



I ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.82.001

УДК 622.273.3

© В.В. Семенцов, М.С. Добровольский,
Е.В. Нифанов, М.П. Шабалин,
С.А. Прокопенко, 2018

В.В. СЕМЕНЦОВ

канд. техн. наук,
заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: v.sementsov@nc-vostnii.ru



М.С. ДОБРОВОЛЬСКИЙ

старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: m.dobrovolsky@nc-vostnii.ru



Е.В. НИФАНОВ

научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: e.nifanov@nc-vostnii.ru



М.П. ШАБАЛИН

старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: maxim_shabalin1975@mail.ru



С.А. ПРОКОПЕНКО

д-р техн. наук, проф.
старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово;
профессор НИ ТПУ, г. Томск
e-mail: sibgp@mail.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЦЕЛИКОВ УГЛЯ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЕ В РОССИЙСКИХ ШАХТАХ. ОБЗОР

В статье выполнен обзор технологических схем отработки междуканнерных целиков в шахтах Кузбасса, Нерюнгри и Тывы, применяющих каннерно-столбовую отработку пластов угля. Исследованы возможности дополнительного извлечения угля из целиков односторонними и двусторонними заходками по сквозной и тупиковой схемам. Выполнена оценка уровня извлечения угля при различных вариантах отработки целиков.

Ключевые слова: УГОЛЬНАЯ ШАХТА, ПЛАСТ, КАМЕРА, ЦЕЛИК, КОМБАЙН, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ.

Введение

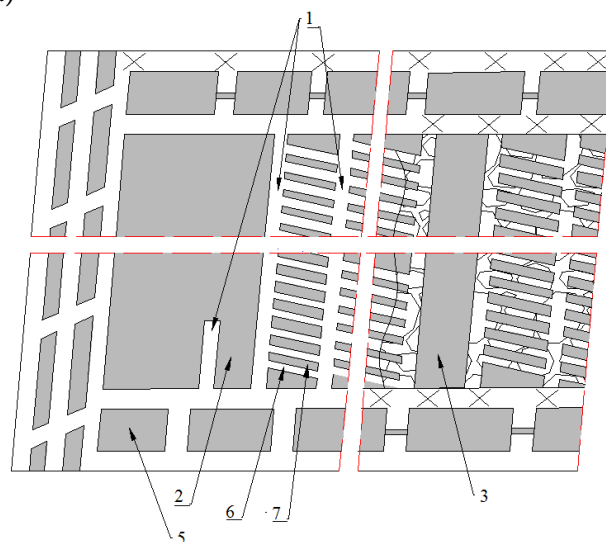
Повышение уровня эффективности и безопасности российских угольных шахт ведется в направлениях освоения новых и совершенствования применяемых технологий [1–6], расширения условий рационального природопользования [7–9], повышения уровня эффективности использования материально-технических и людских ресурсов [10–13], улучшения качества выпускаемой продукции [14–16], применения безопасных материалов, средств и оборудования в шахтах [17–19] и т. д. Одной из возможностей продления срока службы российских шахт, увеличения полноты извлечения выделенных запасов угля, а также повышения доходности предприятий является расширение области применения каннерно-столбовой отработки (КСО) угольных пластов [20]. В числе ее положительных аспектов, помимо прочих, отмечают следующие:

- низкая капиталоемкость на этапе строительства и эксплуатации шахты;
- мобильность и гибкость технологической инфраструктуры.

В связи с тем, что до 40 % запасов угля в российских шахтах размещаются в участках, неблагоприятных для традиционной системы разработки длинными столбами (недостаточная протяженность пластов, их сложная конфигурация, геологические нарушения), освоение каннерно-столбовой технологии обеспечивает повышение уровня ресурсоэффективности недропользования и сопутствующие технико-экономические эффекты [20].

Каннерно-столбовая система разработки представляет собой двухстадийный процесс выемки полезных ископаемых при проведении по пласту угля узких протяженных каннер от транспортной горной выработки к вентиляционной и последующем извлечении междуканнерных целиков короткими заходками (с оставлением между ними узких подзавальных целиков) в обратном направлении. Давление горных пород воспринимается оставляемыми целиками угля. В результате этого исключается необходимость в применении специальной крепи для управления горным давлением. Кровлю в каннерах закрепляют, как правило, анкерами, в заходках при извлечении целиков — не крепят. Элементами этой системы являются каннер длиной 60–120 м, целик-столб шириной 8–10 м и охранные (барьерные) целики (рис. 1).

а)



б)

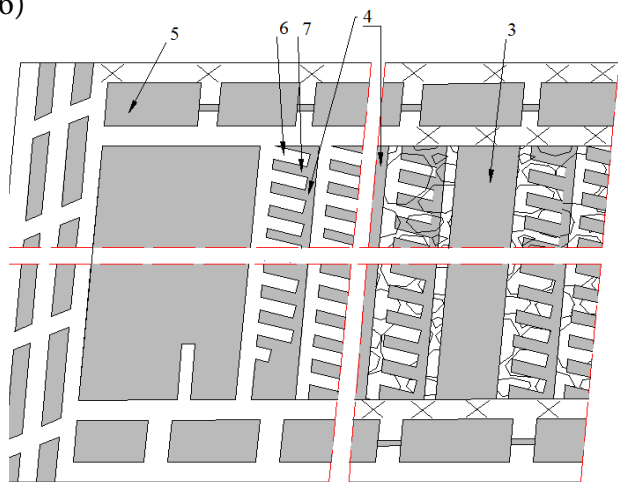


Рис. 1. Схемы отработки угольного пласта камерно-столбовой системой: а — со сквозными заходками в целиках; б — с тупиковыми заходками; 1 — камера; 2 — целик-столб; 3 — барьерный целик; 4 — остаточные междуканальные целики; 5 — охранные целики; 6 — заходка; 7 — подзавальные целики

Целик-столб в этом варианте отрабатывается заходками шириной 3,5 м, между которыми оставляются подзавальные целики шириной 1,5–4 м [20, 21]. Заходки в целиках могут быть сквозными или тупиковыми в зависимости от горно-геологических условий разработки.

КСО ранее использовалась при добыче угля в кузбасских шахтах: «Усинская», «Сибиргинская», им. В.И. Ленина, «Распадская» [21]. В настоящее время эта технология в России применяется на шахтах «Распадская-Коксовая» и им. В.И. Ленина в Кузбассе, «Денисовская» в Якутии и «Межегейуголь» в Тыве. Распространение перспективной технологии требует анализа накопленного отечественного опыта, дальнейших исследований по применению в новых условиях и повышению

ее эффективности на основе последних достижений горной науки и практики. В то же время имеются сведения о различном уровне извлечения угля при этой системе вследствие необходимости оставления целиков различного назначения, разных форм и размеров. Это определяет различную эффективность КСО и актуальность выполнения исследования технологий отработки угольных целиков при камерно-столбовой системе.

Технология отработки целиков угля в Кузбассе

В настоящее время АО «Распадская-Коксовая» ведет экспериментальную отработку системой коротких забоев пологого пласта III с углом падения 10–12°. Мощность пласта изменяется от 9,93 м до 11,85 м, составляя в среднем 10,8 м. Непосредственная кровля имеет мощность 12–15 м и представлена переслаиванием алевролитов крупно- и мелкозернистых, а также алевролитов с песчаниками. Сопротивление сжатию этих пород в среднем составляет 57 МПа, а средний объемный вес равен 2,63 т/м³. Основная кровля пласта III составляет 32–40 м, ее формируют песчаники светло-серые мелкозернистые с прослоями среднезернистого. Сопротивление сжатию песчаников составляет в среднем 76 МПа, а объемный вес — 2,62 т/м³. Кровля проводимых в этой земной толще выработок относится к I типу по обрушаемости и ко II классу по устойчивости.

Выемочную панель по пласту готовят вентиляционным и конвейерным штреками высотой 4,0 м, проводимыми у кровли (рис. 2) [22].

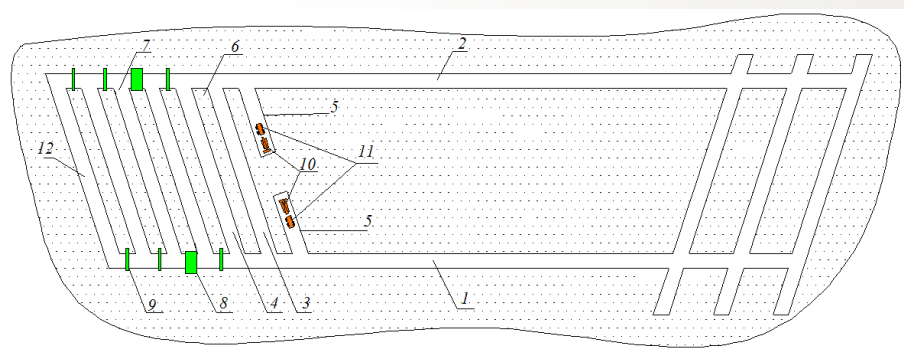


Рис. 2. Технологическая схема отработки пласта III системой коротких забоев: 1 — конвейерный штрек; 2 — вентиляционный штрек; 3 — поддерживаемая (проветриваемая) камера; 4 — выемочная камера; 5 — камера в «проходке» (подготавливаемая); 6 — внутриблоковый целик; 7 — отработанная камера; 8 — взрывоустойчивая перемычка; 9 — изолирующая перемычка; 10 — комбайн; 11 — самоходный вагон; 12 — разрезная печь

Далее со стороны конвейерного штрека в сторону вентиляционного при помощи комбайна проводят разрезную печь и параллельно ей камеры № 1 и № 2 и т. д. длиной 60–70 м с креплением кровли и боков анкерами. Проведение последующих камер осуществляют как одиночными, так и встречными забоями. Камеры располагают под углом по восстанию пласта для удобства передвижения комбайна и самоходных вагонов. Ширина выемочных камер составляет 7 м, а междукamerных целиков — 7–8 м. Через 3–6 камер оставляют барьерный целик для поддержания пород кровли [23].

После проведения нескольких первых камер по верхнему слою пласта приступают к выемке угля в камере № 1. Для этого комбайн зарубается в почву под углом 14° и нарезает второй слой, а затем и третий высотой до 3,6 м каждый (рис. 3).

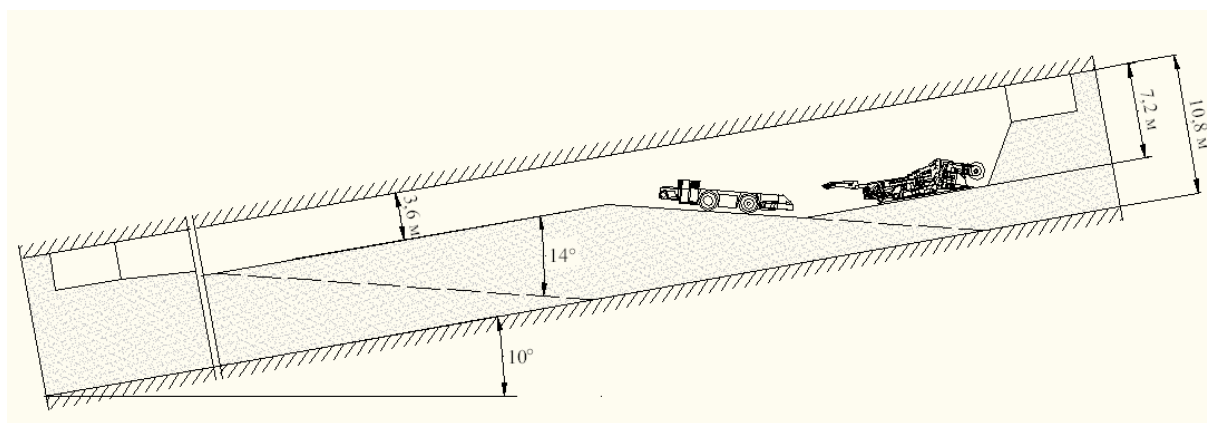


Рис. 3. Технологическая схема послойной выемки угля в камере весьма мощного пласта

В связи со сложными горно-геологическими условиями, большой мощностью пласта, его склонностью к газодинамическим явлениям и самовозгоранию угля целики в этой шахте в настоящее время не отрабатывают, они участвуют в поддержании пород непосредственной кровли выемочных камер, их изолируют от зоны горных работ и оставляют. Имеется некоторый опыт извлечения угля из целиков заходками по верхнему слою для увеличения объемов товарного угля. В целом уровень извлечения угля из выемочного участка составляет 32–40 %.

Ранее в шахте «Распадская» камерно-столбовая система применялась для отработ-

Для добычи угля используется проходческий комбайн типа «Континиус-Майнер» СМ240. Вывоз угля из камер на конвейер производят с применением самоходных вагонов «Шатл Кар» РМ2110-НС16Б-56. Следует отметить, что отрабатываемый пласт III является склонным к газодинамическим явлениям, в связи с чем добыча угля ведется при постоянном прогнозе горных ударов и внезапных выбросов, а также профилактических мероприятий по борьбе с динамическим разломом почвы [23]. При такой технологии образуются междукamerные целики-столбы длиной 60–70 м, высотой до 11 м и шириной до 8 м. Для повышения временной устойчивости на период ведения горных работ бока выемочных камер при проведении двух верхних слоев крепят сталеполимерными анкерами.

ки пласта 6-ба мощностью 4,7 м. Добычу угля осуществляли комбайном 12СМ18, а транспортирование по выработкам до конвейера самоходным вагоном 10SC32. Угол падения пласта составлял $5-9^\circ$, а его вынимаемая мощность достигала 3,7–4,5 м. Кровля выемочных камер, имевших ширину 5,5 м, закреплялась рядами анкеров АВР-20 длиной 2,2 м по 6 штук в ряду.

Выемочные камеры располагались как по восстанию пласта под углом 70° к горизонту, так и по его простиранью. Это определило две технологические схемы отработки междукamerных целиков.

Первая схема предусматривала одностороннюю отработку междукamerных целиков шириной 5 м сдвоенными заходками шириной по 3,3 м каждая, проводимыми под углом 55° к оси камеры [24].

В результате в целике формировалась заходка общей шириной 6,6 м на глубину 4–5 м (рис. 4).

Для временного поддержания кровли между камерами оставляли подзавальные целики шириной 1,5–4 м. Угол подзавального целика скашивали на 20° для удобства заезда-выезда комбайна в заходку. Длина скошенной плоскости целика составляла 3,5 м. Уровень извлечения угля при такой технологической схеме достигал 76 % от запасов участка.

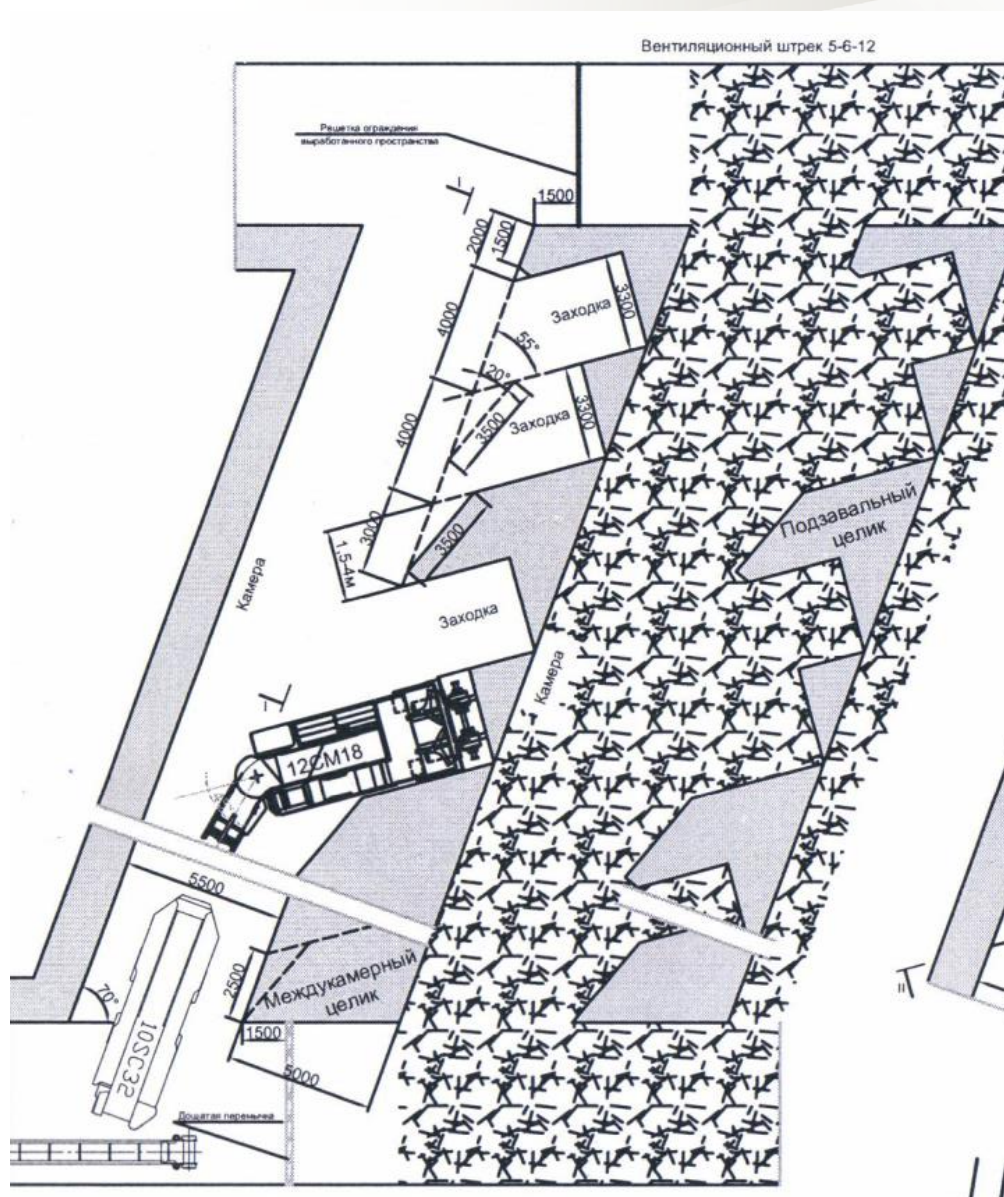


Рис. 4. Схема отработки междукamerных целиков односторонними заходками

Вторая технологическая схема была применена при отработке целиков из камер, пройденных по простиранию пласта. Камеры при этой схеме имели ширину 5,2 м, а междукamerные целики — 9,8 м [25].

Для снижения холостых пробегов и повышения производительности комбайн работал в камере по двусторонней схеме извлечения угля или схеме «елка» (рис. 5).

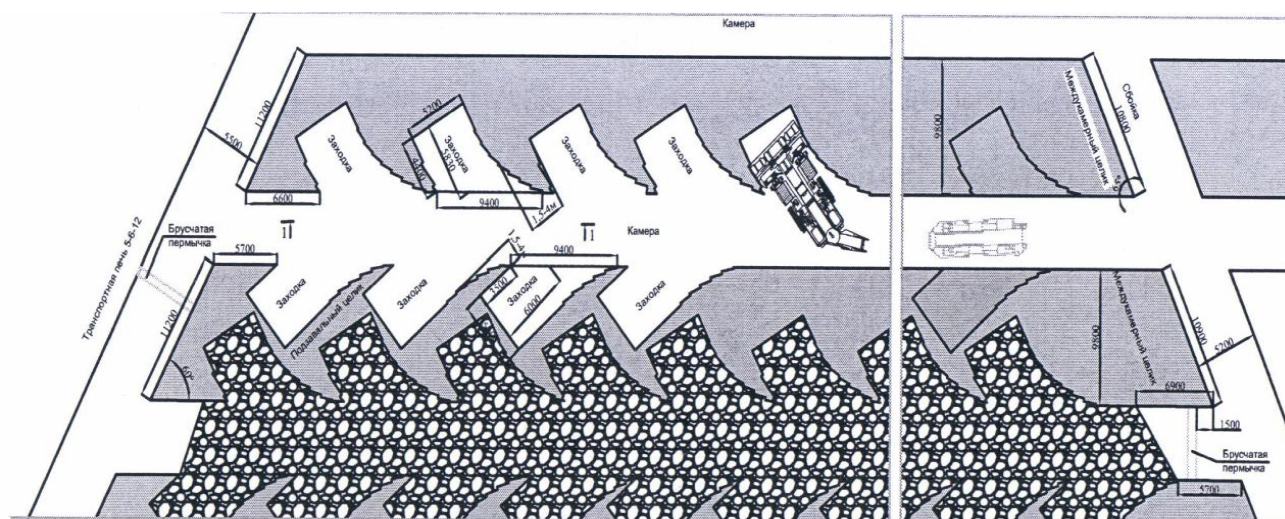


Рис. 5. Двусторонняя схема работы комбайна в камере при отработке целиков

Заходки проводили в целики на глубину 6 м, ширина заходок составляла 5,2 м. Оставляемые между заходками подзавальные целики имели ширину 1,5–4 м. Заходки проводили поочередно в прилегающие к камере целики при отступающем ходе комбайна. Вынимаемая мощность пласта в камерах достигала 4,5 м. Доля извлечения угля из пласта достигала 78 %.

Для условий полной отработки мощного пласта III в шахте им. В.И. Ленина была использована технологическая схема с доработкой целиков угля односторонними заходками по восстанию (рис. 6).

Очистные работы при этой технологии начинали с проведения комбайном 12СМ12 камеры № 1, затем камеры № 2 и т. д. Проведение камер вели от конвейерной печи к вентиляционной. Камеры проводили в 2 этапа: прямым ходом на высоту 4,6 м, при обратном ходе камеру углубляли до общей высоты 9 м [26].

Междукамерные целики при этой технологии отрабатывали в нисходящем порядке, а заходки — в восходящем. Транспорт угля из заходок по камерам до конвейерной печи обеспечивали самоходным вагоном 10SC32B-56, по конвейерной печи — скребковым конвейером СР-70 и далее ленточным конвейером 1ЛТ-1000. Первым отрабатывали междукамерный целик, подготовленный камерами № 1 и № 2. Для удобства маневриро-

вания оборудования заходки ориентировали под углом 45° к оси камеры. Ширина заходок составляла 6 м, а оставляемых подзавальных целиков — 5 м. Отработку заходок вели в два слоя поэтапно на всю мощность пласта, в чередовании с углубкой камеры. В результате оставляемые подзавальные целики обретали форму высоких (9 м) параллелограммных столбов с размерами сторон 7 и 12 м. Расчетный коэффициент извлечения угля при такой технологической схеме составлял 65 %.

С целью снижения объемов проведения подготовительных выработок с их креплением, а также для повышения производительности оборудования применялась отработка междукамерных целиков двухсторонними диагональными заходками (рис. 7).

Целик-столб шириной 20 м обратным ходом отрабатывался заходками длиной до 12 м и шириной 6 м с оставлением подзавальных целиков шириной 4 м [24]. Заходки проводили под углом 45° к оси камеры. Образующиеся при такой отработке разделенные между собой остаточные целики обретали угловую форму в виде двух крыльев шириной 4 м. Благодаря соединению заходок формировался сквозной проход между целиками. Доля извлекаемого из выемочного столба угля составляла 73 %.

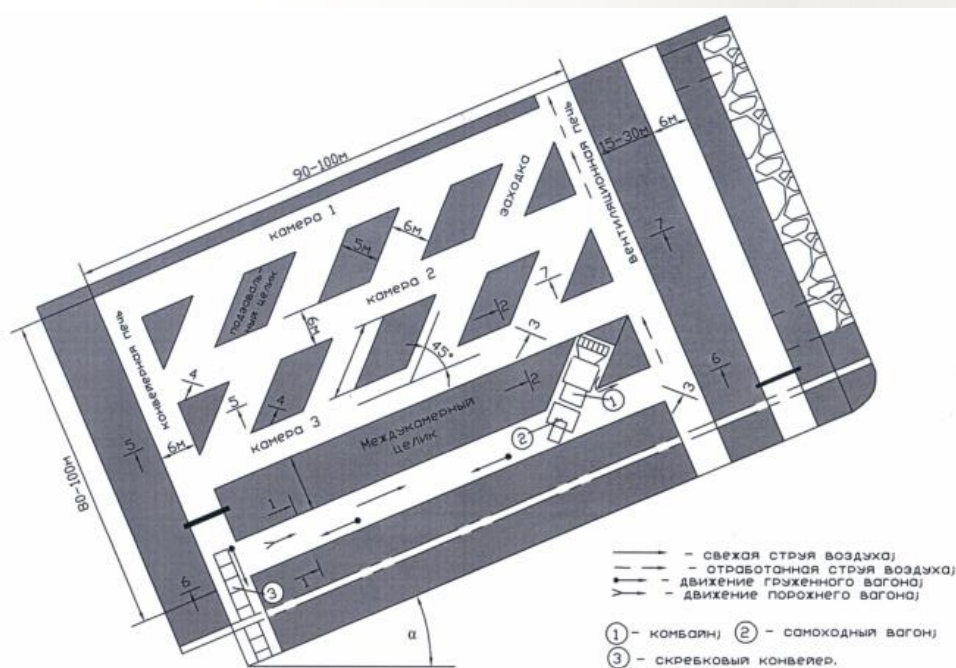


Рис. 6. Технологическая схема отработки пластов III и IV-V на полную мощность односторонними заходками по восстанию

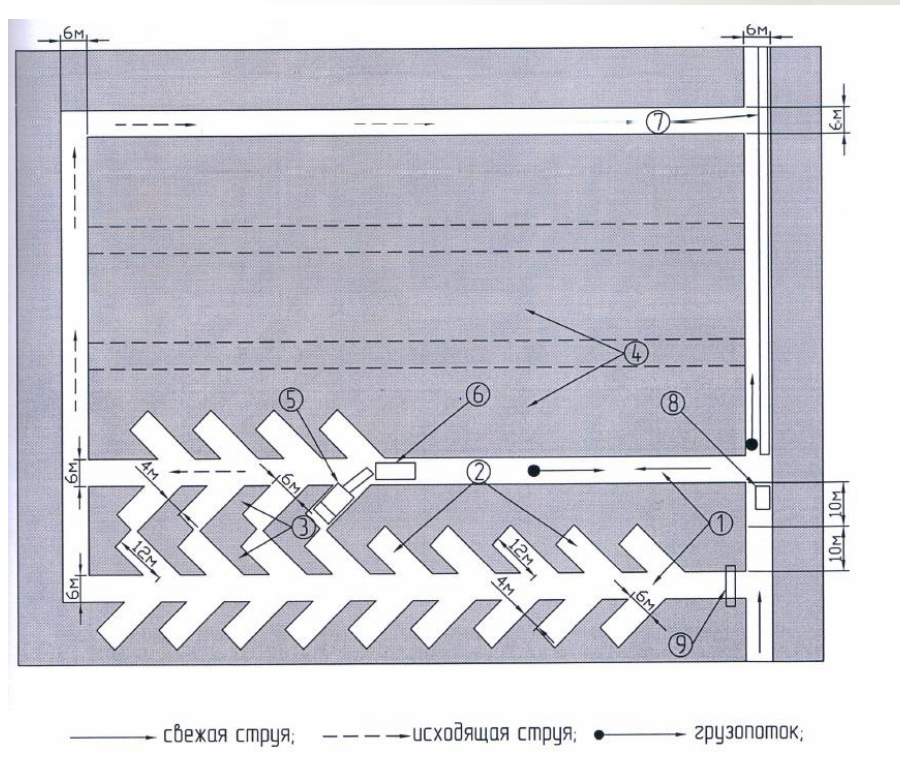


Рис. 7. Технологическая схема отработки пластов III и IV-V на полную мощность двухсторонними диагональными заходками: 1 — выемочная камера; 2 — заходки; 3 — подзавальный целик; 4 — межкамерный целик; 5 — проходческий комбайн; 6 — самоходный вагон; 7 — скребковый конвейер; 8 — самоходный анкероустановщик; 9 — изоляционная перемычка

Для снижения площади обнажения кровли и риска ее обрушения в камере применялась технологическая схема с шахматным

расположением подзавальных целиков в целике-столбе (рис. 8) [24].

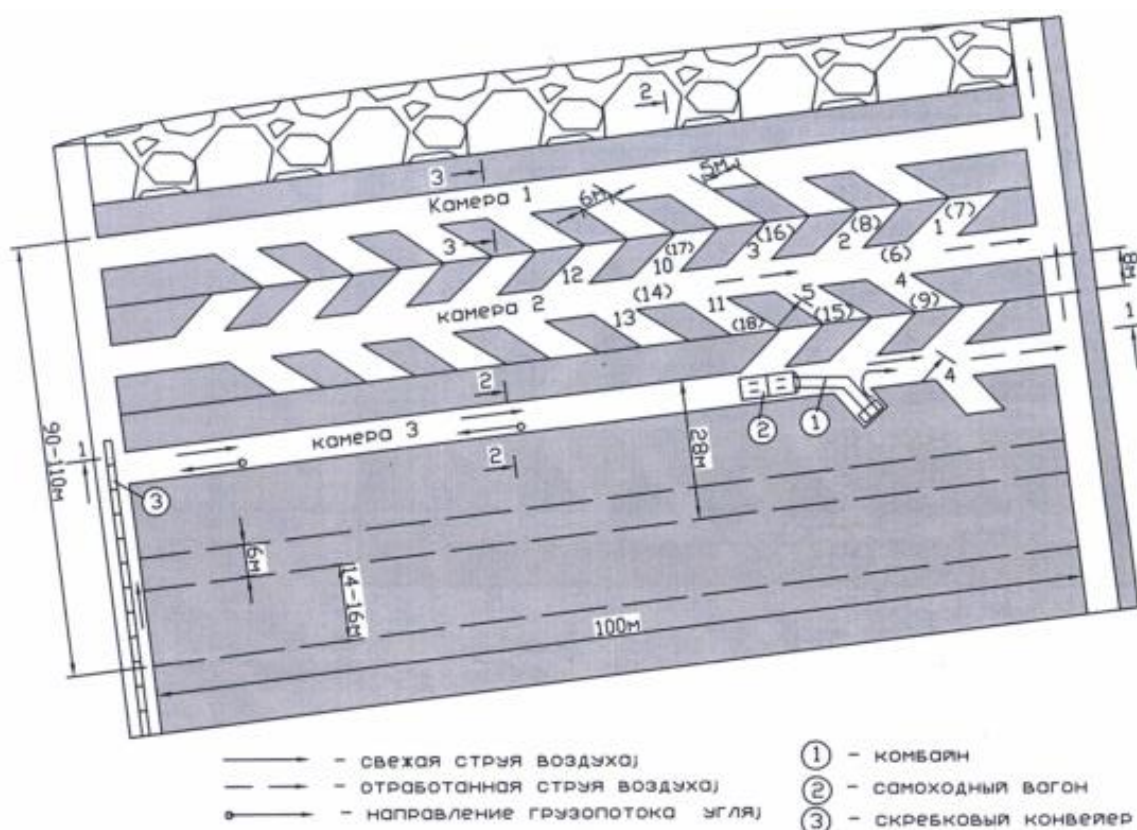


Рис. 8. Технологическая схема отработки пластов III и IV-V на полную мощность двухсторонними диагональными шахматными заходками

В этом случае целик отработывали диагональными заходками в нисходящем порядке. Заходки в целиках располагали в шахматном порядке из расчета, чтобы заходки в первом междукammerном целике были в створе с подзавальными целиками во втором междукammerном целике. Целик получался глухим без сквозных заходов и обеспечивал герметизацию выработанного пространства. Такая форма целика обеспечивала повышенную несущую способность в местах сопряжения заходов с камерой. Расчетное значение коэффициента извлечения угля этой схемы составляет 67 %.

На небольших глубинах ведения горных работ при оставлении сравнительно узких междукammerных целиков (до 8–10 м) их последующая отработка односторонними заходками приводила к образованию целиков в форме крыла (рис. 9) [24].

Полусквозные заходки шириной 6 м обеспечивали образование устойчивых целиков

высотой 10 м с наличием промежутка между ними. Ширина крыла целика составляла 4 м при его длине до 14 м. Коэффициент извлечения угля составлял 73 %.

Для отработки пласта IV-V в блоке № 1 шахты имени В.И. Ленина были использованы схемы отработки целиков односторонними и двусторонними тупиковыми заходками. Мощность пласта составляла 9,9 м, а угол его падения 10–14°. Непосредственная кровля пласта имела мощность 11 м и была представлена песчаниками средне- и крупнозернистыми с коэффициентом крепости по шкале проф. Протоdjяконова $f = 11,5$. По обрушаемости кровля была отнесена ко II типу, по устойчивости — к III классу (устойчивая). Допустимая площадь обнажения составляла 20 м², допустимое время обнажения — до 2-х часов [26]. Схема отработки односторонними заходками представлена на рис. 10.

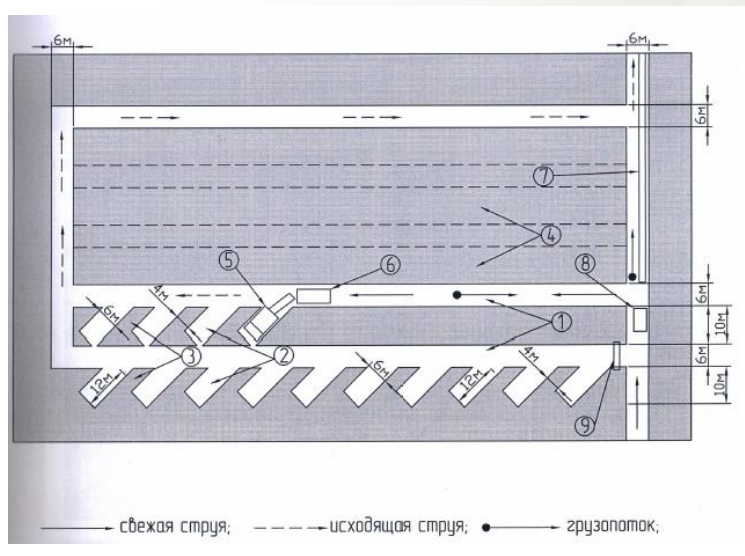


Рис. 9. Технологическая схема отработки узкого междокамерного целика односторонними полусквозными заходками: 1 — выемочная камера; 2 — заходки; 3 — подзавальный целик; 4 — междокамерный целик; 5 — проходческий комбайн; 6 — самоходный вагон; 7 — скребковый конвейер; 8 — самоходный анкероустановщик; 9 — изоляционная перемычка

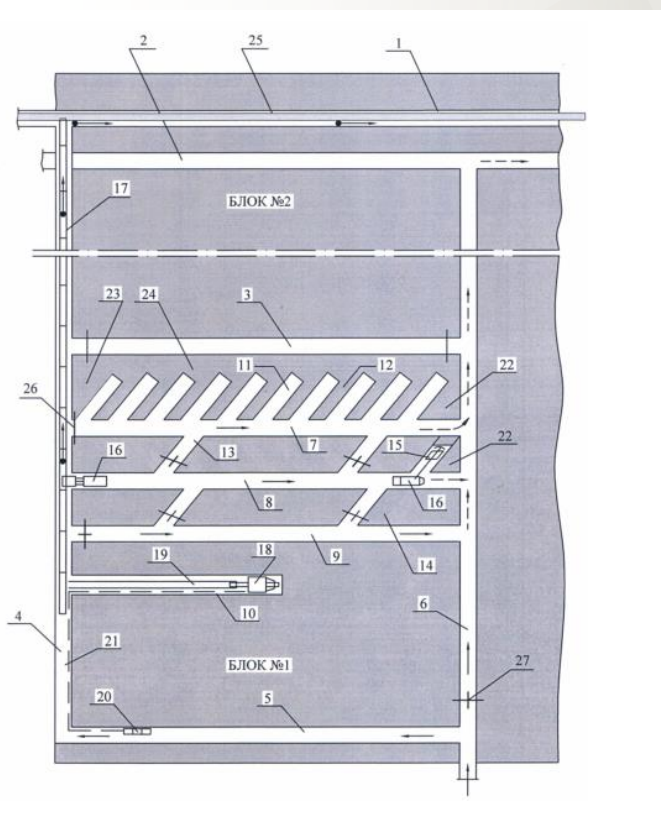


Рис. 10. Технологическая схема отработки целиков односторонними тупиковыми заходками: 1 — групповой конвейерный штрек; 2 — групповой вентиляционный штрек; 3 — вентиляционный штрек блока №2; 4 — транспортная печь; 5 — вентиляционный штрек блока №1; 6 — вентиляционная печь; 7 — рабочая камера; 8 — опережающая камера; 9, 10 — очередные выемочные камеры; 11 — заходки; 12 — подзавальный целик; 13 — сбойка рабочей камеры с опережающей камерой (второй запасной выход); 14 — междокамерный целик; 15 — комбайн; 16 — самоходный вагон; 17 — скребковый конвейер; 18 — комбайн; 19 — скребковый конвейер; 20 — вентилятор местного проветривания; 21 — вентиляционный став; 22, 23, 24 — охранные целики у выработок; 25 — ленточный конвейер; 26 — глухая изоляционная перемычка; 27 — вентиляционная регулируемая перемычка

Углубка камеры и заходок осуществлялась отступающим ходом наклонными съездами комбайна. Была предусмотрена нарезка опережающей камеры по верхнему слою пласта, которая соединена сбойками с рабочей камерой для запасного выхода из рабочей зоны и улучшения проветривания участка работ. Углубка опережающей камеры проводилась только после полной отработки первоначальной камеры. Тупиковый характер заходок

приводил к образованию целика гребневидной формы. Вследствие оставления значительных междукamerных целиков уровень извлечения угля составлял порядка 52 %.

Для повышения производительности оборудования применялась отработка междукamerных целиков комбайном из одной камеры сразу на две стороны по схеме «елка» (рис. 11).

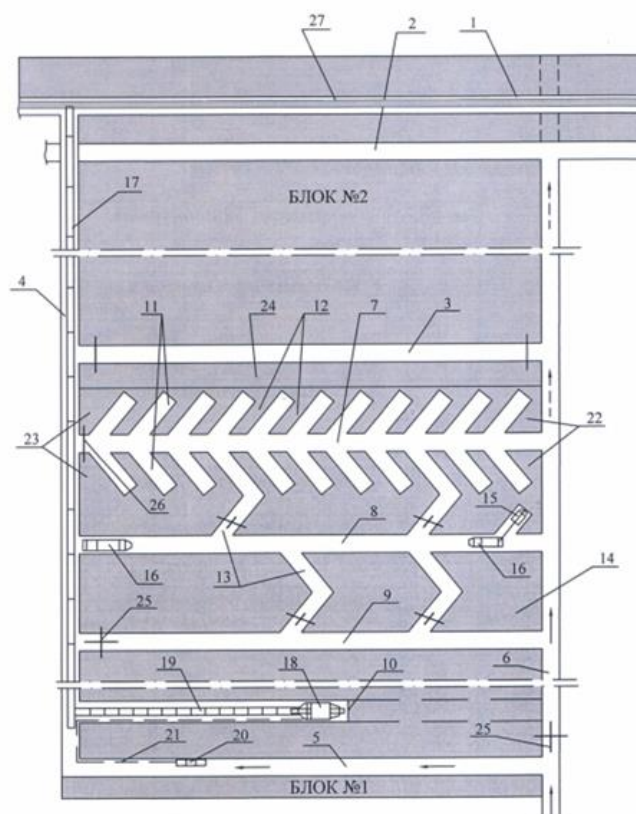


Рис. 11. Технологическая схема отработки целиков двусторонними тупиковыми заходками: 1 — групповой конвейерный штрек; 2 — групповой вентиляционный штрек; 3 — вентиляционный штрек блока № 2; 4 — транспортная печь; 5 — вентиляционный штрек блока № 1; 6 — вентиляционная печь; 7 — рабочая камера; 8 — опережающая камера; 9, 10 — очередные выемочные камеры; 11 — заходки со стороны восстания и со стороны падения; 12 — подзавальные целики; 13 — сбойка рабочей камеры с опережающей камерой (второй запасной выход); 14 — междукamerный целик; 15 — комбайн; 16 — самоходный вагон; 17 — скребковый конвейер; 18 — комбайн; 19 — скребковый конвейер; 20 — вентилятор местного проветривания; 21 — вентиляционный став; 22, 23, 24 — охранные целики у выработок; 25 — регулируемые вентиляционные перемычки; 26 — глухие изоляционные перемычки; 27 — ленточный конвейер

Ширина выемочных камер составляла 6 м, а высота — 9,8 м. Ширина междукamerных целиков составляла 20 м. Длина заходок в целик не превышала 12 м, а ширина оставляемых под завал целиков изменялась в пределах 3,5–4,0 м. Заходки проводились под углом 40–50° к оси камеры [24]. Остаточные целики обретали форму разнонаправленных греб-

ней. Коэффициент извлечения угля при такой технологии составлял 52 %.

В особо сложных горно-геологических условиях блока № 26 при необходимости сохранения земной поверхности (под реку Ольжерасс и ЛЭП) была использована схема, представленная на рис. 12.

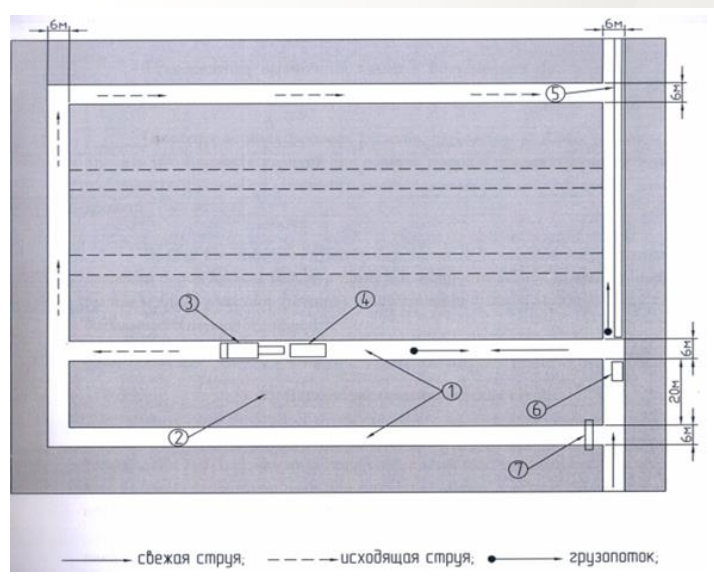


Рис. 12. Технологическая схема отработки пласта в особо сложных условиях: 1 — выемочная камера; 2 — подзавальный целик; 3 — проходческий комбайн; 4 — самоходный вагон; 5 — скребковый конвейер; 6 — самоходный анкероустановщик; 7 — изоляционная перегородка

Проведение подготовительных выработок и выемочных камер осуществлялось комбайном 12СМ12-10Д с использованием самоходного вагона 10SC-32В-56. Крепление кровли в камерах проводилось анкероустановщиком «Ramtrak 2300». Длина обрабатываемых камер составляла 160–180 м, а ширина — 6 м. Высота камеры при проходке не превышала 3,5 м, а после послойной выемки — 9,8 м. Ширина междукamerных целиков равнялась 15–20 м. Их отработка не производилась. Извлечение угля при этой технологической схеме составляло 23–30 %.

Технология отработки целиков угля в Нерюнгри

В Южно-Якутском каменноугольном бассейне активно развивается шахта «Денисовская», входящая в горно-обоганительный комплекс «Денисовский» угольной компании «Колмар». Шахта «Денисовская» — единственная в России, получившая разрешение и применяющая камерно-столбовую отработку (КСО) в том числе и на глубине более 200 м. УК «Колмар» ведет промышленную добычу в шахте тремя комплектами оборудования КСО и обеспечивает объем добычи свыше 2 млн. т в год [27].

Согласно проектным разработкам института «Сибгипрошахт» на поле шахты «Денисовская» применение камерно-столбовой системы отработки предусматривается по пласту К4. Мощность пласта составляет 2,04–4,8 м, угол его падения — 2–6°. Породы кровли и почвы представлены в основном мелко-среднезернистыми песчаниками и изредка алевролитами. В целом непосредственная и основная кровли пласта К4 сложены песчаниками разной зернистости и относятся к весьма устойчивым, труднообрушающимся и частично — к среднеустойчивым (на участках с алевролитами). Песчаники характеризуются высокой крепостью ($f = 7-13$). Мощность слоев песчаника в непосредственной почве достигает 8,5–20,5 м.

Природная газоносность пласта низкая, так как он находится в зоне газового выветривания до гор. +450 м, ниже метаносность достигает 4 м³/т. В связи с низкой газоносностью пласт не опасен по выбросам угля, газа и породы. Склонность к горным ударам прогнозируется ниже глубины 200 м. Температура пород изменяется от 1,4°С на глубине 100 м до 6,2–7,8°С на глубинах 400–500 м. Температура мерзлых пород — до –3°С.

При отработке III очереди шахтного поля камерно-столбовой системой разработки, от-

носящейся к системам разработки с короткими забоями, подготовка линии очистного забоя состоит в проведении необходимого количества подготовительных штреков, проводимых от магистрального конвейерного и путевого штреков до флангового уклона. После этого производится проходка выемочных камер. Длина выемочных камер принята 64 м, а ширина междукamerных целиков — 6,5 м. Расстояние между блоковыми целиками составляет 91,5 м, а ширина межблоковых целиков — 18 м [28].

Междукamerные целики частично погашаются, в результате чего повышается степень извлечения угля. Междукamerный целик погашается обратным ходом косыми заходками длиной 7 м и шириной 5,5 м с оставлением технологических целиков между ними шириной 1 м. Это позволяет обеспечить высокий уровень извлечения угля по выемочному блоку, достигающий 80–85 %.

Подготовительные забои оборудованы проходческими комбайнами АВМ-20 и П220. В одновременной работе находятся 2 спаренных подготовительных забоя. Один забой, оборудованный проходческим комбайном АВМ-20, ведет работы по восстановлению линии очистного забоя. Второй спаренный подготовительный забой, оборудованный двумя комбайнами П220, ведет работы по дальнейшей подготовке шахтного поля. Все выработки проходятся по углю и крепятся анкерной сталеполимерной крепью, заходки не крепятся.

Исследования устойчивости потолочин и работы междукamerных целиков, проведенные в шахтных условиях, показали, что междукamerные целики воспринимают нагрузку, создаваемую только толщей непосредственной кровли. В период выемки камеры наблюдаются деформации пород непосредственной кровли и отделение ее от основной. Однако расслоений в непосредственной кровле над междукamerными целиками не наблюдается. Это объясняется тем, что породы непосредственной кровли, отделяясь от основной, всей толщей опускаются и нагружают междукamerный целик, вызывая его деформацию.

В процессе разработки пласта целики нагружаются неравномерно. На всех этапах отработки блока камер один из целиков (первой отработанной камеры, затем второй и т. д.) испытывает давление большее, чем остальные. Нагрузка на междукamerный целик возрастает с увеличением числа отработанных камер.

Проектная технологическая схема является стандартной схемой непрерывной комбайновой выемки камерно-столбовой системой разработки. Последовательность операций выглядит следующим образом: комбайн производит выемку на расстоянии до 10 м от последнего ряда анкерной крепи. Затем перемещается в соседний штрек для проведения нового цикла выемки. Машина для установки анкерной крепи заезжает в штрек, цикл выемки в котором завершен, устанавливая анкеры по всей длине выработки. Этим обеспечивается независимость работы комбайна и анкер-установщика. Оператор управляет машиной дистанционно при помощи ручного пульта управления, что позволяет ему постоянно находиться в безопасном месте позади машины под укрепленной кровлей. Последовательность выемки при данной технологии планируется таким образом, что обеспечивается минимум затрат времени на маневровые и вспомогательные работы, включающие укладку кабеля и изменение маршрута вентиляции.

В проекте предусмотрена и другая технологическая схема отработки пласта с проведением камер шириной 6 м и оставлением квадратных междукamerных целиков-столбов угля для поддержания пород кровли [9]. Столбы угля отрабатывают обратным ходом односторонними заходками из камер.

Параметры этой технологии следующие:

размеры междукamerных целиков	25x25 м
ширина выемочной камеры	6,0 м
длина вынимаемых косых заходов	около 10 м
ширина косых заходов	3,4–4,5 м
ширина погашаемого междукamerного целика	9,5 м
ширина промежуточного подзавального целика ромбической формы	2,0 м
ширина трапециевидальной формы верхнего подзавального целика	2,0 и 6,0 м
ширина треугольной формы нижнего подзавального целика	4,0 м

Выемку угля при подготовительных и очистных работах для камерно-столбовой системы осуществляют комбайном непрерывного действия Континьюс Майнер DBT 25M3. Общая длина комбайна — 10,8 м, вес — 62 т, ширина режущего барабана — 3,7 м, мощность на барабане — 2150 кВт. Техническая производительность машины составляет 14–31 т/мин. Комбайн имеет дистанционное управление, обеспечивающее повышенную безопасность работы операторов. На транспортировке угля используют два самоходных вагона FBR-15 фирмы DBT. Крепление кровли осуществляет анкероустановщик CHDDR фирмы FLETCHER. Коэффициент извлечения угля при этой схеме составляет порядка 80 %.

Технология отработки целиков угля в республике Тыва

В Республике Тыва в настоящее время угольная компания «Межегейуголь» недалеко от города Кызыл эксплуатирует шахту на от-

работке пласта № 2 коксующегося угля марки Ж с запасами 200 млн. т. Исходя из горно-геологических, горнотехнических и экономических условий принята камерно-столбовая система разработки пласта, залегающего под углом падения 4–10°. В настоящее время горные работы ведутся на глубине 60–80 м, которая по проектным разработкам увеличится до 300–450 м. Вынимаемая мощность пласта составляет 3,4 м.

Вскрытие пласта на участке КСО-1 осуществлено тремя наклонными стволами: вентиляционным, конвейерным и транспортным. Подготовка выемочного столба первого участка выполнена транспортным, конвейерным и вентиляционным штреками, имеющими ширину 6 м и высоту 3,4 м. Размеры столба по простиранию пласта составляют 1100 м, а по падению — 230 м. Добычу угля вели из промежуточных печей шириной 7 м и высотой 3,4 м, нарезаемых по направлению от конвейерного к транспортному штреку по восстанию пласта (рис. 13).



Рис. 13. Схема отработки запасов угля на участке КСО-1

Подготовка к отработке запасов производилась тремя бригадами, каждая из которых вела проходку одновременно в двух выработках. В то время как в выемочной камере № 1 комбайн рубил уголь, в выемочной камере № 2 проходчики производили крепление горной выработки. Таким образом, при работе спаренными забоями простой техни-

ки исключался, обеспечивая высокую производительность труда горняков. В сутки три бригады суммарно выдавали на-гора до 2 тыс. тонн угля. Ежемесячная добыча составляла порядка 60 тыс. тонн коксующегося угля ценной марки [29].

Всего в блоке предусматривалась проходка 27 печей длиной 200 м через 30 м. Выемку

угля осуществляли проходческими комбайнами типа *Continuous miner* фирмы *Caterpillar* в количестве 3 штук. На перевозке угля к бункерам-перегрузателям применяли шесть самоходных вагонов фирмы *Phillips*. Крепление кровли вели с использованием трех анкероустановочных машин *Fletcher*. Для поддержания выработок использовали кровельные анкеры длиной 2,4 м с шагом установки 1,5 м и бортовые анкеры длиной 1,2 м с шагом установки 2,0 м. Для снижения простоев оборудования применяли технологию поочередной работы комбайна и анкероустановщика в двух параллельных выработках.

По завершении проходки печей на всю длину выемочного столба параллельно штрекам в очередности снизу вверх через каждые 12 м, начиная от конвейерного штрека, проводили выемочные камеры. Технология проведения и параметры камер соответствовали порядку отработки и размерам печей. Общее количество выемочных камер в первом столбе составляло 13 штук. Такое проведение выработок приводило к фрагментации единого выемочного столба пласта на отдельные целики-столбы длиной 30 м и шириной 12 м. По центру выемочного столба по всей его длине оставляли барьерный целик из столбов с размерами 30х30 м, такие же барьерные целики в количестве 4 штук формировали по падению пласта через каждые 150 м проходки. Этим завершался первый этап отработки выемочного столба — этап добычи угля из проходческих выработок.

На втором этапе приступали к отработке целиков-столбов, образовавшихся между печами и камерами. Целики отрабатывали в отступающем порядке с фланга столба к вскрывающим стволам. Добычу угля из целика вели заходками, нарезая их последовательно сначала с одной стороны массива, а затем с другой. На рис. 14 показаны начальный и завершающий этапы отработки целика [29].

Ширина заходок составляла 6 м. Для удобства маневрирования горного оборудования заходки проводили под углом 40–50° к продольной оси целика на половину его ширины. С целью поддержания кровли между заходка-

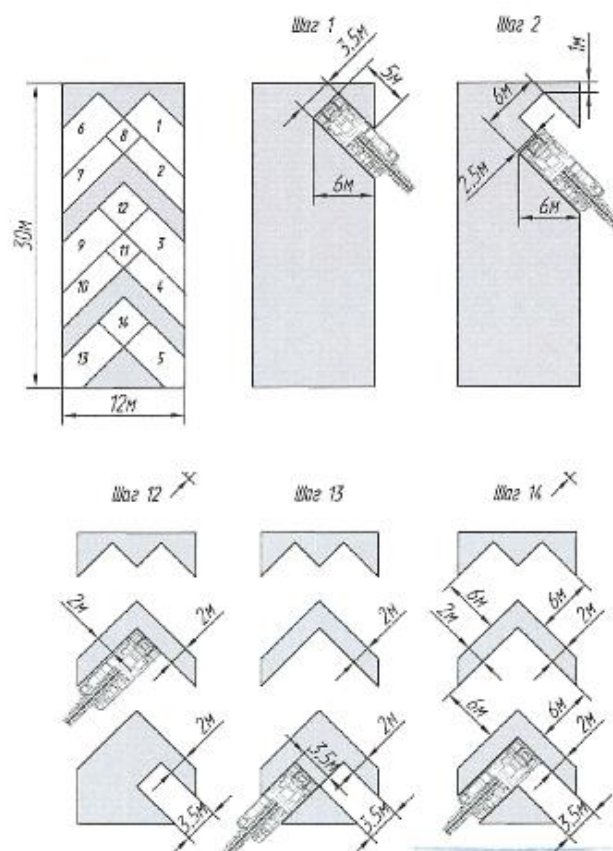


Рис. 14. Последовательность отработки междукammerного целика

ми оставляли целики шириной 2 м. Дистанционное управление комбайном позволяло машинисту находиться вне опасной зоны в закреплённом пространстве камеры. Остаточные (подзавальные) целики представляли собой двукрылые массивы с длиной крыла 8,5 м и шириной 2 м.

Отработанные участки пласта последовательно изолировали от рабочего пространства взрывоустойчивыми перемычками. С целью снижения вероятности самовозгорания остатков угля в выработанное пространство приходилось подавать азот, ингибирующий процесс самонагрева массива.

Извлечение угля из целиков приводило к накоплению напряжений в них и впоследствии к неконтролируемому обрушению налегающей породной толщи. В целом применяемая в шахте технология КСО характеризуется коэффициентом извлечения угля на уровне 60–70 %, при этом значительная часть угля теряется безвозвратно в подзавальных целиках.

В настоящее время участок КСО-1 отработан, а горные работы переместились вниз по падению пласта на участки КСО-2 и КСО-3.

Заключение

Камерно-столбовая отработка пологих и наклонных пластов угля в российских шахтах применяется на участках, непригодных по условиям для разработки системой длинных столбов. Применение КСО повышает уровень эффективности недропользования, ускоряет ввод в эксплуатацию шахтоучастков, снижает капиталоемкость добычного производства.

Наибольшим опытом использования КСО в России обладают шахты Кузнецкого каменноугольного бассейна. За последние двадцать лет в Кузбассе были наработаны и применены более десяти технологических схем КСО с модификациями. На параметры этой технологии (ширина и длина выемочных камер и междуканальных целиков) наибольшее влияние оказывают мощность, структура и прочность пластов угля и налегающей породной толщи; склонность угля к газодинамическим явлениям; конструктивные параметры применяемого оборудования.

Основные различия технологических схем КСО проявляются на этапе отработки междуканальных целиков. Схемы с оставлением этих целиков без разработки используются при ведении горных работ под охраняемыми объ-

ектами или по пластам большой мощности. В этих условиях вынужденные потери угля достигают 60–75 %. Уменьшить потери угля позволяют технологические схемы с отработкой целиков отступающим от границ участков ходом и обрушением кровли.

Отработка целиков односторонними сквозными заходками с оставлением подзавальных целиков небольшой ширины (до 3–4 м) позволяет повысить уровень извлечения угля до 65–76 %. Однако на пластах, склонных к самовозгоранию, вынужденно применяют тупиковые заходки, что снижает коэффициент извлечения до 50–55 %, но уменьшает вероятность попадания воздуха в выработанное пространство и эндогенного пожара в нем.

Отработка целиков двусторонними заходками (схема «елка») уменьшает объемы маневровых работ в выработках и повышает производительность угледобычи. Коэффициент извлечения угля у таких схем отработки достигает 73–78 %.

В более простых, чем в Кузбассе, горно-геологических условиях (Тыва, Нерюнгри) КСО ведется с оставлением под завал узких целиков угля шириной 1–2 м. Пласты отрабатывают на полную мощность за один проход комбайна при меньших затратах на крепление кровли. Уровень извлечения угля составляет 60–85 %. Указанные обстоятельства обеспечивают эффективную разработку пластов с ежегодным наращиванием объемов угледобычи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Клебанов Д.А., Макеев М.А. Научно-технические вопросы изменения организации управления открытыми горными работами с применением роботизированной карьерной техники // Горная промышленность. 2017. № 5. С. 27–31.
2. Воскобойник М.П., Рожков А.А. Ретроспективная и прогнозная оценки эффективности технологического развития угольной промышленности России // Уголь. 2018. № 2. С. 48–54.
3. Прокопенко С.А., Лудзиш В.С., Курзина И.А., Сушко А.В. Результаты промышленных испытаний шахтных резцов многоразового применения // Горный журнал. 2015. № 5. С. 67–71. DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.05.14>.
4. Prokopenko S.A., Sushko A.V., Kurzina I.A. New design of cutters for coal mining machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 91. Article number 012058. P. 1–8. DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012058.
5. Кизилов С.А., Никитенко М.С., Неоджи Б., Николаев П.И., Кузнецов И.С. Автоматизация управления технологическими процессами при отработке мощных пластов // Горная промышленность. 2017. № 6. С. 76–79.

6. Прокопенко С.А., Лудзиш В.С. Применение инновационных комбайновых резцов в шахтах // Горная промышленность. 2012. № 1. С. 56–60.
7. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Природоподобные горные технологии — перспектива разрешения глобальных противоречий при освоении минеральных ресурсов литосферы // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 7. С. 655–662.
8. Харионовский А.А., Франк Е.Я. Обоснование горнотехнической рекультивации по созданию культурного ландшафта в карьере по разработке глиежей // Уголь. 2018. № 2. С. 100–102.
9. Ермолаев С.В., Ярыгина А.А. Опыт расчистки шламонакопителя с применением технологии обезвоживания в геотекстильных контейнерах Геотуба // Уголь. 2016. № 4. С. 29–30.
10. Михальченко В.В. Реинжиниринг производственных систем угледобычи на принципах «бережливого производства» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 5 (116). С. 154–167.
11. Прокопенко С.А., Лудзиш В.С., Соболев В.В. Использование энергетического потенциала преобразования литосферного пространства при подземной угледобыче // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 1. С. 75–79.
12. Макаров А.М. Подходы к повышению качества связи «работа — результат — оплата» // Уголь. 2015. № 4. С. 51–53.
13. Прокопенко С.А., Лудзиш В.С. Проблемы инновационного курса развития горнодобывающих предприятий России // Горный журнал. 2014. № 1. С. 47–49.
14. Галушко Ф.И., Комягин А.О., Мусатова И.Н. Управление качеством взрывной подготовки горной массы на основе оптимизации параметров БВР // Горная промышленность. 2017. № 5. С. 65–69.
15. Антипенко Л.А. К вопросу о современных технологиях переработки и обогащения угля // Уголь. 2015. № 12. С. 68–71.
16. Саркисов Г.Р. Способ и устройство сухого обогащения угольных штыбков // Уголь. 2015. № 2. С. 52–55.
17. Ким М.Л., Родичев А.С., Певзнер Л.Д., Платонов А.К. О возможности использования мобильных робототехнических летательных аппаратов при выполнении оперативного плана ликвидации аварии на шахтах // Уголь. 2018. № 1. С. 34–39.
18. Уварова В.А., Баскаков В.П., Прокопенко С.А. Система контроля пожарной и токсической безопасности полимерных материалов на горных предприятиях // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 3. С. 45–50.
19. Баскаков В.П., Игишев В.Г., Семенцов В.В., Добровольский М.С. Изоляция отработанных камер при выемке угля системой коротких забоев // Уголь. 2016. № 4. С. 44–47.
20. Яковлев Д.В., Баскаков В.П., Розенбаум М.А., Калинин С.И. К вопросу отработки удаороопасных угольных пластов короткими забоями // Уголь. 2015. № 7. С. 13–16.
21. Баскаков В.П., Розенбаум М.А., Калинин С.И., Семенцов В.В., Добровольский М.С. Отработка мощных угольных пластов, опасных по газодинамическим явлениям, системой коротких забоев // Уголь. 2015. № 11. С. 17–20.
22. Семенцов В.В., Добровольский М.С., Нифанов Е.В., Шабалин М.П. Применение системы коротких забоев при отработке угольных пластов, склонных к динамическим явлениям // Вестник ВостНИИ. 2017. № 2. С. 27–31.
23. Методика и программа исследовательских (опытно-промышленных) испытаний системы отработки угольных пластов короткими забоями (КСО) в условиях пласта III на поле шахты № 2 Ольжерасского каменноугольного месторождения, ЗАО «Распадская-Коксовая». Междуреченск, 2015. 86 с.
24. Анализ удаороопасности и рекомендации по ее снижению. Определение оптимальных

размеров междуканальных целиков: отчет о НИР / Рук. С.И. Калинин. Прокопьевск, 2015. 214 с.

25. Разработка технологических схем и рекомендаций для отработки запасов пласта 6-ба ОАО «Распадская» камерно-столбовой системой: отчет о НИР. Прокопьевск, 2006. 25 с.

26. Испытать технологию отработки верхнего слоя пласта III в условиях шахты им. В.И. Ленина камерно-столбовой системой с использованием импортного оборудования фирмы «Джой»: отчет о НИР. Прокопьевск, 2006. 51 с.

27. ГОК «Денисовский». URL: <http://www.kolmar.ru/activity/production/enterprises/gok-denisovskiy/> (дата обращения: 11.10.2018).

28. Корректировка горно-технологической части проекта строительства ГОК «Денисовская» / Сибгипрошахт. 2011.

29. На шахте ЕВРАЗа в Тыве начали применять технологию камерно-столбовой отработки пласта. URL: <http://www.miningexpo.ru/news/30938> (дата обращения: 11.10.2018).

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.82.001

UDC 622.273.3

© V.V. Sementsov, M.S. Dobrovolskiy, E.V. Nifanov, M.P. Shabalin, S.A. Prokopenko, 2018

V.V. SEMENTSOV

Candidate of Engineering Sciences, Laboratory Head

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: v.sementsov@nc-vostnii.ru

M.S. DOBROVOLSKIY

Senior Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: m.dobrovolsky@nc-vostnii.ru

E.V. NIFANOV

Laboratory Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: e.nifanov@nc-vostnii.ru

M.P. SHABALIN

Senior Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: maxim_shabalin1975@mail.ru

S.A. PROKOPENKO

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

Senior Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

NI TPU, Tomsk

e-mail: sibgp@mail.ru

INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGIES FOR COAL PILLAR EXTRACTION DURING ROOM-AND-PILLAR MINING IN RUSSIAN MINES. REVIEW

The article is devoted to the technological schemes review of chamber pillars extraction in the mines of Kuzbass, Neryungri and Tyva, which use room-and-pillar mining of coal seams. The possibilities of additional coal extraction from pillars by one-sided and two-sided entry through end-to-end and dead-end schemes are investigated. The assessment of coal extraction level with the different variants of pillar extraction is done.

Keywords: COAL MINE, CHAMBER, PILLAR, SHEARER, FLOW-CHART, EXTRACTION RATIO.

REFERENCES

1. Trubetskoy K.N., Rylnikova M.V., Klebanov D.A., Makeev M.A. Scientific and technical aspects of the updating of management arrangements in surface mining in case of robotized open-pit machinery application. *Gornaya promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2017. № 5. pp. 27–31. (In Russ.).
2. Voskoboinik M.P., Rozhkov A.A. Russian coal industry technological development efficiency historical and predictive analysis. *Ugol' = Ugol' (Russian coal journal)*. 2018. № 2. pp. 48–54. (In Russ.).
3. Prokopenko S.A., Ludzish V.S., Kurzina I.A., Sushko A.V. Results of industry testing of multiple use rock-cutting picks. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2015. № 5. pp. 67–71. DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.05.14>. (In Russ.).
4. Prokopenko S.A., Sushko A.V., Kurzina I.A. New design of cutters for coal mining machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 91. Article number 012058. pp. 1–8. DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012058.
5. Kizilov S.A., Nikitenko M.S., Neodzhzy B., Nikolaev P.I., Kuznetsov I.S. Automation of process control in thick seam mining with top coal caving. *Gornaya promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2017. № 6. pp. 76–79. (In Russ.).
6. Prokopenko S.A., Ludzish V.S. The use of innovative rock-cutting picks in mines. *Gornaya promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2012. № 1. pp. 56–60. (In Russ.).
7. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. Nature-friendly mining technologies as a condition of the global contradictions in the development of mineral resources of the lithosphere resolution. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017. Vol. 87. № 7. pp. 655–662. (In Russ.).
8. Kharionovsky A.A., Frank E.Ya. Substantiation of mining-engineering reclamation for burnt clay mines cultivated landscaping. *Ugol' = Ugol' (Russian coal journal)*. 2018. № 2. pp. 100–102. (In Russ.).
9. Ermolaev S.V., Yarygina A.A. Sludge collectors cleaning using Geotube® textile containers dewatering technology. *Ugol' = Ugol' (Russian coal journal)*. 2016. № 4. pp. 29–30. (In Russ.).
10. Mikhilchenko V.V. Reengineering of production systems of coal mining on the principles of «lean production». *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2016. № 5. pp. 154–166. (In Russ.).
11. Prokopenko S.A., Ludzish V.S., Sobolev V.V. The use of an energy potential conversion of lithospheric space at mining. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti = Industrial Safety*. 2014. № 1. pp. 75–79. (In Russ.).
12. Makarov A.M. Approaches to Improve the Communication Quality of «Labour – Result – Payment». *Ugol' = Ugol' (Russian coal journal)*. 2015. № 4. pp. 51–53. (In Russ.).
13. Prokopenko S.A., Ludzish V.S. Problems of the innovation course of Russian mining enterprises development. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2014. № 1. pp. 47–49. (In Russ.).
14. Galushko F.I., Komyagin A.O., Musatova I.N. Quality control of blasted rock based on the

drilling and blasting parameters optimization. *Gornaya promyshlennost* = Mining Industry Journal. 2017. № 5. pp. 65–69. (In Russ.).

15. Antipenko L.A. On the issue of advanced coal processing and beneficiation technologies. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). № 12. pp. 68–71. (In Russ.).

16. Sarkisov G.R. Method and apparatus of coal slacks dry separation. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). 2015. № 2. pp. 52–55. (In Russ.).

17. Kim M.L., Rodichev A.S., Pevzner L.D., Platonov A.K. Possibility of using robotic flying systems for solving accident liquidation operating plan in the mine. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). 2018. № 1. pp. 34–39. (In Russ.).

18. Uvarova V.A., Baskakov V.P., Prokopenko S.A. The monitoring system of fire and toxic safety of polymeric materials at the mining enterprises. *Bezopasnost truda v promyshlennosti* = Occupational Safety in Industry. 2015. № 3. pp. 45–50. (In Russ.).

19. Baskakov V.P., Igishev V.G., Sementsov V.V., Dobrovolskiy M.S. Insulation used chamber at coal mining system of short working faces. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). 2016. № 4. pp. 44–47. (In Russ.).

20. Yakovlev D.V., Baskakov V.P., Rozembaum M.A., Kalinin S.I. On shortwall mining of bump hazardous coal beds. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). 2015. № 7. pp. 13–16. (In Russ.).

21. Baskakov V.P., Rosenbaum M.A., Kalinin S.I., Sementsov V.V., Dobrovolskiy M.S. Thick seam mining unsafe gas-dynamic, system short working faces. *Ugol' = Ugol'* (Russian coal journal). 2015. № 11. pp. 17–20. (In Russ.).

22. Sementsov V.V., Dobrovolskiy M.S., Nifanov E.V., Shabalin M.P. Application of the shortwall face system when developing coal seams prone to dynamic phenomena. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti* = Bulletin of Scientific Centre VostNII for Industrial and Environmental Safety. 2017. № 2. pp. 27–31. (In Russ.).

23. Metodika i programma issledovatel'skikh (opytно-promyshlennykh) ispytaniy sistemy otrabotki ugol'nykh plastov korotkimi zaboyami (KSO), v usloviyakh plasta III, pole shakhty № 2, Olzherasskogo kamennougol'nogo mestorozhdeniya, ZAO «Raspad'skaya-Koksovaya» (The methodology and research program (experimental - industrial) system test mining of coal seams with short working faces (CSR) in a square. III, the field of mine № 2, Olzherasskaya coalfield, ZAO «Raspad'skaya-Koksovaya»). Mezhdurechensk, 2015. 86 p.

24. Analiz udaroopasnosti i rekomendatsii po ee snizheniyu. Opredelenie optimal'nykh razmerov mezhdukamernykh tselikov: otchet o NIR. Ruk. S.I. Kalinin (Rock-bump hazard analysis and recommendations for its reduction. Determination of the optimal dimensions of inter-chamber pillars: research report. Work supervisor S.I. Kalinin.). Prokop'evsk, 2015. 214 p.

25. Razrabotka tekhnologicheskikh skhem i rekomendatsiy dlya otrabotki zapasov plasta 6-6a OAO «Raspad'skaya» kamerno-stolbovoy sistemoy: otchet o NIR (Development of flow charts and recommendations for the mining of coal bed reservoir 6-6a of OAO «Raspad'skaya» with a chamber-and-pillar system: research report). Prokop'evsk, 2006. 25 p.

26. Ispytat tekhnologiyu otrabotki verkhnego sloya plasta III v usloviyakh shakhty im. V.I. Lenina kamerno-stolbovoy sistemoy s ispolzovaniem importnogo oborudovaniya firmy «Dzhoy»: otchet o NIR (To test the technology of mining the high layer of the coal seam III in conditions of the V.I. Lenin mine by chamber-and-pillar system using imported equipment of Joy Inc.). Prokop'evsk, 2006. 51 p.

27. GOK Denisovskiy (GOK Denisovskiy). URL: <http://www.kolmar.ru/activity/production/enterprises/gok-denisovskiy/> (accessed: 11.10.2018). (In Russ.).

28. Korrektirovka gorno-tekhnologicheskoy chasti proekta stroitel'stva GOK «Denisovskaya» (An adjustment of mining and technological part of the GOK «DENISOVSKAYA» construction project). Sibgiproshakht. 2011. (In Russ.).

29. Na shakhte EVRAZa v Tyve nachali primenyat tekhnologiyu kamerno-stolbovoy otrabotki plasta (At the EVRAZ mine in Tyva, chamber-and-pillar mining technology is begun to apply.). URL: <http://www.miningexpo.ru/news/30938> (accessed: 11.10.2018).