ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;4:20-29

УДК 622.274(571.17) DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-20-29

ОТРАБОТКА КРУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В.И. Ефимов[1], Н.И. Абрамкин[1], П.П. Стась[2]

[1] НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru
[2] Тульский государственный университет, Тула, Россия

Аннотация: Отработка пластов крутонаклонного и крутого падения подземным способом в современных условиях сопряжена с высокой трудозатратностью и низкой производительностью. Трудности эксплуатации и необходимость постоянного присутствия людей в забое для выполнения сложных технологических операций и управления горным давлением являются травмоопасными, что отрицательно сказывается на безопасности производства. Накопление опыта разработки угольных пластов привело к совершенствованию системы их разработки. На наклонных пластах малой и средней мощности получили распространение столбовые системы разработки, которые позволили, по сравнению с камерными, значительно сократить потери угля. При разработке пологих и наклонных пластов использовались комбинированные камерно-столбовые системы. Применялись различные варианты отработки с гидротранспортом закладки, с гидравлической отбойкой и гидротранспортом угля. В XXI в. появились новые высокопроизводительные очистные механизированные комплексы для отработки угольных пластов пологого залегания, что позволило осуществлять добычу угля без значительных потерь в недрах. Данная статья, в отличие от опубликованных раннее на эту тему, критически подходит к проблеме отработки угольных пластов крутого залегания. Авторы, понимая преимущества комплексной механизации пологих пластов, считают важным поделится опытом, рассказав о технологиях, которые применялись на Прокопьевско-Киселевском угольном месторождении, так как этот опыт может быть востребован при добычи особо ценных марок угля как в России, так и за рубежом, например во Вьетнаме.

Ключевые слова: крутые по падению пласты, мощные пласты, системы отработки, технологические схемы, очистные работы.

Для цитирования: *Ефимов В.И., Абрамкин Н.И., Стась П.П.* Отработка крутых угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 20–29. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-20-29.

Steep coal seam mining

V.I. Efimov[1], N.I. Abramkin[1], P.P. Stas[2]

[1] National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia,
e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru,
[2] Tula State University, Tula, Russia

Abstract: Underground mining of semi-steep and steep seams is connected with high labor costs and low productivity. Furthermore, this process is difficult and requires continuous presence of personnel in the face area to accomplish complex activities and ground control, which is by all means hazardous and has aggravating influence on production safety. Experience accumulation facilitated improvement in coal seam mining. In pitch coal seams of small and medium thickness, longwall systems enjoyed wide application, which greatly reduced loss of coal as compared with room-and-pillar method. In gently dipping and pitch coal, longwalling and room-and-pillar mining

© В.И. Ефимов, Н.И. Абрамкин, П.П. Стась. 2019.

were combined. Variants with hydraulic transport of backfill and coal, hydraulic breaking, etc. were also used. As science and technology has advanced in the 21st century, new modern, high-production mechanized longwall mining equipment has been developed for flat coal seams, which provides coal extraction without considerable loss. To date, persistent improvement of coal mining technology and equipment (first of all, in terms of safety and reliability) is the first-order condition of successful development in the coal industry. This article, unlike the earlier publications dedicated to this topic, critically approaches the problem of steep coal seam mining. The authors realize advantages of overall mechanization of flat coal seam mining and attach importance to sharing their experience and technologies applied in the Prokopievsk–Kiselevsk coal field as this can be beneficial in production of valuable coal grades both in Russia and abroad, for example, in Vietnam.

Key words: steep seams, thick seams, mining systems, process flow diagrams, coal-face work.

For citation: Efimov V. I., Abramkin N. I., Stas P. P. Steep coal seam mining . *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;4:20-29. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-20-29.

Разработка мощных крутых и крутонаклонных пластов в отечественной и мировой практике представляет наибольшую сложность, так как она связана со специфической особенностью управления горным давлением, перепуском обрушенных пород [1—3] либо закладкой выработанного пространства [4], оставлением технологических целиков и пачек угля, склонного к самовозгоранию, необходимостью учета взаимного влияния отработки сближенных пластов и замков складок. Разработка осложняется также наличием геологической нарушенности угля и боковых пород, переменными углами залегания и мощностью пластов, наличием слабоустойчивых пачек угля, сближенностью пластов, высокой газообильностью и склонностью к самовозгоранию угля [5—8].

В настоящее время подавляющее большинство шахт с крутым залеганием угольных пластов законсервировано. Существует большое количество современных высокопроизводительных очистных механизированных комплексов для отработки угольных пластов пологого залегания, что позволяет вести добычу угля без значительных потерь в недрах, при этом присутствие людей в забое, в зоне непосредственного дробления угля, исключается, и повышает безопасность работ, уменьшает риск возникновения несчастных случаев. Механизированная отработка пологих пластов подземным способом является наиболее безопасной, рациональной и экономически целесообразной по сравнению с отработкой пластов крутонаклонного и крутого залегания. Поэтому данные технологии в конце XX в. стали вытеснять некогда высокопроизводительные для своего времени системы отработки. Но не надо забывать, какую роль для экономики нашей Родины сыграл коксующейся уголь, добываемый в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса, особенно в военные годы для оборонной промышленности. Тогда щиты Чинакала совершили революцию в добыче угля из крутых пластов. Сила тяжести, бич шахтеров при обрушении выработанного пространства, стала играть решающую роль в управлении горным давлением при ведение щита по падению пласта, угол падения пласта также значительно облегчал и транспортировку угля из забоя. Все это давало преимущество перед технологиями отработки пологих пластов, не имеющих еще в то время очистных комплексов.

Мощные пласты с углом падения более 35° разрабатывались (в настоящее время разрабатываются в незначительной мере) в Кузбассе, Средней Азии, на

Урале, Дальнем Востоке, острове Сахалин, в Грузии. Крутые маломощные пласты — в Донбассе. За рубежом — в Румынии, Болгарии, Словении, Китае, Вьетнаме, Франции, Индии и других странах [5—9]. Необходимо отметить, что наиболее высокий технический уровень применяемых систем и способов разработки пластов, создаваемых и испытываемых средств комплексной механизации для этих условий был в России и концентрировался в основном в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса. Здесь была кузница кадров высококвалифицированных горных инженеров и рабочих, имеющих специфическую подготовку в организации и качественном управлении горно-механическими процессами [1, 2, 10—12]. Поэтому рассмотрим в качестве примера наиболее типичные технологии отработки крутых пластов, которые применялись в Прокопьевско-Киселевском месторождении.

Общая характеристика геологии

Тектоника Прокопьевско-Киселевского района сложная, она обусловлена серией субпараллельных взбросов с амплитудой смещения до 2000 м. Простирание сместителей крупных нарушений и осей складок идентичны простиранию угленосной толщи.

Наиболее крупные синклинальные структуры (Нулевая, I, II, III), осложненные разрывными нарушениями, прослеживаются почти по всему району.

В юго-восточной части района установлены IV, V и VI синклинали. Все складки имеют узкую форму. Углы падения крыльев изменяются от 40 до 90°, а местами опрокинуты.

Синклинальные складки разделены антиклинальными структурами: Промежуточная, II Тырганская, «В», «N».

Разрывная тектоника развита широко. Около 15 нарушений простираются на расстояние до 10 км и более. Падение сместителей наблюдается в основном на юго-запад под углом 70—80°, только сместитель взброса «М» погружается на северо-восток под углом 65—80°. Наиболее крупными являются взбросы: Тырганский, «М», «Р», Калзыгайский, Афонино-Киселевский.

Все крупные разрывные нарушения сопровождаются широкими (от 10 до 200 м) зонами дробления.

Кроме крупных дизъюнктивов, отмечаются средне-мелкоамплитудные нарушения типа согласных, реже — несогласных взбросов. Еще реже отмечаются надвиги и сбросы. Углы падения сместителей — в пределах 45—80° на юго-запад.

Угленосность неодинакова в стратиграфическом разрезе и по площади.

Острогская подсерия содержит лишь единичные маломощные невыдержанные прослои угля.

Нижнебалахонская подсерия (верхняя ее часть) включает в себя устойчивые пласты рабочей мощности: Сложный, Надсложный и Пятилетка.

Наиболее угленосная верхнебалахонская подсерия. Максимум угленосности приурочен к ишановской и нижней части кемеровской свиты. В наиболее мощных угольных пластах распространены раздувы и пережимы, особенно в крутом залегании. Иногда раздувы и пережимы сопряжены с мелкоамплитудными нарушениями.

Разновидности систем отработки

С течением времени начал возникать вопрос наращивания производственных мощностей за счет технической и инженерной рационализации. Развилось и появилось широкое разнообразие технологических схем добычи угля [1—3], таких как:

- Подэтажная гидроотбойка (ПГО) — рис. 1.
- Щитовая система разработки (ЩО) — рис. 2.

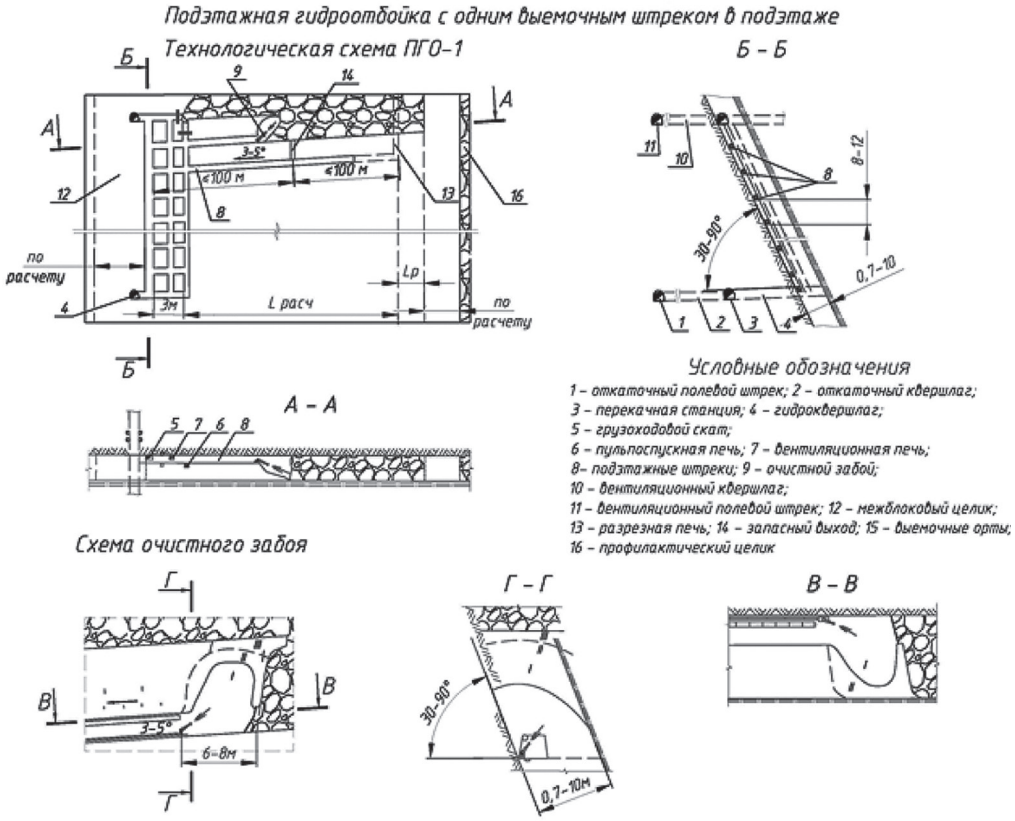

Рис. 1. Подэтажная гидроотбойка (ПГО)

Рис. 1. Подэтажная гидроотбойка (ПГО)

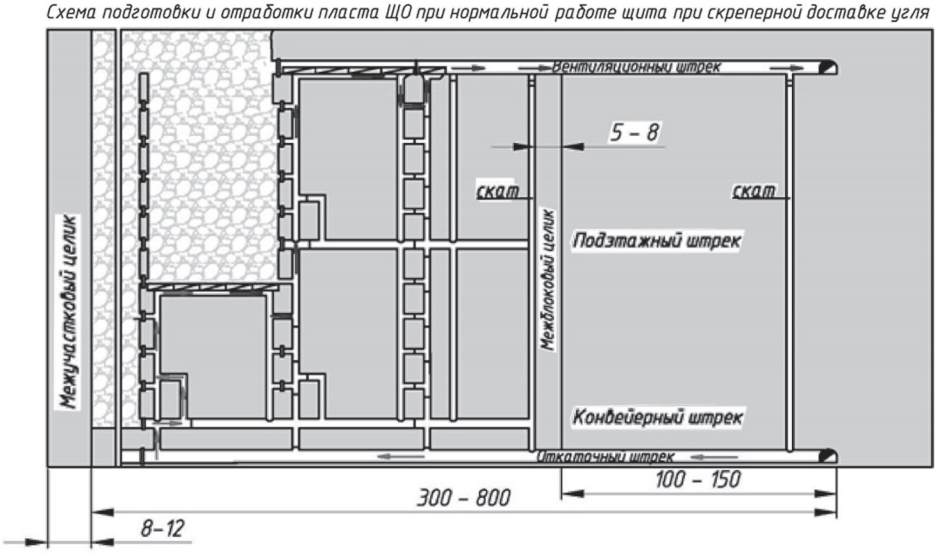

Рис. 2. Разработка пласта щитовой системой (ЩО)

Рис. 2. Разработка пласта щитовой системой (ЩО

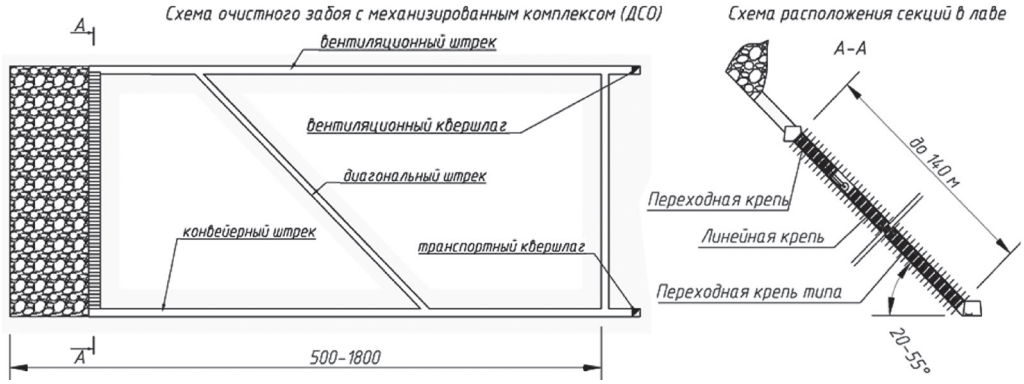

Рис. 3. Разработка пласта длинными столбами по простиранию (ДСО)

Рис. 3. Разработка пласта длинными столбами по простиранию (ДСО)

• Система отработки длинными столбами по простиранию (ДСО) — рис. 3.

• Система отработки узкими полосами по восстанию (УПВ) с использованием подвесной предохранительной крепи — рис. 4.

• Блоковое обрушение из выемочных штреков (БОШ).

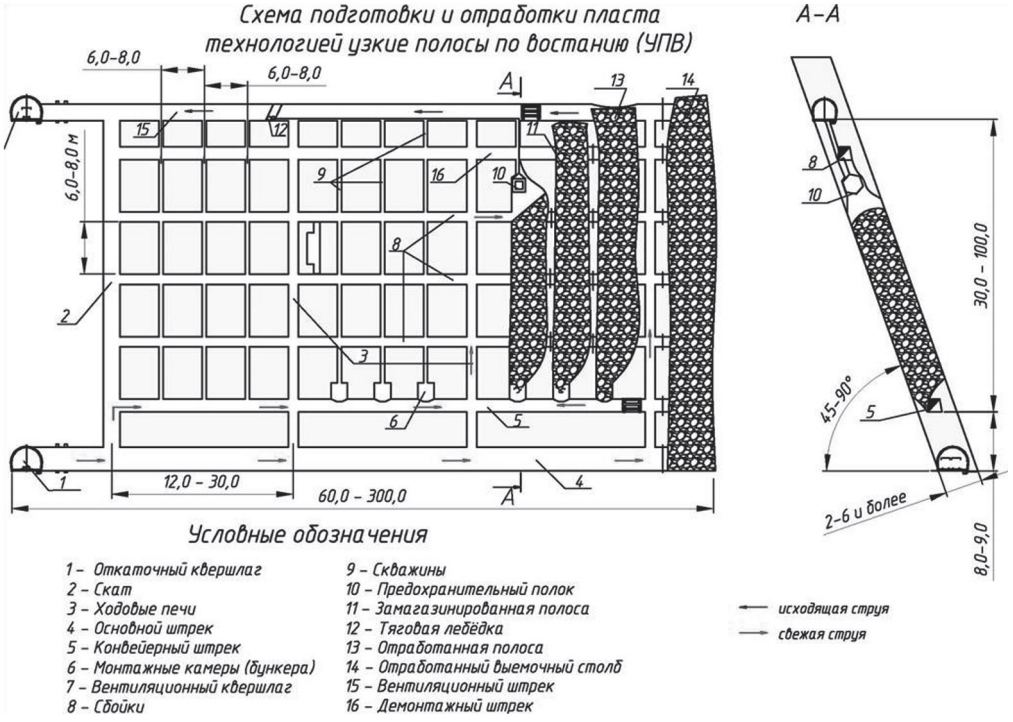

Рис. 4. Схема отработки пластов узкими полосами по восстанию (УПВ) с использованием подвесной предохранительной крепи

Рис. 4. Схема отработки пластов узкими полосами по восстанию (УПВ) с использованием подвесной предохранительной крепи

• Блоковое обрушение угля из разрезных печей (БОП).

• Камерно-столбовая система.

• Комбинированные системы с гибким перекрытием.

• Нетиповые системы разработки (ПШО, КОС, ДШО), а также многие другие разновидности и подвиды систем отработки.

Система длинных столбов

Система длинных столбов применяется при разработке пластов мощностью до 4,5 м. Длина лав устанавливается в зависимости от мощности пласта, крепости угля, устойчивости кровли и способа выемки, но не менее 30 м.

Отработка пластов производится с помощью выемочных полей длиной 400—600 м, как с помощью буровзрывных работ, так и с помощью механизированных комплексов КПК-1 и агрегатов АК-3.

Буровзрывным способом производится разработка пластов с неустойчиво и труднообрушаемой кровлей. На пластах с труднообрушаемой кровлей в выработанном пространстве через 12—20 м оставляются ленточные целики по падению шириной 3 м («ножи»).

При отработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, выемочные поля делятся на блоки длиной 150—200 м с оставлением непрорезаемых целиков шириной 6—8 м.

Щитовая система разработки

Данная система разработки была предложена Н.А. Чинакалом в конце 30-х годов и уже в начале 40-х годов получила широкое применение на шахтах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса, где с помощью данной системы производилось около 50% всей добычи. Однако применение этой системы на пластах с неустойчивым углем и в зонах геологических нарушений резко снижает ее эффективность, а также приводит к высоким эксплуатационным потерям (до 40—45%) и частой аварийности очистных забоев и углеспускных печей.

Сущность щитовой системы заключается в том, что в забое на вентиляционном горизонте монтируют специальное крепление — щит, в дальнейшем уголь вынимают все время под этим креплением, используя силу тяжести как для передвижения щита вслед за забоем, так и для доставки отбитого угля по специальным выработкам собственным весом на нижний транспортный штрек.

Щитовая система разработки применяется для отработки пластов угля мощностью от 1,2 до 10,0 м с углом падения 40—90° при углях устойчивых и средней устойчивости. В зависимости от конструкции перекрытия и угла падения пластов применяют различные варианты щитов.

Допускается применение щитовой системы и с другими видами перекрытий при меньших углах падения и не соответствующих указанным выше мощностям пластов по специальным проектам, утвержденным вышестоящей по отношению к шахте организацией. Это ограничение распространяется в том числе и на послойные щиты, а также на управляемые комбинированные гибкие перекрытия (УКГП).

Для уменьшения потерь угля по мощности до монтажа щитов должна производиться разведка щитового столба ортами или скважинами в количестве не менее трех по падению и не более чем через 30 м по простиранию пласта. По результатам разведки составляется геологический паспорт, который является основанием для выбора размера щитового перекрытия по мощности.

Во время монтажа щита или перед выполнением этих работ в щитовом столбе должна быть выполнена разведка состояния верхнего горизонта путем пробуривания скважины диаметром до 100 мм, замера температуры и набора проб рудничного воздуха в ней. При

обнаружении в скважине температуры более +30 °С и наличия окиси углерода должны приниматься меры по локализации очага самонагревания.

Комбинированная система разработки с гибким перекрытием (КГП)

Данная система разработки также получила широкое распространение на шахтах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса и применялась на пластах с углом падения от 35°. Средние показатели этой системы близки к показателям щитовой системы разработки. Однако для КПГ характерны высокий уровень эксплуатационных потерь угля и эндогенная пожароопасность.

Сущность системы заключается в том, что наклонный или крутой (35—65°) пласт мощностью более 5,0 м разделяется на два неравных наклонных слоя — верхний монтажный мощностью 1,5—1,8 м и нижний, включающий остальную толщу пласта.

Монтажный слой отрабатывается с обрушением кровли длинными столбами по простиранию без оставления целиков угля в пределах выемочного поля; по мере выемки первого слоя на почве лавы настилается гибкое перекрытие. Отработка второго слоя ведется под защитой этого перекрытия при всех типах кровли, кроме труднообрущаемых.

Допускается применение системы КГП при меньших углах падения по специальным проектам.

Нетиповые системы разработки (ПШО, КОС, ДШО)

Данные системы применяются на пластах, опасных по газу и пыли, в случаях, когда отработка пластов другими системами по техническим причинам и условиям безопасности невозможна.

Система разработки подэтажными штреками (ПШО) может применяться на пластах мощностью 3,5—10,0 м с углом падения 40—90° в сложных горно-геологических условиях:

- при доработке аварийных щитовых столбов;
- в зонах геологических нарушений с амплитудой смещения более 2—3 м, а также при диагональном размещении нарушений;
- в других случаях, когда отработка пластов типовыми системами по техническим причинам и условиям безопасности невозможна.

Запрещается применение системы ПШО в замках антиклинальных складок.

Параметры системы ПШО принимаются, исходя из конкретных горно-геологических условий, устойчивости угля и вмещающих пород:

- высота этажа должна быть не более 40 м;
- расстояние между подэтажными штреками должно быть равно 6—8 м, между промежуточным конвейерным и вышележащим подэтажными штреками — 4—5 м;
- шаг посадки кровли устанавливается опытным путем, в зависимости от устойчивости угля и вмещающих пород, а также вынимаемой высоты подэтажа принимается 8—12 м;
- ширина междукамерных целиков должна быть 2—3 м.

Система разработки камерами со скреплированием угля (КОС) может применяться на пластах мощностью 3,5—12,0 м с углом падения до 40° при углях различной крепости, когда непосредственная и основная кровли представлены труднообрушаемыми песчаниками и алевролитами мощностью более 10 м в условиях, аналогичных ПШО.

Данная система может применяться при отработке брахисинклинальных складок участков пластов с ограниченными запасами и переменными углами залегания.

Параметры системы КОС выбираются с учетом конкретных горно-геологических условий:

1. Высота подэтажа не более 40 м;

2. Расстояние между штреками в подэтаже должно быть 8 м;

3. Шаг посадки кровли устанавливается опытным путем, в зависимости от устойчивости угля и вмещающих пород принимается 10—15 м;

4. Ширина междукамерных целиков принимается 2—3 м.

Система разработки с отбойкой угля длинными скважинами (ДШО) может применяться на пластах мощностью 2—6 м с углом падения 40—90° при труднообрушаемой кровле в условиях, указанных выше. В пределах вынимаемого подэтажа пласт должен быть выдержан по углу падения. Данная система может применяться в тех случаях, когда применение щитовой системы или системы длинных столбов по простиранию из-за наличия слабой пачки угля у почвы пласта или неустойчивой почвы, а также других горно-геологических факторов, нецелесообразно или технически невозможно по условиям безопасности.

Параметры системы ДШО:

- высота подэтажа 20—40 м;
- шаг посадки 8—12 м;
- размер междукамерных целиков 2—3 м.

Заключение

На сегодняшний день, отработка пластов крутонаклонного и крутого падения подземным способом сопряжена с высокой трудозатратностью и низкой производительностью и отрицательно сказывается на безопасности производства.

На данный момент отработка пологих пластов подземным способом является наиболее безопасной, рациональной и экономически целесообразной по сравнению с отработкой пластов крутого падения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефимов В. И., Корчагина Т. В., Попов А. И., Музафаров Г. Г.* Опыт отработки крутых угольных пластов прокопьевско-киселевского месторождения // Уголь. — 2018. — № 6 (1107). — С. 12—20.

2. *Ефимов В. И., Сухарев Г. В.* Анализ отработки мощных крутых угольных пластов в городе Прокопьевске // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2013. — № 2. — С. 57—77.

3. *Мельник В. В., Ефимов В. И.* Безопасная подземная отработка сближенных мощных крутых угольных пластов // Безопасность труда в промышленности. — 2014. — № 12. — С. 22—24.

4. *Гребенкина С. С., Мельник В. В.* Прогрессивные технологии подземной отработки запасов месторождений полезных ископаемых с закладкой выработанных пространств. — Донецк: ВИК, 2013. — 749 с.

5. *Li Yang, Zhu Enguang, Zhang Kangning, Li Minghao, Wang Jiaxing, Li Chengkun* Longwall mining under gateroads and gobs of abandoned small mine. International // Journal of Mining Science and Technology. 2017. Vol. 27. pp. 359—364.

6. *Joze Kortnik* Optimization of the high safety pillars for the underground excavation of natural stone blocks // Acta geotechnica Slovenica, Vol. 6, 1 (2009), pp. 34—48.

7. *Singh Satyendra K., Agrawal Harshit, Singh Awanindra P.,* Rib stability. A way forward for safe coal extraction in India // International Journal of Mining Science and Technology. 2017. Vol. 27. pp. 1087—1091.

8. *Hosseini A., Najafi M., Shojaatlhosseini S. A., Rafiee R.* Determination of a suitable extraction equipment in mechanized longwall mining in steeply inclined coal seams using fuzzy analytical hierarchy method (Case study: Hamkar coal mine, Iran) // Journal of Mining & Environment, Vol. 8, No 3, 2017, pp. 487—499.

9. *Зубов В. П., Вьет К. К.* Практический опыт использования систем разработки мощных крутых пластов в условиях бассейна Куанг Нинь // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 2. — С. 10—14.

10. *Казанин О.И., Сидоренко А.А., Семенцов В.В.* Геомеханическое обоснование параметров разработки мощных крутых пластов системами с подэтажным обрушением и выпуском угля в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — № 4. — С. 15—21.

11. *Клишин В.И.* Инновационные технологии и способы обеспечения повышения производительности и безопасности подземной угледобычи // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № S48. — С. 52—63.

12. *Егошин В.В., Кухаренко Е.В.* Системы разработки крутопадающих пластов Кузбасса. — Кемерово: Кузбасский политехнический институт, 1991. — 80 с. ГИАБ

REFERENCES

1. Efimov V.I., Korchagina T.V., Popov A.I., Muzafarov G.G. Experience working off of steep coal seam Prokopevsko-Kiselevskiy deposit. *Ugol'*. 2018, no 6 (1107), pp. 12—20. [In Russ].

2. *Efimov V.I., Sukharev G.V.* Analysis of steep pitching coal working in Prokopyevsk. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2013, no 2, pp. 57—77. [In Russ].

3. Mel'nik V.V., Efimov V.I. Safe underground working of superimposed thick steep coal beds. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2014, no 12, pp. 22—24. [In Russ].

4. Grebenkina S.S., Mel'nik V.V. *Progressivnye tekhnologii podzemnoy otrabotki zapasov mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh s zakladkoy vyrabotannykh prostranstv* [Advanced underground mining reserves of mineral deposits to bookmark negotiated spaces], Donetsk, VIK, 2013, 749 p.

5. Li Yang, Zhu Enguang, Zhang Kangning, Li Minghao, Wang Jiaxing, Li Chengkun Longwall mining under gateroads and gobs of abandoned small mine. International. *Journal of Mining Science and Technology*. 2017. Vol. 27. pp. 359—364.

6. Joze Kortnik Optimization of the high safety pillars for the underground excavation of natural stone blocks. *Acta geotechnica Slovenica*, 2009, Vol. 6, 1, pp. 34—48.

7. Singh Satyendra K., Agrawal Harshit, Singh Awanindra P., Rib stability. A way forward for safe coal extraction in India. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017. Vol. 27. pp. 1087—1091.

8. Hosseini A., Najafi M., Shojaatlhosseini S.A., Rafiee R. Determination of a suitable extraction equipment in mechanized longwall mining in steeply inclined coal seams using fuzzy analytical hierarchy method (Case study: Hamkar coal mine, Iran). *Journal of Mining & Environment*, 2017, Vol. 8, No 3, pp. 487—499.

9. Zubov V.P., V'et K.K. Practical experience on using mining systems of thickness and sloppiness coalseams under coal-basin Quang Ninh. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 2, pp. 10—14. [In Russ].

10. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Sementsov V.V. Geomechanical parameters determination of sublevel caving mining systems for thick steep. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013, no 4, pp. 15—21. [In Russ].

11. Klishin V.I. Innovative technology and ways to ensure productivity and safety of underground coal mining. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018, no S48, pp. 52—63. [In Russ].

12. Egoshin V.V., Kukharenko E.V. *Sistemy razrabotki krutopadayushchikh plastov Kuzbassa* [Kuzbass steep pitching coal working systems], Kemerovo, Kuzbasskiy politekhnicheskiy institut, 1991, 80 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ефимов Виктор Иванович[1] — доктор технических наук,
профессор, e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru,
Абрамкин Николай Иванович[1] — доктор технических наук,
профессор, e-mail: abramkin57@mail.ru,
Стась Павел Павлович — инженер,
Тульский государственный университет, e-mail: galina_stas@mail.ru,
[1] НИТУ «МИСиС».
Для контактов: Ефимов В.И., e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.I. Efimov[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru,
N.I. Abramkin[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: msmu-prpm@yandex.ru,
P.P. Stas, Engineer, Russia, Tula, Tula State University, e-mail: galina_stas@mail.ru,
Tula State University, 300012, Tula, Russia,
[1] National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.
Corresponding author: V.I. Efimov, e-mail: v.efimov@msk.sds-ugol.ru.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ВЗРЫВЫ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ

(2018, № 12, СВ 63, 20 с.)

Тетерев Николай Александрович[1] — старший преподаватель,
Ермолаев Александр Иванович[1] — доктор технических наук, заведующий кафедрой,
Кузнецов Андрей Михайлович[1] — старший преподаватель,
[1] Уральский государственный горный университет, e-mail: fgz.bgp@m.ursmu.ru,
620144, Екатеринбург.

Приведены результаты лабораторных исследований влияния физико-химических свойств сульфидной пыли на ее взрывчатость. Эксперименты проводились в пылевзрывной камере. Установлено, что основным фактором, предопределяющим взрывчатость колчеданной пыли Сибайского месторождения является содержание серы в руде. Взрывоопасной является пыль с содержанием серы более 32%. Наибольшей взрывоопасностью обладают руды с содержанием серы 40—50%. Результаты исследований представлены в виде диаграмм зависимости интенсивности взрыва от содержания серы в руде, ее влажности, дисперсности, инертных добавок, концентрации. Рассмотрено образование ударно-воздушных волн (УВВ) в подземных выработках при ведении взрывных работ по колчеданным рудам. Показано, что при детонации зарядов ВВ в горной выработке происходит формирование двух УВВ. Первая основная образуется от взрыва зарядов ВВ, вторая от взрыва облака сульфидной пыли. На основе соотношений нелинейной акустики теоретическим решением установлена формула для определения избыточного давления на фронте результирующей УВВ с учетом взрыва сульфидной пыли, местных сопротивлений и потерь на трение воздушного потока. Приведен пример расчета безопасных расстояний по фактору УВВ при возможном взрыве сульфидной пыли в подземных выработках с одним разветвлением и двумя поворотами.

Ключевые слова: пылевые взрывы, сульфидная пыль, взрывчатость колчеданной пыли, химический анализ, содержание серы в руде, концентрация пыли.

SULPHIDE DUST EXPLOSIONS

N.A. Teterev[1], Senior Lecturer,
A.I. Ermolaev[1], Doctor of Technical Sciences, Head of Chair,
A.M. Kuznetsov[1], Senior Lecturer,
[1] Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia, e-mail: fgz.bgp@m.ursmu.ru.

The results of laboratory studies of the effect of physical and chemical properties of sulfide dust on its explosive are presented. The experiments were carried out in a dust-blasting chamber. It is established that the main factor determining the explosive content of pyrite dust of the Sibai Deposit is the sulfur content in the ore. Dust with sulfur content more than 32% is explosive. Ores with sulfur content of 40—50% are the most explosive. The results of the research are presented in the form of diagrams of the dependence of the intensity of the explosion on the sulfur content in the ore, its humidity, dispersion, inert additives, concentration. The formation of shock-air waves (UVV) in underground workings in the conduct of blasting on pyrite ores is considered. It is shown that the detonation of EXPLOSIVE charges in the mining takes place the formation of two UVV. The first main is formed from the explosion of EXPLOSIVE charges, the second from the explosion of a cloud of sulfide dust. On the basis of the relations of nonlinear acoustics, the theoretical solution established a formula for determining the excess pressure at the front of the resulting UVB, taking into account the explosion of sulfide dust, local resistances and friction losses of the air flow. The example of calculation of safe distances by the factor ICC with possible sulphide dust explosion in underground mines with more than one branch and two turns.

Key words: dust explosions sulphide dust, explosive dust, sulfide, chemical analysis, sulphur content in the ore, the concentration of dust.