

проведенные исследования подтверждают возможность корректировки химического состава спекаемой шихты сырыми материалами за счет избыточного тепла, а также проведение процессов, связанных со шлаковой фазой (растворение, спекание).

#### *Список литературы*

1. **Коваленко Л.И.** Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / **Л.И. Коваленко** // Проблемы экологии. – 2009. – № 1-2. – С. 16–19.
2. **Горовой А.Ф.** Отходы добычи и переработки углей – источник загрязнения окружающей среды и минерального сырья / **А.Ф. Горовой** // Геология угольных месторождений. – 2002. – №3 – С. 285-290.
3. **Туманова Е.С.** Техногенные ресурсы минерального строительного сырья / **Е.С. Туманова, А.Н. Цибизов, Н.Т. Блоха.** – М.: Недра, 1991. – 208 С.
4. **Папуна Н.В.** Переработка терриконов методом агломерации / **Н.В. Папуна, В.В. Кочура** // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Збірка доповідей VII міжнародної наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1. – 2008. – Донецьк, ДонНТУ, ДонНУ. – С. 97–98.
5. **Смирнов В.О.** Проектування збагачувальних фабрик [видання друге] / **В.О. Смирнов, В.С. Білецький.** – Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. – 269 с.
6. **Куковский К.Г.** Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов / **К.Г. Куковский.** – К. : Наукова думка, 1966. – 130 с.
7. Исследование состава и способов промышленного применения отходов углеобогащения шахтных пород [отчет]. – Луганск : УкрНИИУглеобогащение. – 1970.
8. **А.Г. Мнухин** Комплексная переработка породных отвалов шахт Донецкого региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/fgtu>.
9. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3268-17/page>.
10. Исследование теплофизических свойств отходов углеобогащения обогатительных фабрик Донбасса [отчет]. – М. : Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности. – 1969.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.14

УДК 622.23

**И.П. КУШНЕРЕВ, Ю.Ю. КРИВЕНКО**, кандидаты техн. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Выполнен анализ горнотехнических условий залегания и опыта отработки месторождений строительных материалов. Установлено, что при дальнейшем использовании выработанного пространства в хозяйственных целях, конструктивные элементы горных выработок должны быть рассчитаны на длительную устойчивость, особенно для месторождений пильных известняков, характеризующихся рядом специфических особенностей: слоистой текстурой и наличием ослабленных межслоевых контактов, трещиноватостью. Выполнен выбор методики расчета конструктивных параметров системы разработки с определением размеров опорных междукамерных целиков и камер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ, а также возможность вторичного использования выработанного пространства. Установлены технологические режимы эксплуатации технологического оборудования, обеспечивающего высокий уровень механизации процесса и технико-экономические показатели отработки залежей строительных материалов.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В промышленных регионах практически вся земная поверхность распределена по функциональному назначению, поэтому решение задачи введения новых производственных мощностей, строительство складов или подготовка территорий для нового целевого назначения требует значительных материальных и трудовых затрат, величина которых негативно отражается на экономической деятельности предприятий [7].

Одним из решений существующей проблемы является размещение производственных и складских сооружений в подземных полостях, образованных в результате добычи полезных ископаемых, в частности, при добыче пильных известняков. Как показывает практика подземной разработки строительных материалов, выработанное пространство, образованное в результате добычи пильных известняков, характеризуется значительной протяженностью, достаточно

высокой устойчивостью образованных обнажений и целиков в течение значительного периода времени.

Особенно ценным является то, что параметры выработанного пространства позволяют широко использовать самоходный транспорт, а также различные средства механизации, повышающие эффективность использования подземных сооружений.

Залежи пильных известняков характеризуются различными горнотехническими параметрами, которые необходимо учитывать при выборе системы разработки, предусматривающей не только выемку полезного ископаемого при минимальных потерях, но и возможность вторичного использования образованных пустот, эксплуатация которых должна быть максимально безопасной и эффективной [2,3,8,9].

**Анализ исследований и публикаций.** Обобщение опыта разработки пильного известняка показывает, что он преимущественно залегает пластами мощностью от 4-20 м, прочность на сжатие этого естественного строительного материала составляет 1-7 МПа (10-70 кг/см<sup>2</sup>), на растяжение - в 5-7 раз меньше [11]. Поэтому при разработке пильного известняка по камерной системе приходится оставлять опорные целики размером в плане 10×10 и даже 20×10 м [1]. Это приводит к большим потерям, которые превышают половину промышленных запасов.

Горные выработки пильных известняков благоприятны для вторичного использования. При вскрытии штольнями или слабонаклонными стволами они имеют небольшие уклоны, что позволяет осуществлять заезд в выработки с поверхности автотранспорта. Выработки имеют прямоугольное поперечное сечение, поверхности их, образованные камнерезными машинами, ровные. Глубина заложения выработки от 20 до 120 м, ширина выработок 5-7,6 м ; высота 2,4-12 м [4]. Горные выработки в своем большинстве обладают достаточной долговременной устойчивостью. Только отдельные их участки закреплены штанговой крепью. При вторичном использовании выработок возведение дорогостоящей несущей крепи не требуется. Температура воздуха в выработках в среднем 12-14°С и колеблется в течение года незначительно. Относительная влажность воздуха высокая и достигает в непроветриваемых выработках 95%. Выработки сухие, водопритоки в них отсутствуют. В рудничной атмосфере отсутствуют вредные, взрывчатые и горючие газы и пыль.

Выработанное пространство может быть использовано для размещения крупных механизированных складов и объектов промышленного назначения, за исключением выработок высотой 2,4 м, которые могут быть использованные для складов негабаритных материалов в тарной упаковке, складов химикатов, а также для других объектов, не требующих большей высоты.

В горных выработках следует размещать объекты производственного назначения, не имеющие крупного оборудования и энергетических установок, а также без горячих технологических процессов и с минимальным количеством источников выделения производственных вредностей. Целесообразно размещать производства высокой точности, требующие стабильных показателей температуры и влажности воздуха.

При использовании выработанного пространства в народнохозяйственных целях конструктивные элементы горных выработок (пролет камер и размеры целиков) должны быть рассчитаны на достаточную устойчивость. Это особенно важно для месторождений пильных известняков, характеризующихся рядом специфических особенностей: слоистой текстурой и наличием ослабленных межслоевых контактов, трещиноватостью.

**Изложение материала и результаты.** Расчет конструктивных параметров системы разработки включает определение размеров опорных междуканнерных целиков и расчета камер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ.

В настоящее время у проектировщиков и эксплуатационников нашли широкое применение апробированные методы расчета целиков, основанные на уравнениях Турнера-Шевякова. И камер, базирующихся на теории предельных пролетов В. Слесарева. С учетом фактора времени расчетные уравнения для определения размеров целиков имеют вид [4,5,6]

$$\frac{K_n y H (\tau + a) \cdot (\tau + b)}{a \cdot b} + \gamma_1 h \leq \frac{R_c K_\phi}{n_t} \cdot 10^5 \text{ - столбчатых} \quad (1)$$

$$\frac{K_n y H (\tau + a)}{a} + \gamma_1 h \leq \frac{R_c K_\phi}{n_t} \cdot 10^5 \text{ - ленточных} \quad (2)$$

где  $K_n$  - коэффициент разгрузки, ( $K_n \leq 1$ );  $\gamma$  - средняя плотность налегающей толщи пород,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\gamma_1$  - плотность породы, слагающей целик,  $\text{кг}$ ;  $H$  - глубина разработки,  $\text{м}$ ;  $\tau$  - пролет камеры,  $\text{м}$ ;  $a, b, h$  - ширина, длина и высота целика,  $\text{м}$ ;  $R_c$  - предел прочности на сжатие стандартных образцов, взятых при естественной влажности массива,  $\text{МПа}$ ;  $K_\phi$  - коэффициент формы; ( $K_\phi \leq 4$ );  $K_\phi = (a/h)^2$ ;  $a/h < 1$ ;  $a/h \geq 1 \rightarrow 2 = 0,75$ ;  $n$  - коэффициент запаса прочности [10]

Устойчивый пролет камеры может быть определен по формуле

$$l = 1,41 \sqrt{\frac{R_u \cdot h_n}{\gamma_{np} \cdot n_t}} \cdot 10^5, \quad (3)$$

где  $R_u$  - прочность породы при изгибе, определяемая усреднением прочностных показателей отдельных слоев непосредственной кровли при естественной влажности массива,  $\text{МПа}$ ;  $h_n$  - мощность потолочины,  $\text{м}$ ;  $\gamma_{np}$  - приведенная плотность пород потолочины,  $\text{кг/м}^3$ .

Формула (3) правомерна в том случае, когда все вышележащие слои пород не оказывают давления на потолочину. В противном случае пролет камеры следует вычислять по формуле

$$l = 1,41 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_u \cdot h_{n_i}^2}{(\sum_{i=1}^n h_i) \cdot n_t}} \cdot 10^5. \quad (4)$$

Опыт эксплуатации шахт пильного камня показывает, что коэффициент запаса прочности целиков и пролетов камер для обеспечения длительной устойчивости выработанных пространств следует принимать в соответствии со сроком службы горных выработок при дальнейшем их использовании [2,3,4].

Как показывает анализ, существует предельная глубина горных работ, при достижении которой практически не может быть обеспечена устойчивость горных выработок. При прочности разрабатываемых пород 1,5  $\text{МПа}$  предельная глубина находится в пределах 60-80  $\text{м}$ , а при прочности 5,0-7,5  $\text{МПа}$  - 120-150  $\text{м}$ .

При определении параметров и проектировании конструктивных элементов выработок различного назначения необходимо учитывать возможность применения экономически обоснованных типов крепей, обеспечивающих устойчивость выработок для период их дальнейшей эксплуатации.

При добыче пильных известняков получило применение железобетонное анкерное крепление, обладающее высокой несущей способностью в начальный период и повышением ее с течением времени, хорошим восприятием сдвигающих и растягивающих нагрузок, высокой надежностью, возможностью установки в призабойном пространстве над камнерезной машиной и использования при многослойной отработке месторождения, простой в изготовлении. Оно позволяет увеличить площадь поперечного сечения горных выработок на 18-25 %, снизить аэродинамические сопротивление и сократить расход крепежных материалов.

В практике горных работ на известняковых шахтах анкерная крепь используется для сшивки некоторых пачке тонких слоев и для подвешивания непосредственной кровли, представленной одним или несколькими слоями слабых пород, к более прочному слою породы, залегающему в кровле, и способному выдержать дополнительную нагрузку.

Анкерное крепление может применяться в сочетании с металлической сеткой и торкрет – бетоном, с набрызгбетоном, а также с традиционными поддерживающими крепями. В этом случае облегчается и удерживается конструкция основной крепи.

При добыче пильного камня пиление массива осуществляется с инвентарного рельсового пути, проложенного по почве забоя. Это упрощает задачу получения качественной продукции, но усложняет решение вопросов механизации вспомогательных процессов, так как рельсовый путь мешает маневрированию в забое дополнительных механизмов.

На выбор крепи влияет и использование типов добычного механизированного камнерезного оборудования, на которых в качестве рабочего органа наибольшее применение нашли дисковые пилы и цепные бары. На вспомогательных механизмах в качестве рабочего органа используются цилиндрические, торцовые и другие фрезы, штрипсовые пилы, алмазные и абразивные круги.

Дисковые пилы - наиболее распространенный рабочий орган камнерезных машин. Они выполняются в виде стального диска с расположенными по окружности резцами. Достоинства дисковых пил - простота конструкции, небольшая стоимость, высокая износостойкость, про-

стога ремонта и обслуживания, небольшая масса. Недостатком дисковых пил является небольшой коэффициент использования диаметра в пропилах (0,35-0,4) и сравнительно высокий расход дефицитных твердых сплавов (на 1 м<sup>3</sup> пильного камня расходуется 13-15 г твердого сплава (ВК; ТК).

Бары, используемые в качестве рабочего органа, выполняются в виде плоских балок, несущих на своих рабочих кромках резцы. Наибольшее применение нашли ценные бары с бесконечной цепью, оснащенной режущими зубками и перемещающейся по контуру рамы бара. Известны также вибробары, качающиеся и фризковые бары. Достоинствами баров являются высокий коэффициент использования их длины в пропилах (0,8-0,9), небольшая ширина бара (15-25% длины бара), удобство создания компактной режущей головки, обеспечивающей резание в трех взаимно перпендикулярных плоскостях без повреждения боковых стенок, почвы и кровли при проходке траншей и выработок. Недостатком баров является сложное строение с большим числом мелких деталей и пар трения, что вызывает трудность создания надежной конструкции.

Исследованиями установлено, что на производительность камнерезной машины больше влияния оказывают режимные параметры пиления, зависящие от физико-технических свойств пильного камня, длины фронта работ, высоты уступа, конструктивных особенностей машины (мощности привода, типа и размеров режущего инструмента).

В результате аналитических исследований установлена формула для определения сменной эксплуатационной производительности камнерезной машины, м<sup>3</sup>/смену

$$Q_{с.э} = Q_T \cdot k_{и.в} \cdot t_c \cdot k_n \cdot k_{ц},$$

где  $Q_T$  - техническая производительность камнерезной машины, учитывающая затраты времени на подготовительно-заключительные операции, м<sup>3</sup>/ч;  $k_{и.в}$  - коэффициент использования машины во времени;  $t_c$  - продолжительность работы машины в смену, ч;  $K_n$  - коэффициент, учитывающий прочность пильного камня ( $K_n=1$  при  $R_c = 3,5/5$  МПа;  $K_n=0,8$  при  $R_c > 5$  МПа);  $K_{ц}$  - коэффициент, учитывающий полноту рабочих циклов ( $K_{ц}=1$  при полных циклах;  $K_{ц}=0,9$  при неполных циклах).

Техническая производительность камнерезной машины определяется по формуле

$$Q_T = \frac{B_3 \cdot h_3 \cdot h_n}{\left( \frac{a_1}{V_2} + \frac{a_2}{V_6} + \frac{a_3}{V_m} \right) + t_{п.з}},$$

где  $V_2, V_6, V_T$  - скорости подачи камнерезной машины на горизонтальном, вертикальном и тыльном пропилах; м/мин;  $B_3$  - ширина забоя, м;  $L_m$  - длина фронта работ машины, м;  $h_3$  - высота забоя, м;  $h_n$  - глубина пропила; м;  $a_1, a_2, a_3$  - постоянные величины, учитывающие конструктивные и режимные параметры камнерезной машины;  $t_{п.з}$  - продолжительность подготовительно-заключительных операций; мин

Камнерезные машины, применяемые на шахтах, имеют относительно небольшую производительность, что объясняется большим количеством забоев и, следовательно, значительной разбросанностью горных работ. Кроме этого, размеры добычного забоя невелики. Все это приводит к тому, что уровень механизации основных и вспомогательных процессов на известняковых шахтах не превышает 50%.

Выпиленная в забое продукция в виде стенового камня или блоков проходит определенный цикл погрузочно-разгрузочных операций: забой-товарный склад-строительная площадка.

При организации транспортных работ в забоях и на главных откаточных штреках в известняковых шахтах применяются следующие виды транспорта:

однотипный, с одинаковыми эксплуатационными параметрами, при котором отсутствуют затяжные уклоны и панельные перегрузочные пункты, а автомобильный транспорт применяется единой грузоподъемности;

однотипный, с различными эксплуатационными параметрами, при котором отсутствуют затяжные уклоны, на панельном штреке организуется промежуточный погрузочный пункт и может использоваться автомобильный транспорт различной грузоподъемности;

разнотипный, с организацией промежуточного погрузочного пункта и применением электровозного транспорта в сочетании с автомобилями, тракторными поездами и др.;

однотипный, без организации промежуточных погрузочных пунктов и сниженными уклонами при применении электровозного транспорта.

**Выводы.** При подземной разработке строительных материалов образуются подземные пустоты значительных объемов.

Эти пустоты могут быть использованы для различного назначения в течение длительного периода времени.

Этим снижается себестоимость добычи исходного продукта и возможность получения прибыли от вторичного использования пустот.

Вместе с тем, при проектировании технологии отработки месторождения должен учитываться тот факт, что после выемки полезного ископаемого эти пустоты будут использоваться в течение длительного периода времени.

Эта эксплуатация должна сочетаться с обеспечением безопасности рабочего персонала с высоким уровнем механизации основных и вспомогательных процессов.

Исходя из этого, при решении задачи вторичного использования технологических пустот необходимо решение комплексной задачи:

выбор рациональной системы отработки залежи должен осуществляться с учетом параметров обнажений и целиков, предусматривающих их устойчивость не только в течение извлечения полезного ископаемого, но и на период последующей эксплуатации образованного выработанного пространства;

выработки, по которым перемещается персонал и технологическое оборудование, должны закрепляться, при этом выбор конструкции крепи осуществляется с учетом горнотехнических условий отработки залежи и степени нарушенности горного массива;

оборудование, применяемое для извлечения полезного ископаемого, должно обеспечивать высокий уровень механизации с минимизацией негативного влияния на целостность массива и образованных обнажений.

выбор параметров системы разработки должен осуществляться в соответствии с приведенными рекомендациями и приведенной методики.

#### *Список литературы*

1. **Шевяков Л.Д.** О расчете прочных размеров и деформаций опорных целиков. – Изв. АН СССР, ОТН, 1941, №7-8. - 58 с.
2. **Кучер В.М., Кушнерев И.П., Тарасютин В.М.** Влияние временных процессов на устойчивость кровли камер и целиков. - Аналитические методы и применение ЭВМ в механике горных пород. Новосибирск, 1982. - С. 135-137.
3. **Кушнерев И.П., Кучер В.М., Тарасютин В.М.** Влияние изменения во времени свойств и состояния известняковых пород на размеры кровли камер и целиков. "Приложение результатов исследований полей напряжений к решению задач горного дела и инженерной геологии." Апатиты. Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1985. - С.45-47.
4. **Кушнерев И.П., Кучер А.М.** Временные методические указания по учету реологических свойств известняков на устойчивость кровли камер и целиков на шахтах Криковского производственного объединения. - Кривой Рог, 1982.
5. **Кучер А.М., Кушнерев И.П.** Деформирование пород кровли очистной выработки во времени. – Изв. вузов. - Горный журнал, 1980, №9. - С.16-17.
6. **Кучер В.М., Кушнерев И.П., Разкевич Ф.С.** Изменение во времени напряженно-деформированного состояния массива известняков при камерной системе разработки. "Разработка технологии и механизации добычи полезных ископаемых применительно к условиям развивающихся стран." М.1984. - С.73-74.
7. **Кушнерев И.П., Горобец А.А.** К вопросу вторичного использования выработанного пространства. 'Совершенствование совместной открыто-подземной разработки месторождений' Кривой Рог, 1984, 200 с.
8. **Кушнерев И.П.** К вопросу оценки устойчивости массива в горных пород звукометрическим методом. Кривой Рог, 1979. - 8 с. Рук. деп. в УкрНИИНТИ № 238.
9. **Кушнерев И.П.** Обоснование технологических параметрах выемки пластов с дальнейшим использование выработанных пространств. Сталій розвиток гірничо-металургійної промисловості Кривий Ріг, 2004. - Вип.1 - С.79-84.
10. **Кушнерев И.П.** Определение запаса прочности конструктивных элементов камерной системы разработки с учетом реологических свойств горных пород, 1981. - с.18 / Рук. деп. в УкрНИИНТИ №2914.
11. **Кушнерев И.П.** Экспериментальное изучение ползучести слабых горных пород / **И.П. Кушнерев** // Разраб. рудн. местоожд., 1980. - Вып. 30. - С.24-28.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.14