

УДК 622.502

В.Ф. Пахалуев, Ю.П. Галченко, Г.В. Сабянин

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫБУРИВАНИЯ
ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ «КАРКАСА»
В УСЛОВИЯХ ЯКОВЛЕВСКОГО РУДНИКА**

В статье дано описание камерной системы разработки с ограждающими целиками под искусственной потолочиной и закладкой выработанного пространства в условиях Яковлевского рудника — вариант камерной системы разработки с созданием по периметру камер ограждающих целиков путем проходки вертикальных восстающих буровыми станками RHINO-408 на высоту этажа и заполнением их бетоном под искусственной потолочиной и закладкой выработанного пространства — разработанной авторами на основе концепция построения «каркасной» геотехнологии.

Ключевые слова: месторождение, рудник, горная масса, скважина, буровой шлам, гидроцилиндр, бетон.

В УРАН ИПКОН РАН на основании современных представлений о развитии процессов релаксации избыточных напряжений в сплошной среде с разномасштабными неоднородностями была разработана концепция построения подземных горных технологий, создающих условия воспроизводства устойчивых динамических структур в литосфере за счёт управления релаксационными процессами на внешнем контуре обрабатываемого участка недр [1, 2]. В рабочем проекте опытно-промышленных испытания камерной системы разработки с ограждающими целиками под искусственной потолочиной и закладкой выработанного пространства в условиях Яковлевского рудника на основе этой концепции разработан вариант камерной системы разработки с созданием по периметру камер ограждающих целиков путем проходки вертикальных восстающих буровыми станками RHINO-408 на высоту этажа и заполнением их бетоном под искусственной потолочиной и закладкой выработанного про-

странства, который предполагает развитие работ на выдержанном участке рудной залежи правильной геометрической формы без включений пород.

Процесс добычи руды на опытном участке состоит из трёх стадий очистных работ: создание искусственной потолочины и ограждающего целика, собственно очистные работы в камерах.

Искусственная железобетонная потолочина возводится по всей площади проектируемого участка в первую очередь и представляет собой закладочный массив толщиной 3,5 м, армированный в нижней части на высоту 1,0 м. Потолочина создается путём заполнения бетоном и предварительной армировки очистных заходок сечением 4,9×3,5 м, ориентированных вкрест простирания залежи между технологическими штреками длиной 110 м. Последовательность проходки регламентируется влиянием пройденной и незаложенной бетоном заходки на проведение последующей. Оптимальным считается порядок проведения, когда последующая заходка про-

ходится на расстоянии 14,7 м от пройденной и пока незаложенной выработки. При благоприятных геологических условиях заходки могут проходить как первичные и вторичные. Выработки, проходимые для создания ж/б потолочины закрепляются арочной металлической податливой крепью.

После закладки пройденной заходки бетоном и набора им прочности не менее 4,0 МПа проходится очередная заходки на контакте с заложеной бетоном. Нормативная прочность бетона в потолочине должна соответствовать бетону марки В15 — 11,5 МПа. Буровзрывные работы по проведению заходок производятся мелкошпуровым методом с применением ручных перфораторов или буровых установок и транспортировкой отбитой горной массы погрузочно-доставочными машинами.

Армирование потолочины производится путем укладки и увязки арматуры. Закладка производится бетонной смесью В15. Доставка бетона и его укладка производится специальными бетоновозами типа PSW F 10. Для транспортирования и разгрузки бетона принимается машина фирмы PAUS, тип UNI 50—3 SWF для метания закладочного материала. Бетоновоз оснащен скоростным конвейером, подающим в выработку бетонную смесь с большой скоростью и плотностью укладки. Метатель установлен в задней части машины непосредственно под люком, привод гидравлический от дизельного двигателя, изменение горизонтального и вертикального положения метателя осуществляется с помощью гидроцилиндра. Транспортирование бетона производится в следующем порядке: от загрузочного бункера закладочной скважины по горизонту –370 м бетон

подвозится по транспортным выработкам на проектируемый участок к выработке, подлежащей бетонированию и с помощью метателя машина разгружает бетон в необходимое место. Благодаря возможностям метателя машины UNI 50—3 SWF бетон подбучивается под кровлю закладываемой выработки, обеспечивая полноту закладки. Изолирование выработок для закладки производится с помощью перемычек (опалубки), конструкция которых позволяет использовать их многократно. Главное требование к изолирующим перемычкам — они должны удерживать закладку до потери ею подвижности, поэтому в период заливки перемычки необходимы вынужденные простои в подаче закладки. Данная технология укладки бетонной смеси позволяет снизить практически до нуля его усадку и соответственно сводит до минимума просадку налегающей над потолочиной толщи рудного массива.

Произведена оценка прочности бетонной потолочины на изгиб и от действия вертикальных нагрузок, а также расчёт влияния боковой нагрузки на изгиб ограждающего целика. Выполненные расчёты показывают наличие заметного запаса прочности элементов конструкции при данных параметрах разработки. Однако при создании единой железобетонной потолочины необходимо максимально технологически обеспечить её монолитность и связность по всей площади экспериментального участка. В противном случае потолочина получит возможность деформироваться отдельными блоками по мере отработки участка с наличием трещин и уступов. Ширина камер, рассчитанная по формулам предельного и эквивалентного пролетов, принята равной 13 м.

Технология создания ограждающего целика заключается в последовательности выполнения технологических операций, а именно в проходке восстающего диаметром 2,45 м; его армировке стальными канатами (диаметр канатов 32—37 мм) и закладке бетоном марки В15 (рис. 1). Для проходки вертикальной выработки диаметром 2,45 м принята буровая установка RHINO 408. Для буровой установки RHINO требуется устройство железобетонного перекрытия толщиной 1,0 м, на котором анкерными болтами закрепляется базовая платформа установки. Размеры бетонного перекрытия в плане должны быть не менее 3000×2000 мм.

По готовности базовой платформы установка транспортируется к месту производства работ и устанавливается в вертикальном положении. Буровое оборудование RHINO устанавливается на месте без необходимости использования

кранов или специальных подъемных устройств. Транспортная платформа оборудована подъемными цилиндрами и установочными балками с помощью которых буровой станок свободно перемещается по опорной платформе и устанавливается под углом, необходимым для бурения. Конструкция бурового станка позволяет полностью пробурить восстающий между горизонтами с расширением

его на всей протяженности. Станок управляется одним человеком через переключатели консоли управления, параметры работы отображаются на приборах или самописцах, расположенных на консоли. После установки и монтажа станка приступают к бурению направляющей скважины в нисходящем порядке. При бурении направляющей скважины для удаления бурового шлама можно применять сжатый воздух, воду или промывочный раствор под давлением. Ввиду того, что основная часть скважин будет буриться по рыхлой, пористой маритовой руде, для удаления бурового шлама рекомендуется применять только сжатый воздух, чтобы исключить вторичное водонасыщение рыхлой руды.

Бурение направляющей скважины осуществляется с выработок гор. – 370 м в направлении сверху вниз до выработки гор. –425 м. Диаметр направляющей скважины 280 мм.

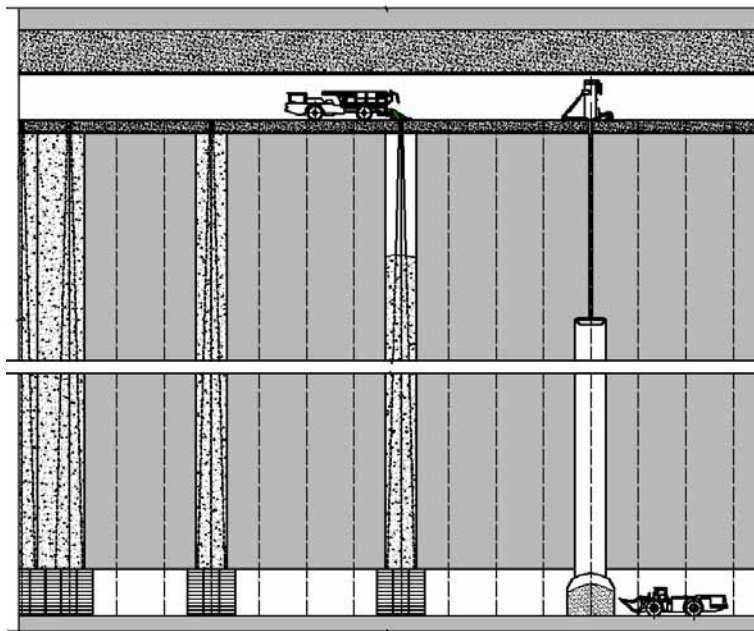


Рис. 1. Проходке восстающего большого диаметра, его армировка стальными канатами и закладке бетоном

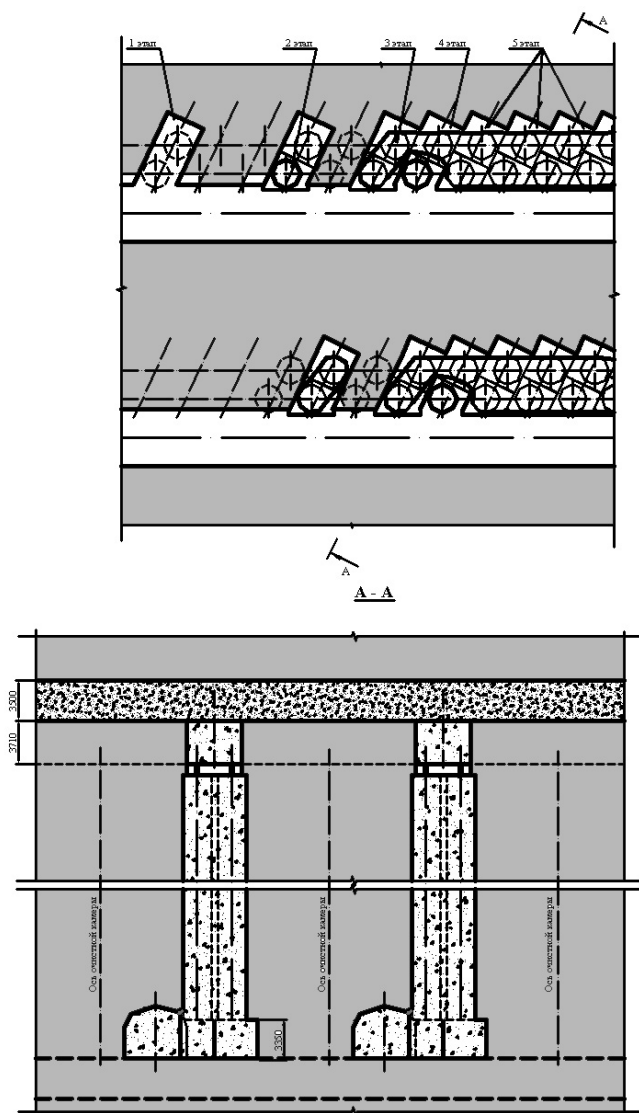


Рис. 2. Этапы возведения искусственных ограждающих целиков

До окончания проходки направляющей скважины на гор. -425 м должна быть пройдена ниша для навески расширителя. Когда направляющая скважина и направляющая коронка снята, к бурильной колонне в специально пройденной выработке гор. -425 м крепят бур-расширитель диаметром 2450 мм. Расширение

скважины производится до подошвы железобетонного основания выработки, расположенной на гор. -370 м (рис. 2, 3).

Армирование восстающего производится стальными канатами диаметром $32-37$ мм. Стальные канаты навешиваются с выработки горизонта -370 м через технологические окна, выполненные в железобетонном фундаменте для бурового станка. Для создания технологических окон в процессе возведения железобетонного фундамента в него закладываются металлические трубы диаметром 300 мм и высотой $1,0$ метр, т.е. на толщину армированной части железобетонного фундамента для бурового станка.

В верхней части жестко заделанные канаты закладываются бетонной смесью в момент закладки выработки на гор. -370 м при создании железобетонной потолочины.

Закладка скважин бетонной смесью производится после навески и закрепления в них армирующих канатов и возведения у устья скважины на гор. -425 м изолирующей

перемычки. Закладка скважин производится бетонной смесью марки В15. Бетонная смесь от бетоно-загрузочного узла, расположенного у скважины гор. -370 м, доставляется до места специальными бетоновозами типа PSW F 10. Первая очередь закладки производится на высоту, равную половине высоты изолирующей пере-

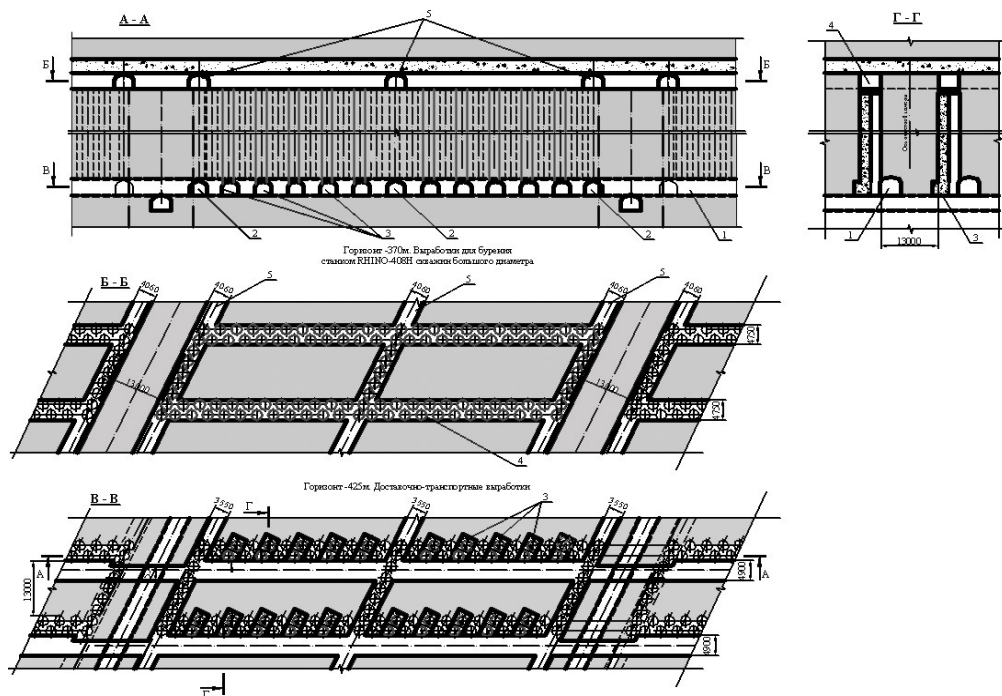


Рис. 3. Схема создания искусственных ограждающих целиков по периметру камер: 1 — погрузо-доставочный штрек; 2 — вентиляционный орт; 3 — пилотная скважина; 4 — ниши под скважины большого диаметра; 5 — буровые штреки

мычки. Второй этап на высоту 4—5 метра. Дают затвердеть бетонной смеси, после чего производят натяжку канатов, жестко их закрепляют хомутами к арматуре ж/б потолочины и производят окончательную закладку скважины на всю высоту.

Произведена проверка несущей способности ограждающих целиков по вертикальным и горизонтальным нагрузкам, оценка закрепления и податливости ограждающего целика в пространство отработанной камеры и несущей способности его основания. Все расчёты подтверждают устойчивость ограждающих целиков при отработке и закладке камер.

После возведения ограждающих целиков и потолочины на проектируемом участке или его части приступают к очистной выемке. Отбойка

массива из камер производится путём бурения и взрывания скважинных зарядов на всю выемочную мощность, отгрузка руды из камер производится самоходными погрузочно-доставочными машинами с дистанционным управлением. Нахождение людей в открытом выработанном пространстве исключается.

Горно-подготовительные работы на гор. -370 м должны обеспечивать фронт работ для создания искусственной потолочины и бурения скважин большого диаметра буровым станком RHINO 408. Для закладки очистных камер по мере их отработки, а также для наблюдения за состоянием предохранительного рудного целика и искусственной потолочины проходятся закладочные наблюдательные штреки.

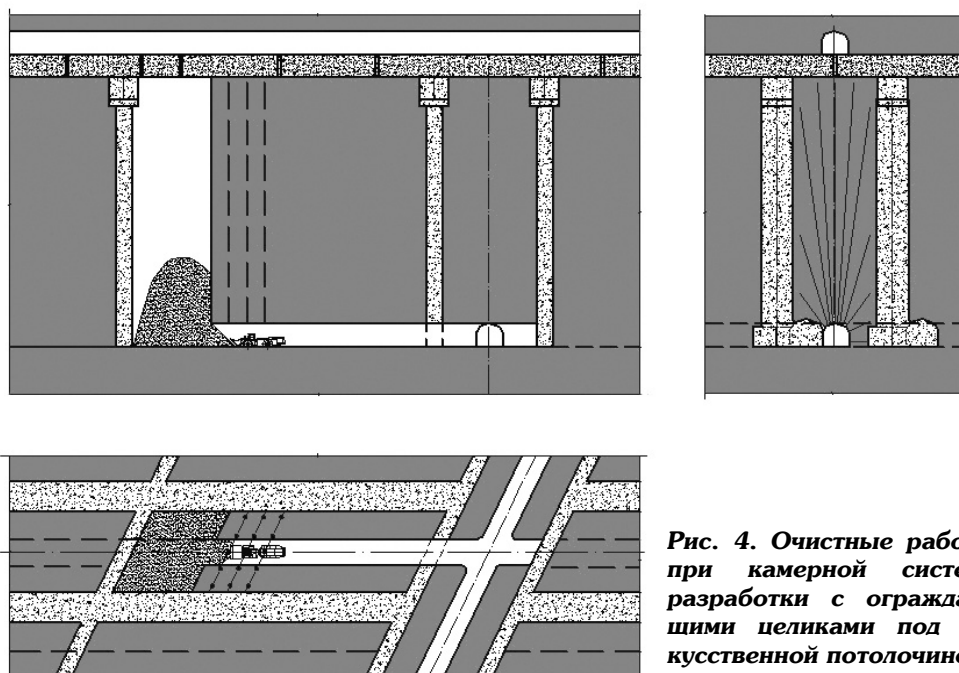


Рис. 4. Очистные работы при камерной системе разработки с ограждающими целиками под искусственной потолочиной

Для создания благоприятных условий по вентиляции до окончания проходки вентиляционно-закладочного штрека лежачего бока на гор. –370 м на этом горизонте в первую очередь проходятся: вентиляционно-транспортный уклон, панельный орт, западный и восточный вентиляционно-закладочные орты, северный и южный технологические штреки для строительства потолочины.

После возведения ограждающих целиков и железобетонной потолочины, опирающейся на целики, начинают собственно очистные работы по выемке камерных запасов. Предварительно производится проходка горно-подготовительных выработок на гор. –425 м. Очистные работы включают в себя подсечку и отрезку рудного массива, заключенного среди ограждающих целиков и под бетонной потолочиной, его отбойку, выпуск и доставку руды (рис. 4).

Порядок ведения очистной выемки из камер должен быть таким, чтобы

смежные с работающей камерой или были отработаны и заложены закладкой, или представляли собой рудный массив. С соблюдением этого условия сочетание находящихся в отработке камер может быть любым. Для бурения вееров скважин принимается буровая установка Simba M4.

По окончании выпуска руды из камер производится их полная закладка. Предусматривается применение двух видов искусственных массивов: из бетона марки В15 с нормативной прочностью 11,5 МПа и комбинированного, который состоит из сухой и твердеющей закладки с нормативной прочностью 1,0 МПа и 4,0 МПа. Бетон используется для создания искусственной потолочины и возведения ограждающих целиков.

Бетон готовится на поверхности и доставляется в шахту по вертикальной бетоноперепускной скважине на гор. –370 м.

Основные технико-экономические показатели камерной системы разработки с созданием ограждающих целиков закладкой вертикальных восстающих

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Показатели
1	Глубина работ	м.	600-645
2	Геологические (балансовые) запасы участка	тыс. т.	1457,0
3	Потери	%	4,2
4	Разубоживание	%	0,2
5	Извлекаемые запасы	тыс. т.	1426,0
6	Вынимаемая максимальная (вертикальная) мощность	м	45,0
7	Ширина камеры	м	13,0
8	Ширина ограждающего целика	м	5,0
9	Толщина ж/б потолочины	м	4,5
10	Производительность труда на очистных работах	м ³ /чел. — см.	25,8

Гравитационный способ закладки сухим сыпучим материалом применяются для заполнения очистных камер. При этом закладочный материал, поступающий на верхний горизонт, сбрасывается через технологические окна в искусственной потолочине и под действием силы тяжести заполняет выработанное пространство, где размещается под углом естественного откоса (45°). Технологические окна представляют собой металлические трубы диаметром 400-500 мм, заделанные в ж/бетонной потолочине. Необходимое количество технологических окон по всей камере определяется графическим путем. В качестве

заполнителя сухой закладки предлагается применение инертных наполнителей, состоящих из пустой породы, песка, щебня и других местных материалов.

Оставшееся незаполненным выработанное пространство под искусственной потолочиной заполняют другим видом закладки — твердеющей с нормативной прочностью 1 МПа — до полного заполнения камеры.

Основные технико-экономические показатели камерной системы разработки с созданием ограждающих целиков закладкой вертикальных восстающих, пробуренных станками RHINO-408, приведены в таблице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галченко Ю.П., Айнбиндер И.И., Сабянин Г.В. и др. О новой концепции развития подземной геотехнологии // Горный журнал. — 2007. — № 1. — С. 7—10.
2. Галченко Ю.П., Айнбиндер И.И., Пахалуев В.Ф., Сабянин Г.В. и др. Способ подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Патент РФ № 2306417; Приоритет 08.07.2005; Опубл. 20.09.2007; Бюл. № 26. **ПАТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пахалуев В.Ф. — начальник технического отдела, горный инженер; e-mail: polyansky@yakrudnik.ru.

Галченко Ю.П. — ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, чл.-корр. РЭА; УРАН ИПКОН РАН, e-mail: schtrek@mail.ru.

Сабянин Г.В. — старший научный сотрудник, кандидат технических наук; УРАН ИПКОН РАН, e-mail: schtrek@mail.ru.