;
- зоны литологического контакта;
- зоны основных трещин длиной более 500 м;
- инженерное качество горной массы RQD;
- геомеханическая классификация породного массива Q;
- геомеханическая классификация породного массива RMR по Бенявскому;
- индекс геологической прочности (GSI);
- индекс горной массы (RMI);
- прочность при одноосном сжатии (UCS);
- прочность при трехосном сжатии (TXT);
- прочность при растяжении UTS;
- напряженно-деформированное состояние (НДС);
- коэффициент запаса устойчивости (SF).

Анализ данных

Данный этап, без преувеличения, является наиболее важным и значимым для всего процесса моделирования. Ошибки, допущенные на этой стадии, могут оказаться наиболее критичными, и с самого начала

задать моделированию неверное направление. Помимо этого, на данном этапе необходимо участие не только геолога, но и специалиста по геомеханике для того, чтобы коллективными усилиями обеспечить выделение и использование только

значимых параметров, а также необходимую степень детализации моделирования [1].

Трехмерное геомеханическое моделирование

Общий процесс моделирования может быть подразделен на два

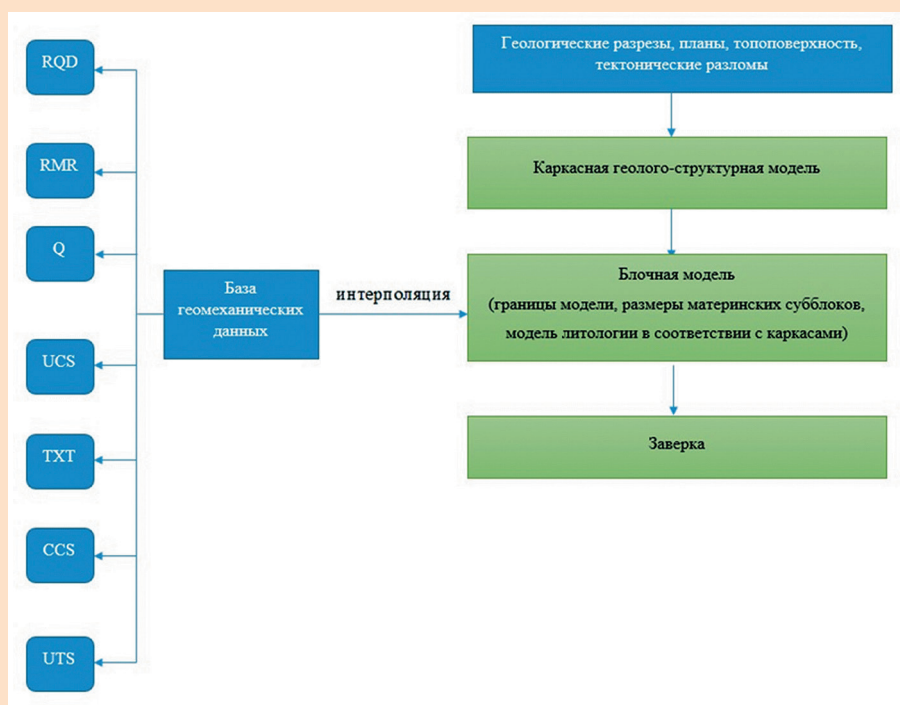


Рис. 1. Иерархическая схема создания 3D геомеханической модели месторождения.

Сурет 1. Кен орнының 3D геомеханикалық моделін құрудың иерархиялық схемасы.

Figure 1. Hierarchical scheme for creating a 3D geomechanical model of the field.



Рис. 2. Этапы создания каркасной литологической модели.

Сурет 2. Қаңқалы литологиялық модельді құру кезеңдері.

Figure 2. Stages of creating a wireframe lithological model.

основных этапа: каркасное и блочное моделирование.

Каркасное моделирование

Каркасная геолого-структурная модель создана путем сведения воедино всей имеющейся информации (база данных геологического описания керна разведочных скважин, геологические планы и разрезы, топоповерхность, ослабленные зоны), полученной на различных этапах изучения и разработки месторождения.

Каркасная модель является продуктом трехмерной триангуляции. Каркасная модель может быть создана путем соединения стрингов, представляющих собой контуры рудных тел на разрезах; сеткой, состоящей из треугольников, которые используют для соединения полигональных геометрических объектов в солид (объект с положительным объемом) или полость (объект с отрицательным объемом).

Создание каркасной геологической модели – достаточно трудоемкий процесс, включающий в себя несколько этапов (рис. 2). Процесс создания каркасной литологической модели Куржункульского месторождения представлен на рис. 3.

Конечным результатом каркасного моделирования являются каркасные модели, полностью охватывающие собой весь объем моделируемого массива и разделяющие его на дискретные участки, ограничивающие область распространения выделенных геолого-геомеханических доменов, построенных с учетом общей структуры месторождения.

Блочное моделирование

Блочная модель месторождения представляет собой совокупность трехмерных блоков (кубических, разной величины (субблоки)) в пространстве с присущими атрибутами блоков и базируется на двумерной таблице данных, в которой по строкам расположены пронумерованные блоки, а по столбцам – их атрибуты (характеристики).

Часть атрибутов (ID блока, его пространственные координаты, протяженность по пространственным координатам) являются системными, и конечный пользователь с ними напрямую не работает.

Остальные атрибуты (тип пород в блоке, удельный вес, содержание полезного ископаемого в процентах или массовое, различные разведочные данные и т. д.) являются пользовательскими и несут основную рабочую функцию модели. Число пользовательских атрибутов в модели количественно не ограничено. По данным атрибутам могут

вестись различные подсчеты и/или исследования месторождения (статистические исследования, подсчет запасов в контурах-камерах, подсчет запасов по бортовому содержанию, оптимизация коэффициента вскрыши – пустых пород, стратегическое и среднесрочное планирование-оптимизация горных работ и многое другое).

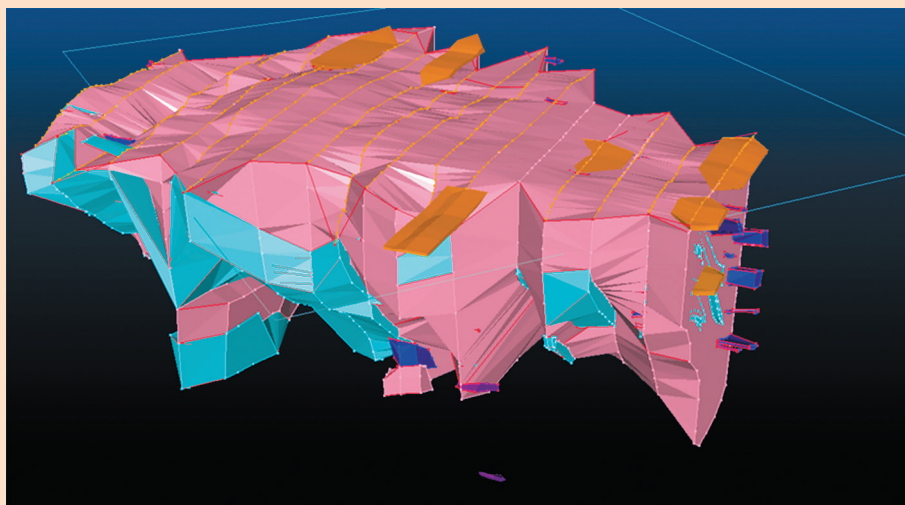


Рис. 3. Каркасная литологическая модель Куржункульского месторождения.

**Сурет 3. Куржункуль кен орнының қаңқалы литологиялық моделі.
Figure 3. Wireframe lithological model of the Kurzhunkul deposit.**

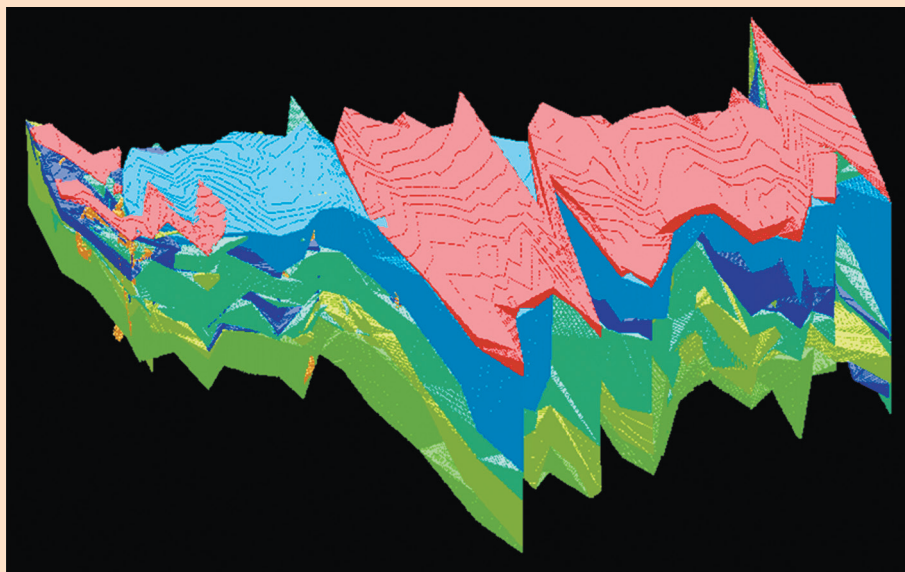


Рис. 4. Пример создания блочной модели с различными блоковыми атрибутами (литология, объемный вес породы, содержание полезного ископаемого, категория разведанности и т. д.).

Сурет 4. Әртүрлі блок атрибуттары бар блок моделін құру мысалы (литология, тау жынысының көлемдік салмағы, пайдалы қазбаның құрамы, барлау санаты және т. б.).

Figure 4. An example of creating a block model with different block attributes (lithology, rock volumetric weight, mineral content, exploration category, etc.).

Размер ячеек должен быть достаточно мал для того, чтобы учесть все нюансы формы и внутренней структуры рудного тела. Блочная модель может быть построена на всем пространстве месторождения, однако, обычно при ее создании используют готовый каркас или набор каркасов.

Создание блочной модели укрупненно разделяется на несколько этапов.

1. Определение прототипа блочной модели.
2. Заполнение (создание) блочной модели, для каждой из моделируемых трехмерных структур.
3. Создание необходимых блочных моделей геостатистическими методами.
4. Сложение созданных моделей на этапе 2 и 3 в единую модель.
5. Математическое моделирование атрибутов созданных блоков (изменение, создание новых на основе математических операций с уже присутствующими).

Конечным результатом блочного моделирования является

разделение каркасов на ячейки и подъячейки (рис. 4).

Геостатистическая интерполяция

Следующим шагом осуществляют интерполяцию всех основных численных геомеханических параметров, которые были определены на этапе анализа исходных данных и заложены в базу данных. Интерполяция оценочных значений в блочных моделях может выполняться с использованием различных методов, таких как ближайший сосед, обратная степень расстояния и кригинг¹ [7-9].

В результате проведенной интерполяции для последующего моделирования используют финальную блочную модель, включающую в себя информацию о принадлежности каждого блока к определенному геолого-геомеханическому домену, данные о выветрелости или трещиноватости, а также численные значения всех основных геомеханических параметров.

Заверка

Заверка блочной модели выполняется для оценки корректности

результатов интерполяции и проводится путем сравнения фактических геомеханических параметров по интервалам скважин с соответствующими интерполированными значениями, а также средних исходных и интерполированных значений по различным направлениям.

Заключение

В статье описаны основные этапы создания блочной геомеханической модели месторождения, показаны необходимые исходные данные для пополнения модели.

В целом, 3D геомеханическая модель является единой информационной базой для принятия технически обоснованных решений по разработке месторождений полезных ископаемых. Создание таких моделей позволяет существенно сократить время на выполнение проектных решений и плановых направлений развития горных работ и обеспечивает возможность принятия наиболее оптимальных инженерно-технических решений.

¹Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Шабарова, К.В. Морозова. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2017. – 336 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ливинский И.С., Митрофанов А.Ф., Макаров А.Б. Комплексное геомеханическое моделирование: структура, геология, разумная достаточность. // Горный журнал. – 2017. – №8. – С. 51-55 (на русском языке)
2. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Разработка 3D геомеханических моделей для подземных рудников и карьеров. // Проблемы недропользования. – 2018. – №1. – С. 60-65 (на русском языке)
3. Съедина С.А., Бердинова Н.О., Алтаева А.А., Абдыкаримова Г.Б. Создание геомеханической модели месторождения при обосновании устойчивости бортов и уступов глубоких карьеров. // Горный журнал Казахстана. – 2020. – №10. – С. 44-48 (на русском языке)
4. Ranjbar A., Hassani H., Shahriar K. 3D геомеханическое моделирование и оценка уплотнения и оседания пласта Фалиянского водохранилища (X-поле в южной части Ирана). // Арабский журнал наук о земле. – 2017. – №10(5). – С. 116 (на английском языке)
5. Urban-Rascon E., Virues C., Aguilera R. 3D геомеханическое моделирование в сложной сети трещин в сланцах реки Хорн с использованием полностью связанной гибридной модели гидроразрыва ННФ: эволюция проницаемости и истощение. // Канадская конференция по нетрадиционным ресурсам SPE. – Калгари (Альберта, Канада), 2018. – №SPE-189795-MS (на английском языке)
6. Nazari Ostad M., Etami Niri M., Darjani M. 3D-моделирование геомеханических упругих свойств в коллекторе из карбонатного песчаника: сравнительное исследование методов геостатистического совместного моделирования. // Журнал геофизики и инженерии. – 2018. – Т. 15. – Вып. 4. – С. 1419-1431 (на английском языке)
7. Vuysksagis I.S., Goktan R.M. Влияние типа молотка Шмидта на прогноз прочности горных пород на одноосное сжатие // Международный журнал механики горных пород и горных наук. – 2007. – Т. 44. – Вып. 2. – С. 299-307 (на английском языке)

8. Hoek E., Brown E.T. Критерий отказа Хука-Брауна и издание GSI – 2018. // Журнал механики горных пород и геотехники. – 2019. – Т. 11. – Вып. 3. – С. 445-463 (на английском языке)
9. Бирючев И.В., Макаров А.Б., Усов А.А. Геомеханическая модель рудника. Часть 2. Использование. // Горный журнал. – 2020. – №2(2271) – С. 35-44 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ливинский И.С., Митрофанов А.Ф., Макаров А.Б. Кешенді геомеханикалық модельдеу: құрылымы, геологиясы, ақылға қонымды жеткіліктілігі. // Тау-кен журналы. – 2017. – №8. – Б. 51-55 (орыс тілінде)
2. Съедина С.А., Бадтиева А. А., Шамгунова Л. С. Жер асты кеніштері мен карьерлерге арналған 3D геомеханикалық модельдерді әзірлеу. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері журналы. – 2018. – №1. – С. 60-65 (орыс тілінде)
3. Съедина С.А., Бердникова Н.О., Алтаева А.А., Әбдікәрімова Г.Б. Терең карьерлердің ернеулері мен кемерлерінің тұрақтылығын негіздеу кезінде кен орнының геомеханикалық моделін құру. // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2020. – №10. – С. 44-48 (орыс тілінде)
4. Ranjbar A., Hassani H., Shahriar K. 3D геомеханикалық модельдеу және Фаляян су қоймасы қабатының тығыздалуы мен шөгуді бағалау (Иранның оңтүстігіндегі x-өріс). // Араб жер туралы ғылымдар журналы. – 2017. – №10(5). – Б. 116 (ағылшын тілінде)
5. Urban-Rascon E., Virues C., Aguilera R. ННҒ толық байланысқан гибриді гидравликалық сыну моделін қолдана отырып, Хорн өзенінің тақтатастарындағы жарықтардың күрделі желісінде 3D геомеханикалық модельдеу: өткізгіштік эволюциясы және сарқылу. // Дәстүрлі емес ресурстар бойынша Канадалық конференция SPE. – Калгари (Альберта, Канада), 2018. – №SPE-189795-MS (ағылшын тілінде)
6. Nazari Ostad M., Emami Niri M., Darjani M. Карбонатты құмтас коллекторындағы геомеханикалық серпімді қасиеттерді 3D модельдеу: геостатикалық бірлескен модельдеу әдістерін салыстырмалы зерттеу. // Геофизика және инженерия журналы. – 2018. – Т. 15. – Шығ. 4. – Б. 1419-1431 (ағылшын тілінде)
7. Buyuksagis I.S., Goktan R.M. Шмидт балғасы типінің тау жыныстарының бір осьті сығылуға беріктігін болжауға әсері. // Тау жыныстары механикасы мен тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы. – 2007. – Т. 44. – Шығ. 2. – Б. 299-307 (ағылшын тілінде)
8. Hoek E., Brown E.T. Хук-Браунның істен шығу критерийі және GSI-2018 басылымы. // Тау жыныстары механикасы және геотехника журналы. – 2019. – Т. 11. – Шығ. 3. – Б. 445-463 (ағылшын тілінде)
9. Бирючев И.В., Макаров А.Б., Усов А.А. Кеніштің геомеханикалық моделі. 2 бөлім. Пайдалану. // Тау-кен журналы. – 2020. – №2(2271) – Б. 35-44 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Livinsky I.S., Mitrofanov A.F., Makarov A.B. Kompleksnoe geomexanicheskoe modelirovanie: struktura, geologiya, razumnaya dostatochnost' [Complex geomechanical modeling: structure, geology, reasonable sufficiency]. // Gornyy zhurnal = Mining Journal. – 2017. – №8. – P. 51-55 (in Russian)
2. S'edina S.A., Baltieva A.A., Shamgunova L.S. Razrabotka 3D geomexanicheskix modelej dlya podzemnykh rudnikov i kar'erov [Development of 3D geomechanical models for underground mines and quarries]. // Zhurnal Problemy nedropol'zovaniya = Journal of Problems of subsurface use. – 2018. – №1. – P. 60-65 (in Russian)
3. S'edina S.A., Berdnikova N.O., Altaeva A.A., Abdykarimova G.B. Sozdanie geomexanicheskoy modeli mestorozhdeniya pri obosnovanii ustojchivosti bortov i ustupov glubokix kar'erov [Creation of a geomechanical model of the deposit when justifying the stability of the sides and ledges of deep quarries]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – 2020. – №10. – P. 44-48 (in Russian)
4. Ranjbar A., Hassani H., Shahriar K. 3D geomechanical modeling and estimating the compaction and subsidence of Fahlian reservoir formation (X-field in SW of Iran). // Arabian Journal of Geosciences. – 2017. – №10(5). – P. 116 (in English)
5. Urban-Rascon E., Virues C., Aguilera R. 3D geomechanical modeling in the complex fracture network of the horn river shale using a fully-coupled hybrid hydraulic fracture

HNF model: permeability evolution and depletion. SPE Canada Unconventional Resources Conference. – Calgary (Alberta, Canada), 2018. – Paper Number: SPE-189795-MS (in English)

6. *Nazari Ostad M., Emami Niri M., Darjani M. 3D modeling of geomechanical elastic properties in a carbonate-sandstone reservoir: a comparative study of geostatistical co-simulation methods. Journal of Geophysics and Engineering. – 2018. – Vol. 15. – Issue 4. – P. 1419-1431 (in English)*
7. *Buyuksagis I.S., Goktan R.M. The effect of Schmidt hammer type on uniaxial compressive strength prediction of rock. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2007. – Vol. 44. – Issue 2. – P. 299-307 (in English)*
8. *Hoek E., Brown E.T. The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2019. – Vol. 11. – Issue 3. – P. 445-463 (in English)*
9. *Biryuchev I.V., Makarov A.B., Usov A.A. Geomechanicheskaya model' rudnika. Chast' 2. Ispol'zovanie. [Geomechanical model of the mine. Part 2. Using]. // Gornyj zhurnal = Mining Journal. – 2020. – №2(2271) – P. 35-44 (in Russian)*

Статья написана в рамках грантового финансирования по проекту №AP08053358 «Управление горным массивом для обеспечения безопасной отработки месторождения на основе комплексной геомеханической модели».

Сведения об авторах:

Алтаева А.А., младший научный сотрудник лаборатории горного давления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), *a.aselya_92@mail.ru*; <https://orcid.org/0000-0002-1675-6828>

Әбдіқарімова Г.Б., младший научный сотрудник лаборатории горного давления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), *abdykarimovagulnur@gmail.com*; <https://orcid.org/0000-0002-0767-7538>

Авторлар туралы мәліметтер:

Алтаева А.А., Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» Республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы, тау-кен қысымы зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Әбдіқарімова Г.Б., Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» Республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы, геомеханикалық процесстерді басқару зертханасы кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Altayeva A.A., Junior Researcher Assistant at the Mining Pressure Laboratory of the D.A. Kunaev Institute of Mining – a Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan)

Abdikarimova G.B., Junior Researcher Assistant at the Control of Geomechanical Processes Laboratory of the D.A. Kunaev Institute of Mining – a Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan)

ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ

Следите за новостями!



+7 747 343 15 02

post-dts@yandex.kz

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401



Код МРНТИ 52.35.01

Н.А. Дрижд, М.К. Ибраев, А.Ж. Даулетжанов, Ж.Т. Даулетжанова

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ШУБАРКОЛЬСКОГО УГЛЯ

Аннотация. Статья посвящена обзору экспериментальных работ по брикетированию отходов обогатительных процессов на Шубаркольском месторождении в рамках улучшения системы управления качеством добываемого угля. Проведенная работа представляет собой полный цикл подготовки угля к реализации и рационализации производственных процессов. Обогащение происходило на промышленной установке на базе производителя. Полученные показатели доли угольной мелочи позволили установить оптимальные соотношения для формирования брикетов из новых связующих материалов преимущественно из вторичных остатков основных производственных процессов. Оценены прочностные, технические и теплотворные характеристики термически обработанных брикетов.

Ключевые слова: уголь, зольность, брикетирование, управление качеством сырья, ситовый анализ, сортировка угля.

Шубаркөл көмірінен жасалынатын отын брикеттерінің сапасын зерттеу

Андатпа. Бұл мақала өндірілген көмір сапасын басқару жүйесін жетілдіру шеңберінде Шубаркөл кен орнында байыту процестерінен шыққан қалдықтарды брикеттеу бойынша эксперименттік жұмыстарды шолуға арналған. Жүргізілген жұмыс өндірістік процестерді іске асыруға және рационализациялауға көмірді дайындаудың толық циклын көрсетеді. Байыту өндірісінің базасындағы өнеркәсіптік жабдығында өткізілген. Көмір ұсақтарының үлесінің индикаторлары көбінесе негізгі өндірістік процестердің қайталама қалдықтарынан жасалған жана байланыстырушы материалдарымен брикеттер түзудің онтайлы үлестемелерін орнатуға мүмкіндік береді. Термиялық өңделген брикеттердің беріктігі, техникалық және калориялық сипаттамалары бағаланды.

Түйінді сөздер: көмір, күл құрамы, брикеттеу, шикізат сапасын басқару, електерді талдау, көмірді сұрыптау.

Study of the quality of fuel briquettes from Shubarkol coal

Abstract. This article is devoted to a review of experimental work on briquetting waste from enrichment processes at the Shubarkol deposit as part of improving the quality management system of mined coal. The carried work represents a full cycle of coal preparation for implementation and rationalization of production processes. The enrichment took place on an industrial equipment in the basis of the manufacturer. The obtained indicators of the share of coal fines made it possible to establish optimal ratios for the formation of briquettes from new binding materials, mainly from secondary residues of the main production processes. The strength, technical and calorific characteristics of thermally treated briquettes have been evaluated.

Key words: coal, ash content, briquetting, raw material quality management, sieve analysis, separation, coal sorting, calorific value, coal size, beneficiation.

Введение

Шубаркольский уголь является ценным сырьем для коксохимического и металлургического производства, при этом он также несет в себе высокую энергетическую ценность в силу своих технологических свойств [1]. Несмотря на превосходные параметры угля, геологические и геотехнологические характеристики месторождения способствуют ухудшению его качества из-за склонности угля к выветриванию. Выветривание приводит к измельчению угля и, соответственно, его непригодности даже для реализации в коммунально-бытовых целях [2].

Из-за высокого спроса у потребителей и заданных требований при отгрузке весь цикл горных работ требует постоянного совершенствования системы управления качеством добываемого угля. Контроль и превентивные меры необходимо применять как при оперативном планировании добычных работ, в том числе, в процессе сортировки угольной массы по характеристикам зольности и крупности, так и при складировании и отгрузки угля со склада пользователям [3].

Разработано множество теорий и способов применения контроля качества угольного сырья на месторождениях различной геологической сложности и геологических условий [4]. Таким образом, целью и задачами экспериментальной работы явились оптимизация процессов брикетирования некондиционных углей через процессы сжатия сыпучего топливного материала с образованием высокоуплотненного продукта.

Методы/исследования

Базовыми средствами контроля качества добываемого угля горными предприятиями являются

опытно-промышленные работы по сухой сепарации угля, при которой уголь Шубарколя проявил значительную степень обогатимости и высокий выход крупных классов угля (табл. 1, 2).

Для проведения исследований процесса гравитационного обогащения использовалась партия рядового угля, упакованного в мешки общей массой 1,15 т. Классификация исходной пробы проводилась на лабораторных инерционных грохотах.

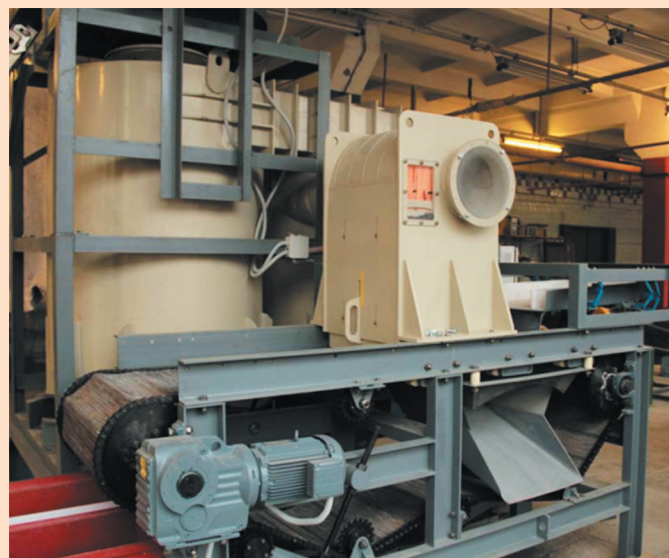


Рис. 1. Установка Сепайр-1.
Сурет 1. Сепайр-1 жабдығы.
Figure 1. Sipa-1 equipment.



Рис. 2. Автоматический гидравлический пресс ИП-100.

Сурет 2. IP-100 автоматты гидравликалық пресі.
Figure 2. Automatic hydraulic press IP-100.



Рис. 3. Переносная установка полупромышленного изготовления брикетов.

Сурет 3. Брикеттерді жартылай өнеркәсіптік өндіруге арналған портативті жабдығы.
Figure 3. Portable equipment for semi-industrial production of briquettes.

Пневматическая сепарация проводилась на базе АО «Гормашэкспорт» на полупромышленной обогатительной установке Сепайр-1 (рис. 1).

Хвостовая мелочь, обладающая высокой зольностью, подвергалась кислотной обработке с целью снижения минерального содержания.

Несмотря на снижение зольности до приемлемого уровня, угольная мелочь, образующаяся в результате выветривания при складировании на длительное время и сортировки с помощью доступных средств сепарации, остается коммерчески непривлекательно для потребителей, что, в целом, увеличивает операционные расходы горных работ.

Довольно распространенным способом обработки для дальнейшего использования сырья является брикетирование угольной мелочи, создающее определенную ценность для потребителей в коммунально-бытовых целях [4-10].

Для обеспечения механической прочности и при этом достаточной пористости для эффективного горения необходимо использование связующих материалов органического происхождения, обладающих влаготалкивающими и атмосфероустойчивыми свойствами. Подбор качественного связующего значительно улучшает физико-химические и горючие свойства материала. Кроме того, улучшается транспортировка и хранение грузов. А критериями качества брикетирования явились такие свойства, как летучие вещества, теплотворная способность, зольность.

Для брикетирования применялся автоматизированный гидравлический пресс ИП-100 (рис. 2), а в последствии по чертежам ученых Карагандинского института органического синтеза и углехимии была изготовлена опытно-промышленная установка брикетирования угля (рис. 3).

Качество горения полученных брикетов оценивалось на основе теплотворной способности, летучих веществ, фиксированного углерода и зольности (рис. 4).

Исследовались угольные брикеты из некондиционного угля со связующими: жидкое стекло, бумажный картон, гудрон и полимерное покрытие, синтезированное из отходов коксохимического производства [11].

Результаты

В табл. 1-4 приведены данные лабораторных и опытно-промышленных результатов по ситовому анализу, пневматической сепарации угольной массы и испытанию технических характеристик.

Обсуждение результатов

Согласно полученным результатам, при исследовании углей АО «Шубарколь Премиум» на обогатимость и зольность объединенных концентратов в крупности



Рис. 4. Горение брикета состава уголь + гудрон + ПЭТФ.

Сурет 4. Көмір + гудрон + ПЭТ құрамындағы брикеттің жануы.

Figure 4. Combustion of a briquette of the composition coal + tar + PET.

Таблица 1

Гранулометрический состав шубаркольского угля

Кесте 1

Шұбаркөл көмірінің гранулометриялық құрамы

Table 1

Granulometric composition of Shubarkol coal

Класс крупности, мм	Исходный		Дробление + 50 мм		Суммарный	
	масса, кг	выход, %	масса, кг	выход, %	масса, кг	выход, %
+50	125,93	12,42				
+25-50	209	20,62	75,33	59,82	284,33	28,05
+13-25	244,6	24,13	21,54	17,10	266,14	26,26
+6-13	193,7	19,11	13,3	10,56	207	20,42
+3-6	136,5	13,47	6,74	5,35	143,24	14,13
+1-3	65,5	6,46	5	3,97	70,5	6,96
+0-1	38,3	3,78	4,02	3,19	42,32	4,18
Итого	1013,53	100	125,93	100	1013,53	100

Таблица 2

Общий баланс обогащения в классе 1-50 мм

Кесте 2

1-50 мм аралығындағы жалпы байыту балансы

Table 2

General enrichment balance in class 1-50 mm

Продукт	Выход общий, %	Зольность Ad, %	Наивысшая теплота сгорания GCV (daf), ккал/кг	Низшая теплота сгорания NCVr (iso), ккал/кг
Концентрат	82,76	11,2	7544	5692
Хвосты	12,31	65,0	6503	2334
Просыпь	0,76	29,4	7318	4482
Класс +0-1 мм	4,18	30,1	7186	4272
Итого	100	18,8	7399	5211

Таблица 3

Теплотворная способность угольных брикетов с различными связующими

Кесте 3

Әр түрлі байланыстырғыштары бар көмір брикеттерінің калориялық мәні

Table 3

Calorific value of coal briquettes with various binders

Образцы брикетов со связующими	Теплота сгорания, ккал/кг	Теплота сгорания, МДж/кг
Брикет со связующим из картона	6843	28,3
Брикет со связующим из жидкого стекла	7073	29,6
Брикет со связующим из гудрона	7832	32,8
Брикет со связующим из полимерного покрытия из вторичных отходов	7586	31,8

+1 – 50 мм составляет 11,2%, что на 7,6% ниже исходного (расчетного) значения, при выходе от общей массы угля в 83%. Выход хвостов при этом составляет чуть более 12% с зольностью 65%. Угольная мелочь класса менее 1 мм не обогащалась и по своим показателям схожа с просыпью, получаемой в ходе обогащения более крупного угля, общий выход которых составляет 5% от общего значения с зольностью около 30%. Данная мелочь может быть использована как самостоятельный товарный продукт либо объединяться с концентратом

или хвостами при одновременном снижении качества того или другого (табл. 1, 2).

Результаты, приведенные в табл. 3, показали различную теплотворную способность: самые высокие показатели у брикетов, связанных гудроном и полимерным покрытием из вторичных отходов из-за высокого содержания фиксированного углерода.

Для брикетирования использовалась угольная мелочь с концентратом в соотношениях, сохраняющих уровень зольности в пределах 13-14%, наиболее

Таблица 4

Технические характеристики угольных брикетов из шубаркольского угля

Кесте 4

Шұбаркөл көмірінен алынған көмір брикеттерінің техникалық сипаттамалары

Table 4

Technical characteristics of coal briquettes from Shubarkol coal

Описание брикета	Летучие вещества, %масс	Зольность, %масс
Уголь:шлам = 8:2, связанный 7% жидким стеклом	37,6	13,1
Уголь:шлам = 8:2, связанный 7% жидким стеклом и 3% ПВХ клеем	38,7	10,7
Уголь:шлам = 8:2, связанный 5% глиной	37,6	13,1
Уголь:шлам = 7:3, связанный 10% ПВХ клеем	35,1	15,1
Уголь:шлам = 8:2, связанный полимерным покрытием из вторичных отходов	39,1	9,8

рациональные сочетания приведены в табл. 4, где применялись наиболее доступные связующие материалы.

Заключение

Результаты экспериментов показали, что термообработанные брикеты с новыми связующими материалами

по показателям механической прочности, уровню технических показателей и теплотворной способности соответствуют предъявляемым требованиям для энергетических углей и имеют рациональные основания для применения в производстве для улучшения качества угля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т., Замалиев Н.М. Качественные характеристики угля Шубаркольского месторождения и его применимость для производства спецкокса. // Труды университета. – 2019. – №3. – С. 45-49 (на русском языке)
2. Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Процесс окисления склонных к самовозгоранию углей Донбасса. // Сб. науч. тр. Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2019. – №55. – С. 49-57 (на русском языке)
3. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. Анализ и прогнозы развития добычи и потребления угля в ведущих угледобывающих странах мира в период 2000-2035 гг. // Горный журнал. – 2018. – №3. – С. 4-9 (на русском языке)
4. Якубовский М.М., Дребенштетт К. Управление качеством бурого угля на карьере при наличии нескольких потребителей с различными требованиями к сырью. // Записки Горного института. – 2014. – Т. 207. – С. 90-94 (на русском языке)
5. Юсупов С.К., Эшметов И.Д., Бектурдиев Г.М., Байматова Г.А. Модифицированный связующий для брикетирования угля. // Universum. – 2019. – №12. – С. 86-90 (на русском языке)
6. Буравчук Н.И. Влияние технологических параметров на качество топливных брикетов из мелкозернистых угольных отходов // Химия твердого топлива. – 2015. – №5. – С. 25-32 (на русском языке)
7. Буравчук Н.И. Топливные композиты из мелкозернистого углеродсодержащего техногенного сырья. // Инноватика и экспертиза. – 2017. – № 2. – С. 192-204 (на русском языке)
8. Worowski G., Husnar J.J. Использование мелкозернистых угольных отходов в качестве топливных брикетов // Подготовка и использование угля. – 2013. – №33. – С. 194-204 (на английском языке)
9. Suttibak S., Loengbudnark W. Производство древесно-угольных брикетов из биомассы для коммунального использования // 8-я Международная конференция по машиностроению TSME. – 2018. – С. 1-9 (на английском языке)
10. Himbane Ph., Ndiaye L., Napoli, A., Kobor D. Физико-химические и механические свойства угольных брикетов из биомассы, полученных кустарным способом. // Африканский журнал экологических наук и технологий. – 2018. – №12. – С. 480-486 (на английском языке)
11. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т. Новое полимерное антипирогенное покрытие для угля и спецкокса из вторичных продуктов. // Горный журнал Казахстана. – 2018 – №5. – С. 26-31 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т., Замалиев Н.М. Шұбаркөл кен орнындағы көмірдің сапалық сипаттамалары және оның арнайы кокс өндірісі үшін қолданылуы. // Университет еңбектері. – 2019. – №3. – Б. 45-49 (орыс тілінде)
2. Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Өздігінен жануға бейім Донбасс көмірлерінің тотығу процесі. // Ғылыми еңбектер жинағы Донецк темір жол көлігі институты. – 2019. – №55. – Б. 49-57 (орыс тілінде)
3. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. 2000-2035 жылдар аралығында әлемнің жетекші көмір өндіруші елдерінде көмір өндіру мен тұтынудың дамуының талдауы мен болжамы. // Тау-кен журналы. – 2018. – №3. – Б. 4-9 (орыс тілінде)
4. Якубовский М.М., Дребенштедт К. Карьердегі қоңыр көмірдің сапасын шикізатқа әр түрлі талаптары бар бірнеше тұтынушылардың қатысуымен басқару. // «Тау-кен институтының жазбалары». – 2014. – Т. 207. – Б. 90-94 (орыс тілінде)
5. Юсупов С.К., Эшметов И.Д., Бектурдиев Г.М., Байматова Г.А. Көмірді брикеттеуге арналған түрлендірілген байланыстырғыш. // Universum. – 2019. – №12. – Б. 86-90 (орыс тілінде)
6. Буравчук Н.И. Технологиялық параметрлердің ұсақ түйіршікті көмір қалдықтарынан шығатын брикеттер сапасына әсері. // Қатты отын химиясы. – 2015. – №5. – Б. 25-32 (орыс тілінде)
7. Буравчук Н.И. Көміртегі бар ұсақ түйіршікті техногенді шикізаттан жасалған отын композиттері. // Инновация және сараптама. – 2017. – №2. – Б. 192-204 (орыс тілінде)
8. Worowski G., Hunsar J.J. Көмірдің ұсақ қалдықтарын отын брикеттері ретінде пайдалану. // Көмірді дайындау және пайдалану. – 2013. – №33. – Б. 194-204 (ағылшын тілінде)
9. Suttibak S., Loengbudnark W. Қоғамдық қажеттілікке арналған биомассадан көмір брикеттерін өндіру. // Машина жасау бойынша TSME-8 халықаралық конференциясы. – 2018. – Б. 1-9 (ағылшын тілінде)
10. Nimbane Ph., Ndiaye L., Napoli, A., Kobor D. Қолөнер әдісімен алынған биомассаның көмір брикеттерінің физико-химиялық және механикалық қасиеттері. // Африка қоршаған орта туралы ғылым және технологиялар журналы. – 2018. – №12. – Б. 480-486 (ағылшын тілінде)
11. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т. Өмір мен арнайы кокстың сақтауына арнап өнім қалдықтарынан жасалған жаңа полимерлі жабын. // Қазақстанның кен журналы. – 2018 – №5. – Б. 26-31 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Drizhd N.A., Dauletzhanov A.Zh., Dauletzhanova Zh.T., Zamaliyev N.M. Kachestvennyye karakteristiki uglya Shubarkol'skogo mestorozhdeniya i ego primenimost' dlya proizvodstva spekkoksa [Qualitative characteristics of coal from the Shubarkol deposit and its applicability for the production of special coke]. // Trudy universiteta = University proceedings. – 2019. – №3. – P. 45-49 (in Russian)
2. Pashchenko L.V., Potapenko V.I. Process okisleniya sklonnykh k samovozgoraniyu uglej Donbassa [The oxidation process of Donbass coals prone to spontaneous combustion]. // Sb. nauch. tr. Doneckogo instituta zheleznodorozhnogo transporta = Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport. – 2019. – №55. – P. 49-57 (in Russian)
3. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A., Dyachenko K.I. Analiz i prognozy razvitiya dobychi i potrebleniya uglya v vedushhix ugledobyvayushhix stranax mira v period 2000-2035 gg. [Analysis and forecasts of the development of coal production and consumption in the leading coal-mining countries of the world in the period 2000-2035]. // Gornyy zhurnal = Mining journal. – 2018. – №3. – P. 4-9 (in Russian)
4. Yakubovsky M.M., Drebenstedt K. Upravlenie kachestvom burogo uglya na kar'ere pri nalichii neskol'kix potrebitelej s razlichnymi trebovaniyami k syr'yu [Management of the quality of brown coal in a quarry in the presence of several consumers with different requirements for raw materials]. // Zapiski Gornogo instituta = Notes of the Mining Institute. – 2014. – Vol. 207. – P. 90-94 (in Russian)
5. Yusupov S.K., Eshmetov I.D., Bekturdiev G.M., Baimatova G.A. Modificirovannyj svyazuyushhij dlya briketirovaniya uglya [Modified binder for coal briquetting]. // Universum. – 2019. – №12. – P. 86-90 (in Russian)

6. *Buravchuk N.I. Vliyanie texnologicheskix parametrov na kachestvo toplivnyx briketov iz melkozernistykh ugol'nykh otkhodov [Influence of technological parameters on the quality of fuel briquettes from fine-grained coal waste] // Ximiya tverdogo topliva = Solid fuel chemistry. – 2015. – №5. – P. 25-32 (in Russian)*
7. *Buravchuk N.I. Toplivnye kompozity iz melkozernistogo uglerodsoderzhashhego texnogenogo syr'ya [Fuel composites from fine-grained carbon-containing technogenic raw materials] // Innovatika i e'kspertiza = Innovation and expertise. – 2017. – №2. – P. 192-204 (in Russian)*
8. *Borowski G., Hycnar J.J. Utilization of Fine Coal Waste as a Fuel Briquettes. // Coal Preparation and Utilization. – 2013. – №33. – P. 194-204 (in English)*
9. *Suttibak S., Loengbudnark W. Production of charcoal briquettes from biomass for community use // 8th TSME-International Conference on Mechanical Engineering. – 2018. – P. 1-9 (in English)*
10. *Himbane Ph., Ndiaye L., Napoli, A., Kobor D. Physicochemical and mechanical properties of biomass coal briquettes produced by artisanal method // African Journal of Environmental Science and Technology. – 2018. – №12. – P. 480-486 (in English)*
11. *Drizhd N.A., Dauletzhanov A.Zh., Dauletzhanova Zh.T., Zamaliyev N.M. Novoe polimernoe antipirogennoe pokrytie dlya uglya i spekkoksa iz vtorichnykh produktov [New polymeric flame-retardant coating for coal and special coke from secondary products]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining journal of Kazakhstan. – 2018. – №5. – P. 26-31 (in Russian)*

Сведения об авторах:

Дрижд Н.А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), n_drizhd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7269-7626>

Ибраев М.К., д-р хим. наук, декан геоэкологического факультета Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), mkibr@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0798-5562>

Даулетжанов А.Ж., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), dauletzhanov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1770-3728>

Даулетжанова Ж.Т., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), kaliyeva_zhanna@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9682-5127>

Авторлар туралы мәліметтер:

Дрижд Н.А., техникалық ғылыми докторы, «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ибраев М.К., химия ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының геоэкология факультетінің деканы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Даулетжанов А.Ж., «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Даулетжанова Ж.Т., «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about authors:

Drizhd N.A., Doctor of Science, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Ibrayev M.K., Doctor of Chemical Science, Dean at the Geoecological Faculty of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Dauletzhanov A.Zh., PhD Doctoral Student of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Dauletzhanova Zh.T., PhD Doctoral Student of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ
в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»
(действуют с 1 сентября 2019 года)

1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте minmag.kz):

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первичной научной публикации.

Дополнительные рубрики:

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, www.text.ru);
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
 - сведения о каждом авторе предоставляются на трех языках (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна, **ORCID**);
 - полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
 - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

К статье прилагаются сведения на английском языке:

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непередаваемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700, но не более 900 знаков, включая пробелы.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

4. Стоимость публикации.

Стоимость публикации статьи в издании с 1 апреля 2021 года составляет 10000 тенге. В стоимость входит восемь экземпляров журнала с опубликованной статьей и присвоение DOI. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги.



**Анатолий Дмитриевич
Сашурин
(1938-2021)**

Институт горного дела УрО РАН с глубоким прискорбием сообщает, что 22 августа 2021 года на 84-ом году жизни после тяжелой болезни ушел из жизни наш коллега, друг и товарищ – заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник, научный руководитель по направлению «Геомеханика», действительный член Академии горных наук, член Международной ассоциации по механике скальных пород Анатолий Дмитриевич Сашурин.

А.Д. Сашурин родился 8 апреля 1938 г. в с. Хамышки Краснодарского края, в 1960 г. окончил Свердловский горный институт по специальности горный инженер – шахтостроитель. В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследования по совершенствованию методов измерения напряжений в крепких горных породах» по специальности «Маркшейдерское дело», а в 1995 г. – докторскую диссертацию «Геомеханические модели и методы расчета сдвижений горных пород при разработке месторождений в скальных массивах» по специальностям «Механика горных пород» и «Маркшейдерское дело».

В Институт горного дела Сашурин А.Д. пришел в 1960 г. и работал до последнего дня. За годы своей плодотворной деятельности он прошел все научные должности от лаборанта до директора Института в период с 08.1992 по 04.1995 годы. С 04.1995 г. по 2008 г. – заведующий лабораторией сдвижения горных пород и предотвращения техногенных катастроф; с 2008 г. по 2018 год – руководитель отдела геомеханики.

В переломный момент Анатолий Дмитриевич возглавил Институт, и под его руководством ИГД был включен в состав Уральского отделения РАН. При его непосредственном участии Институт проходил адаптацию в системе РАН, были приложены все усилия по укреплению кадрового состава, улучшению финансирования, развитию экспериментальной базы, оснащению современным исследовательским оборудованием, повышению качества фундаментальных исследований и увеличению объема внедренческих работ.

А.Д. Сашурин – ведущий ученый России в области механики горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых, известный исследователь напряженно-деформированного состояния массива горных пород Урала и Казахстана, является автором более 150 научных трудов, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 6 монографий, 1 учебного пособия и 4 изобретений. Им получены принципиально новые результаты, отображающие взаимосвязи в развитии процесса сдвижения горных пород с закономерностями формирования вторичного напряженно-деформированного состояния в области влияния добычи полезных ископаемых. На основе фундаментальных исследований А.Д. Сашуриным разработан комплекс технических решений, направленных на обеспечение безопасности подрабатываемых объектов и полноты извлечения полезных ископаемых из недр. Внедрение их на горнодобывающих предприятиях Урала позволило в условиях дефицита железорудного сырья в Уральском регионе расконсервировать и отработать из предохранительных целиков более 30 млн т железных руд. Результаты научных разработок отмечены на Выставке достижений народного хозяйства СССР одной золотой, двумя серебряными и двумя бронзовыми медалями. За внедрение изобретений он имеет почетный знак «Изобретатель СССР».

Охрана сооружений и природных объектов от подработки на всех железорудных месторождениях Урала производится по нормативным документам, разработанным под руководством А.Д. Сашурина. За работу «Внедрение результатов фундаментальных исследований в практику крепления тоннелей, обеспечение сохранности подрабатываемых зданий и сооружений на основе оперативных методов контроля технологических процессов строящегося Свердловского метрополитена» он с коллективом авторов ИГД УрО РАН удостоен премии В.Н. Татищева и Г.Д. де Геннина (1999 г.).

Под руководством А.Д. Сашурина на базе отдела геомеханики при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований создан специальный центр, оснащенный современным оборудованием спутниковой геодезии и другим уникальным научным оборудованием. Он внес большой вклад в развитие нового актуального научного направления по изучению природы, прогнозу и предотвращению техногенных катастроф, вызванных природными и техногенными геодинамическими процессами в районах добычи, переработки и транспортировки полезных ископаемых, в том числе ТЭК России. Под его руководством созданы геодинамические полигоны при разработке Грибного месторождения нефти, на лицензионных участках ОАО «ТНК Нягань», проведены исследования и выбрана площадка под строительство Южно-Уральской АЭС, ведутся маркшейдерские работы на объектах недропользования ООО «Газпромтрансгаз Югорск», проведен комплекс исследований по возможности разработки Эльгинского месторождения угля.

Созданный А.Д. Сашуриным исследовательский коллектив признан Министерством промышленности науки и технологии РФ и РФФИ «Ведущей научной школой России». Школой проводится постоянно действующий теоретический семинар и научно-технические конференции по геомеханике в горном деле. Творческий коллектив школы наполовину состоит из молодежи. За успехи, достигнутые на протяжении своей деятельности, Анатолий Дмитриевич награжден государственными и отраслевыми наградами: почетный знак «Изобретатель СССР», медаль «За трудовое отличие», медаль «Ветеран труда», премия В.Н. Татищева и Г.Д. де Геннина, присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ», кавалер знака «Шахтерская Слава», а также многими другими грамотами и знаками отличия.

В этот скорбный день ИГД УрО РАН приносит родным и близким, друзьям и коллегам самые искренние соболезнования и выражает глубокое чувство потери одного из выдающихся деятелей горной науки.

В нашей памяти останутся оптимизм, высокая эрудиция и дальновидность, доброжелательность и отзывчивость Анатолия Дмитриевича.

Светлая память об Анатолии Дмитриевиче сохранится в наших сердцах.