

УДК 622.831.33

О.И. Казанин, д-р техн. наук, проф.,
А.А. Сидоренко, канд. техн. наук, доц.,
В.В. Семенцов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования „Национальный минерально-сырьевой университет „Горный“, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: kazanin@spmi.ru; sidorenkoaa@mail.ru; vvs.89@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МОЩНЫХ КРУТЫХ ГАЗОНОСНЫХ ПЛАСТОВ СИСТЕМОЙ РАЗРАБОТКИ С ПОДЭТАЖНЫМ ОБРУШЕНИЕМ И ВЫПУСКОМ УГЛЯ

O.I. Kazanin, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
A.A. Sidorenko, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
V.V. Sementsov

National University of Mineral Resources (University of
Mines), Saint-Petersburg, Russia, e-mail: kazanin@spmi.ru;
sidorenkoaa@mail.ru; vvs.89@mail.ru

DETERMINATION OF TECHNOLOGY PARAMETERS OF THE THICK STEEP GASSY SEAMS MINING WITH SUBLEVEL CAVING AND COAL DISCHARGE MINING SYSTEM

Цель. Выбор и научное обоснование параметров системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля с использованием механизированной крепи для условий отработки мощных крутых угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.

Методика. При проведении исследований использованы: комплексный метод, включающий анализ и обобщение теории и практики эффективной и безопасной отработки мощных крутых пластов; натурные исследования метано-выделения и состояния массива на выемочных участках шахты „Киселевская“; физическое моделирование отработки пластов системами с обрушением и выпуском угля, экспериментально-аналитические исследования влияния параметров системы разработки на геомеханические и аэрогазодинамические процессы на выемочном участке.

Результаты. Обоснована целесообразность применения варианта системы разработки с использованием 3-х подэтажных штреков в пределах разрабатываемого подэтажа и определены рациональные параметры рекомендуемой технологической схемы, обеспечивающей эффективную и безопасную отработку запасов мощных крутых газоносных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.

Научная новизна. Определены особенности изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород в окрестностях подземных горных выработок при отработке мощных крутых пластов системой разработки с подэтажной отбойкой и выпуском угля. Установлены зависимости минимальных размеров устойчивых целиков, разделяющих подэтажные штреки, от мощности пласта. Определена зависимость удельных участковых затрат от параметров подэтажа и мощности пласта.

Практическая значимость. Разработаны рекомендации по определению рациональных параметров системы для различных горно-геологических и горнотехнических условий отработки крутонаклонных и крутых угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения. Разработаны рекомендации по выбору места расположения и параметров подэтажных штреков при ведении горных работ. Разработаны рекомендации по выбору параметров проветривания призабойной зоны в различных горнотехнических ситуациях и на различных стадиях ведения работ в подэтаже. Определена область рационального применения предлагаемого варианта системы разработки с подэтажной отбойкой и выпуском угля.

Ключевые слова: угольный пласт, подэтажное обрушение, выпуск угля, управление кровлей, устойчивость выработок

Постановка проблемы в общем виде. Прокопьевско-Киселевский углепромышленный район, на территории которого располагаются Прокопьевское и Киселевское месторождения (граница между месторождениями условна), имеет самые высокие показатели по угленосности (более 12%) и углеплотности (11,2млн т./км²) среди 25 геолого-экономических районов Кузнецкого угольного бассейна. Суммарная мощность 29 рабочих пластов превышает 70м. При

этом в пластах мощностью более 3,5м сосредоточено 63% запасов, в пластах с углом падения более 60° – 57% угля; 25,3% всех запасов находится в пластах мощностью более 6,5м с углом падения более 60°.

Технологии отработки мощных крутых газоносных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса характеризуются низким уровнем механизации, высокой трудоемкостью работ, повышенной (выше в 6–8 раз, чем при разработке пологих пластов) аварийностью и травматизмом подземных горных работ и значительными потерями угля в недрах. Следует отме-

тить, что за годы эксплуатации шахт в Прокопьевско-Киселевском районе были испытаны практически все известные системы разработки и их варианты как с обрушением кровли, так и с закладкой выработанного пространства. Вместе с тем, несмотря на достаточно продолжительный период эксплуатации месторождения, до сих пор не найдены эффективные технические решения по его эффективной разработке [1, 2].

Анализ последних исследований. Анализ мирового опыта подземной угледобычи показал, что одним из перспективных направлений, способных обеспечить эффективную и безопасную отработку мощных крутых газоносных пластов, является внедрение систем разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля с использованием механизированной крепи, которые успешно зарекомендовали себя на шахте „Казимеш Юлиуш“ в Польше.

Выделение нерешенной ранее части общей проблемы. Внедрение системы разработки в варианте, применяемом на шахте „Казимеш Юлиуш“, в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения осложняется высокой газоносностью пластов и склонностью углей к самовозгоранию, требует учета этих особенностей при проектировании и внедрении технологических схем, основывающихся на подэтажной отбойке с выпуском угля.

Формулировка цели работы. Необходимым условием обеспечения конкурентоспособности шахт, ведущих отработку запасов Прокопьевско-Киселевского месторождения в сложных горно-геологических условиях, является внедрение прогрессивных технологий, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели и достаточный уровень безопасности подземных горных работ. В качестве эффективного технологического решения, способного в сложившихся условиях обеспечить эффективность отработки запасов, может быть рассмотрено внедрение системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля с использованием механизированной крепи, успешно применяемой в Польше. Однако внедрение данной технологии в России сдерживается повышенной сложностью горно-геологических условий Прокопьевско-Киселевского месторождения, а именно высокой эндогенной пожароопасностью отработки запасов и метаносностью пластов, что обуславливает необходимость проведения комплекса исследований по всестороннему обоснованию параметров технологии.

Изложение основного материала исследования. Для обоснования параметров технологии с подэтажным обрушением и выпуском угля, при которых в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения обеспечивается эффективное управление газыделением на выемочных участках, были приняты к рассмотрению три технологические схемы:

- схема № 1. Оработка подэтажей с использованием одного подэтажного штрека, аналогично схеме, применяемой на шахте „Казимеш Юлиуш“ в Польше (рис. 1);

- схема № 2. Оработка подэтажей с использованием 2-х подэтажных штреков: вентиляционного и

выемочного, которые проходятся, соответственно, у верхней и нижней границ подэтажа (рис. 2);

- схема № 3. Оработка подэтажей с использованием 3-х подэтажных штреков. Расположение подэтажных штреков в подэтаже: подэтажный вентиляционный штрек – у верхней границы подэтажа, подэтажный конвейерный штрек – у нижней границы подэтажа, подэтажный выемочный штрек – в средней части подэтажа (рис. 3).

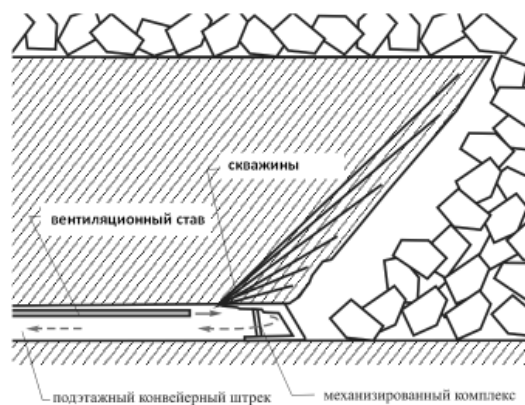


Рис. 1. Схема отработки с подэтажной отбойкой и выпуском угля при использовании 1-го штрека в подэтаже

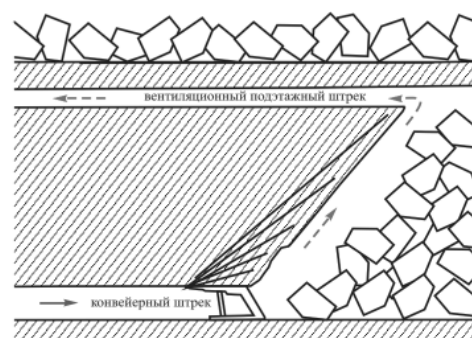


Рис. 2. Схема отработки с подэтажной отбойкой и выпуском угля при использовании 2-х штреков в подэтаже

Суть технологии подэтажной отбойки с выпуском угля заключается в следующем. Мощный крутой угольный пласт делится на этажи, в свою очередь этажи разделяют на подэтажи. В подэтажных конвейерных штреках, пройденных в нижней части подэтажа, устанавливается забойное оборудование, включающее две секции крепи, обеспечивающие поддержание основной крепи штрека и защиту пространства у скребкового конвейера, установленного между основными секциями крепи.

Разрушение угля производится с применением взрывчатых веществ. Для этого над конвейерным и выемочным штреками веерообразно бурятся сквжины, в которые закладываются взрывчатые вещества. После взрывания происходит взрыв отбитой горной массы через специальный штрековый комплекс. Проветривание выемочных участков осуществляется подачей

свежей струи воздуха к очистному забою по конвейерному и выемочному подэтажным штрекам. Вентиляционный подэтажный штрек служит для отвода отработанной струи воздуха.

Анализ указанных технологических схем показал, что только при подготовке подэтажа тремя штреками (рис. 3) обеспечивается устойчивое проветривание выемочных участков по направлению и расходу воздуха.

Следует отметить, что проведение четырех или более выработок для подготовки подэтажа приведет к увеличению объемов подготовительных работ, а также к усложнению схемы проветривания выемочных участков и снижению ее надежности.

При обосновании параметров технологии с использованием трех подэтажных штреков, по фактору управления газовыделением, решались следующие задачи:

- определение объемов метановыделения на выемочных участках;
- определение необходимого количества воздуха для проветривания очистного забоя;
- определение характера движения и распределения воздуха в очистном забое при подготовке подэтажа тремя штреками;
- установление возможных мест скопления метана.

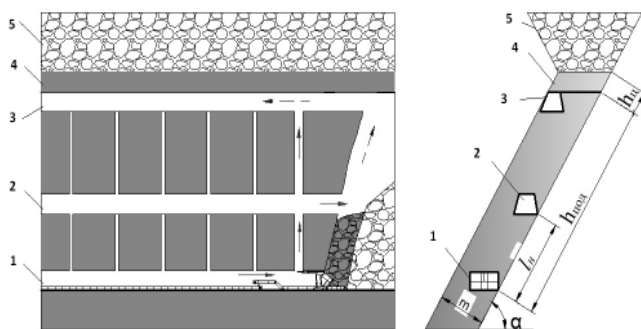


Рис. 3. Система обработки с подэтажным обрушением и выпуском угля в варианте с 3-мя подэтажными штреками: 1 – подэтажный конвейерный штрек; 2 – подэтажный выемочный штрек; 3 – подэтажный вентиляционный штрек; 4 – целик между подэтажами; 5 – выработанное пространство отработанного подэтажа; $h_{под}$ – наклонная высота подэтажа, м; $l_{ш}$ – расстояние между конвейерным и выемочными штреками, м; $h_{ц}$ – ширина целика, м; m – мощность пласта, м; α – угол залегания пласта, град

Для определения параметров схемы проветривания в условиях обработки запасов горизонта +120м шахты „Киселевская“ был выполнен расчет расхода воздуха. Результаты расчетов показали, что необходимое количество воздуха для проветривания очистного забоя (по метану) определяется количеством одновременно отбиваемого угля и составляет от $150\text{ м}^3/\text{мин}$ (при добыче за цикл $Q=250\text{ т}$. и метановы-

делении $I=0,66\text{ м}^3/\text{мин}$) до $300\text{ м}^3/\text{мин}$ (при $Q=480\text{ т}$. и $I=1,42\text{ м}^3/\text{мин}$).

Для оценки эффективности проветривания очистного забоя проведено математическое моделирование движения воздуха на различных этапах обработки пласта. При проведении исследований использовался программный комплекс ANSYS/FLUENT (лицензия № 00443696). Следует отметить, что возможность и эффективность применения указанного комплекса при решении подобных задач подтверждается работами других авторов [3]. Моделирование проводилось для технологической схемы с использованием трех подэтажных штреков (рис. 3): конвейерного (сечением $S_{св}=12\text{ м}^2$), вентиляционного ($S_{св}=9\text{ м}^2$) и выемочного ($S_{св}=9\text{ м}^2$).

При проведении исследований рассматривались варианты с минимальным ($q=150\text{ м}^3/\text{мин}$) и максимальным ($q=300\text{ м}^3/\text{мин}$) расходами воздуха при следующих горнотехнических ситуациях: когда конвейерный штрек перекрыт для прохода воздуха в выработанное пространство отбитым углем и обрушенными породами; когда конвейерный штрек открыт для прохода воздуха в выработанное пространство.

На первом этапе моделирования рассматривались параметры проветривания очистного забоя в момент, когда выработанное пространство имеет размер по простиранию $L=3\text{ м}$ (рис. 4).

На втором этапе моделировались процессы движения воздуха в очистном забое для ситуации, непосредственно перед первоначальным обрушением основной кровли, т.е. когда величина выработанного пространства по простиранию имеет наибольшие размеры $L=25\text{ м}$ (рис. 4).

На рис. 4 показано движение воздуха и его различия по скорости при подаче через выемочный штрек, т.е. в ситуации, когда конвейерный штрек перекрыт.

При проведении моделирования было выявлено, что выработанное пространство выемочного участка эффективно проветривается тогда, когда подаваемый воздух проходит через конвейерный штрек как при минимальном, так и максимальном количестве подаваемого воздуха. В случае, когда конвейерный штрек перекрыт отбитым углем и обрушенными породами, воздух в выработанное пространство поступает через выемочный штрек и эффективность проветривания сохраняется. Однако, при минимальном количестве подаваемого воздуха (при $Q=150\text{ м}^3$) верхняя часть выработанного пространства проветривается менее эффективно, что может вызвать в ней скопление метана (рис. 4, а). Следовательно, при использовании схемы с тремя подэтажными штреками следует подавать максимально возможное количество воздуха к очистному забою.

В результате выполненных исследований установлено, что использование технологической схемы с тремя штреками в пределах подэтажа обеспечивает надежное и эффективное проветривание выемочного участка на всех стадиях ведения горных работ, в том числе и в случае полного перекрытия сечения конвейерного штрека. Для предотвращения самовозго-

ранія угля розміри по простиранию ізолюваних целиками виємочних участків приймаються 150м,

що передполагає їх отработку в течение 20–25 суток при інкубаційному періоді 48 суток.

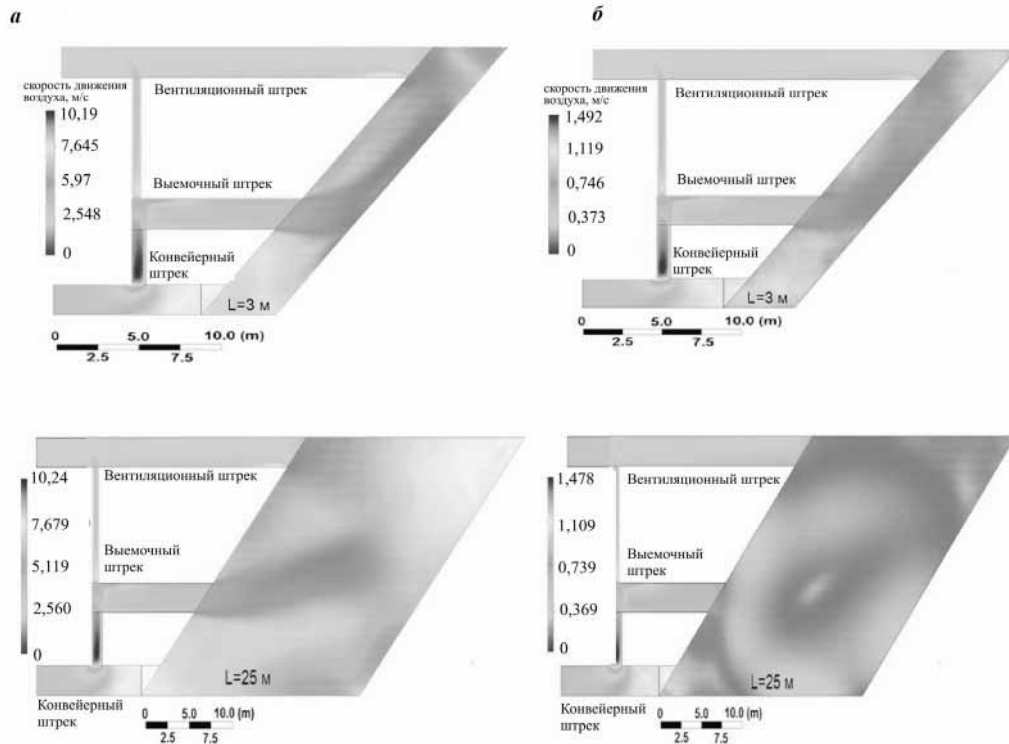


Рис. 4. Движение воздуха в очистном забое при перекрытом конвейерном штреке: а – $Q=150 \text{ м}^3/\text{мин}$; б – $Q=1000 \text{ м}^3/\text{мин}$

С целью обоснования и выбора рациональных параметров системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля для условий шахты „Киселевская“ выполнены исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород (МГП) в зоне ведения горных работ и закономерностей его изменения в процессе отработки запасов, с применением метода конечных элементов и использованием лицензионного программного обеспечения ANSYS.

Для установления общих закономерностей изменения НДС МГП в исследуемой области были разработаны расчетные схемы для оценки состояния выработок в зоне влияния очистных работ и для оценки состояния целиков, оставляемых между подэтажами [5]. При анализе полученных результатов было выявлено, что устойчивость подэтажных вентиляционных штреков в зонах влияния очистных работ определяется шириной оставляемого целика между подэтажами, деформационно-прочностными характеристиками разрабатываемого пласта и глубиной ведения горных работ.

На следующем этапе исследований была выполнена оценка состояния целиков, оставляемых между подэтажами. В качестве примера полученных результатов на рис. 5 представлены зоны предельного состояния, сформировавшиеся в краевых частях целиков при отработке углей средней крепости.

На основании проведенных исследований [4] высоту подэтажа, при отработке системами с подэтаж-

ным обрушением и выпуском угля в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения, рекомендуется принимать из условия эффективного управления кровлей менее либо равной 30м.



Рис. 5. Формирование зон горизонтальных пластических деформаций при отработке запасов горизонта +120м (угли средней крепости)

При высоте подэтажа 30,0м не следует отрабатывать подряд более 2-х подэтажей, и через каждые 60,0м по падению следует оставлять целики высотой не менее мощности пласта.

Ширину целиков между подэтажами, которая зависит от мощности пласта и физико-механических свойств углей, следует принимать по минимальному

значению, обеспечивающему удержание обрушенных пород вышележащего подэтажа [5].

Расстояние между конвейерным и выемочным штреками, при высоте подэтажа 22–30м, необходимо принимать из условия его расположения над обрушенными породами и отбитым углем на всех стадиях отработки пласта. По результатам исследований данное расстояние составило 10–12м.

Оценка технико-экономических показателей показала, что область экономически эффективного применения рекомендуемого варианта технологии при подготовке выемочного участка тремя штреками будет определяться соотношением отпускной цены предприятия с удельными участковыми затратами и общешахтными затратами.

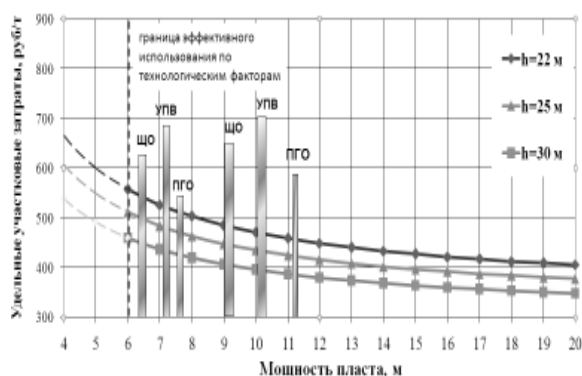


Рис. 6. Зависимость удельных участковых затрат от мощности пласта и высоты подэтажа: ЩО – щитовые системы с обрушением; УПВ – узкие полосы по восстанию; ПГО – подэтажная гидроразбойка

На рис. 6 приведены зависимости, отражающие влияние мощности пласта и высоты подэтажа на удельные участковые затраты. Также показаны фактические удельные участковые затраты при отработке пластов различной мощности с использованием систем разработки, которые в настоящее время применяются на шахтах Прокопьевско-Киселевского месторождения.

Как видно на рис. 6, увеличение высоты подэтажа до предельно допустимых значений (30м) обеспечивает существенное, на 10–20%, снижение затрат по сравнению с высотой подэтажа 22м.

Мощность пласта оказывает еще более значительное влияние на уровень удельных участковых затрат. Так изменение мощности разрабатываемого пласта с 6 до 20м приводит к уменьшению удельных участковых затрат на 15–25%.

При сравнении удельных участковых затрат рекомендуемой технологии с затратами технологий, применяемых на шахтах района, установлено, что при отработке пластов различной мощности удельные участковые затраты системы с подэтажным обрушением и выпуском угля ниже, чем при использовании существующих технологий.

Таким образом, при различных уровнях цен на уголь в отработку могут быть вовлечены пласты раз-

личной мощности, удовлетворяющие условию эффективного использования по технологическим факторам ($m \geq 6м, \alpha \geq 60^\circ$), отработка которых в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях является наиболее экономически эффективной.

Следует также отметить эффект снижения эндогенной пожароопасности отработки крутонаклонных и крутых пластов, склонных к самовозгоранию, достигаемый при использовании рекомендуемого варианта системы разработки, за счет сокращения времени отработки выемочных участков благодаря существенно повышению нагрузок на очистные забой.

Выводы и перспективы развития направления. Выполненные исследования позволили сформулировать следующие выводы и рекомендации для обеспечения эффективной и безопасной отработки запасов мощных газоносных крутых пластов в сложных горно-геологических условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса:

1. Обоснована целесообразность применения варианта системы разработки с использованием 3-х подэтажных штреков в пределах разрабатываемого подэтажа с расположением конвейерного у нижней границы выемочного участка, вентиляционного в верхней части подэтажа, подэтажного выемочного штрека в средней части обрабатываемого подэтажа.

2. Устойчивость подэтажных вентиляционных штреков в зонах влияния очистных работ определяется шириной оставляемого целика между подэтажами, прочности которого достаточно для временного удерживания обрушенных пород. При отработке пластов мощностью 6–10м на глубинах до 300м в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения устойчивое состояние вентиляционного штрека обеспечивается оставлением целика шириной 4–8м. При этом нижнее значение диапазона соответствует отработке прочных слаботрешиноватых пластов, верхнее значение – слабых трещиноватых.

3. Наклонная высота подэтажей для обеспечения эффективного управления кровлей должна приниматься не более 30м. С увеличением высоты подэтажа до установленного предела 30м участковые издержки снижаются.

4. При длине очистного забоя (высоте подэтажа) по восстанию 30м с управлением кровлей перепуском принудительно обрушенных пород, к отработке принимается не более двух подэтажей. Через каждые 60м по падению следует оставлять предохранительные целики шириной не менее мощности пласта.

5. Расстояние между конвейерным и выемочным штреками, при высоте подэтажа 22–30м, необходимо принимать из условия его расположения над обрушенными породами и отбитым углем на всех стадиях отработки пласта. По результатам исследований это расстояние составляет 10–12м.

6. Линию наклона очистного забоя относительно линии простирания пласта следует располагать, по возможности, параллельно линии наклона складчатого массива, сформированного перепуском обрушенных пород.

7. Областью наиболее эффективного применения системы по технологическим факторам являются пласты мощностью более 6м с углами падения более 60°.

8. Экономическая целесообразность применения технологии определяется соотношением удельных участковых затрат, которые зависят от параметров подэтажа, мощности пласта, общешахтных затрат и цены на уголь.

Список литературы / References

1. Филатов Ю.М. О проблемах безопасности отработки Прокопьевско-Киселевского месторождения / Ю.М. Филатов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2010. – № 2. – С.173–185.

Filatov, Yu.M. (2010), "Safety problems of Prokopievsk-Kiselevsk deposit mining", *Bulletin of Coal Industry Safety Research Center*, no. 2, pp. 173–185.

2. Филатов Ю.М. О совершенствовании технологии ведения очистных работ на мощных крутонаклонных пластах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса / Ю.М. Филатов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2010. – № 2. – С. 186–194.

Filatov, Yu.M. (2010), "Mining Technology Advancing for Thick Deeply Inclined Seams of the Prokopievsk-Kiselevsk Region of Kuzbass", *Bulletin of Coal Industry Safety Research Center*, no. 2, pp. 186–194.

3. Сологуб О.В. Обзор существующих средств программного обеспечения для моделирования вентиляции подземных сооружений шахт / О.В. Сологуб, С.С. Кобылкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 13. – С. 115–132.

Sologub, O.V. and Kobylkin, S.S. (2009), "Review of the available software for simulation of the underground construction ventilation", *Mining Informational and Analytical Bulletin*, no.13, pp. 115–132.

4. Бедарев Н.Т. Обоснование параметров разработки мощных крутых пластов системами с поэтажным обрушением на основе физического моделирования / Н.Т. Бедарев, С.Г. Костюк, В.В. Семенов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 4. – С. 5–10.

Bedarev, N.T., Kostyuk, S.G. and Sementsov, V.V. (2012), "Determination of Parameters of the Thick Steep Seams Sublevel Caving Mining System on the Base of Physical Modeling", *Mining Informational and Analytical Bulletin*, no. 4, pp. 5–10.

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

Kazanin, O.I., Sidorenko, A.A. and Sementsov, V.V. (2013), "Geomechanical Determination of Parameters of the Thick Steep Seams Sublevel Caving and Coal Discharge Mining System for Prokopievsk-Kiselevsk De-

posit", *Mining Informational and Analytical Bulletin*, no. 4, pp. 15–21.

Мета. Вибір і наукове обґрунтування параметрів системи розробки з підповерховим обваленням і випуском вугілля з використанням механізованого кріплення для умов відробки потужних крутих вугільних пластів Прокопьевсько-Киселевського родовища Кузбасу.

Методика. При проведенні досліджень використані: комплексний метод, що містить аналіз і узагальнення теорії та практики ефективної безпечної відробки потужних крутих пластів; натурні дослідження метановиділення та стану породного масиву на виїмкових ділянках шахти „Киселевська“; фізичне моделювання відробки пластів системами з обваленням і випуском вугілля, експериментально-аналітичні дослідження впливу параметрів системи розробки на геомеханічні й аерогазодинамічні процеси на виїмковій ділянці.

Результати. Обґрунтована доцільність застосування варіанта системи розробки з проведенням 3-х підповерхових штреків у межах підповерху, що відробляється, і визначені раціональних параметрів рекомендованої технологічної схеми, що забезпечує ефективну та безпечну відробку запасів потужних крутих газоносних пластів Прокопьевсько-Киселевського родовища Кузбасу.

Наукова новизна. Визначені особливості зміни напружено-деформованого стану породного масиву гірських порід навколо підземних гірничих виробок при виїмання потужних крутих пластів системою розробки з підповерховим відбоям і випуском вугілля. Встановлені залежності мінімальних розмірів стійких циліків, що розділяють підповерхові штреки, від потужності пласта. Визначена залежність питомої дільничних витрат від параметрів підповерху й потужності пласта.

Практична значимість. Розроблені рекомендації щодо визначення раціональних параметрів системи для різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов відробки крутопохилих і крутих вугільних пластів Прокопьевсько-Киселевського родовища. Розроблені рекомендації з вибору місця розташування та параметрів підповерхових штреків при веденні гірничих робіт. Розроблені рекомендації для вибору параметрів провітрювання привибійної зони в різних гірничотехнічних ситуаціях і на різних стадіях ведення робіт у підповерхсі. Визначена сфера раціонального застосування пропонованого варіанта системи розробки з підповерховим відбоям і випуском вугілля.

Ключові слова: вугільний пласт, підповерхове обвалення, випуск вугілля, управління покрівлею, стійкість виробок

Purpose. Choice and determination of the sublevel caving and coal discharge mining system parameters with use of the mechanized roof support for thick steep coal seams of Prokopievsk-Kiselevsk deposit in Kuzbass.

Methodology. The complex method, which includes analysis and summary of theory and practice of the effective and safe thick steep coal seams mining; methane emission and rock mass statement field studies at the mining sections of Kiselevskaya mine; experimental-analytical researches of

dependencies between mining system parameters and geo-mechanical as well as aero- gas- dynamical processes at the mining sections.

Findings. The advantage of mining systems with 3 sublevel entries has been proved. The rational parameters of the recommended technology that provide efficient and safe thick steep gassy coal seams mining have been determined for Prokopievsk-Kiselevsk deposit in Kuzbass.

Originality. The features in stress-strain rock mass statement changes around underground entries during thick steep seams mining by sublevel caving and coal discharge mining system have been determined. The dependencies between minimum stable pillars sizes and seam thickness have been obtained. The equation, which describes dependence between specific cost of section mining and sublevel parameters as well as seam thickness, has been determined.

Practical value. The recommendations concerning determination of the mining system rational parameters for various geological and technical conditions of the deeply inclined and steep coal seams of Prokopievsk-Kiselevsk deposit as well as choosing of the place of sublevel entries location and entries parameters have been developed. The recommendations about ventilation parameters of coal face area in various mining situations and various stages of sublevel mining are given. The area of rational use of the developed mining system with sublevel caving and coal discharge has been determined.

Keywords: *coal seam, sublevel caving, coal discharge, ventilation, ground control, entries stability*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук С.Ф. Власовим. Дата надходження рукопису 04.12.13.

УДК 622.1:622.83+622.35

**В.Г. Левицький,
Р.В. Соболевський, канд. техн. наук, доц.**

Державний вищий навчальний заклад „Житомирський державний технологічний університет“, м.Житомир, Україна, e-mail: neolvg@gmail.com, rvsobolevsky@rambler.ru

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БЛОКІВ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ НАЗЕМНОЇ ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ

**V.H. Levytsky,
R.V. Sobolevsky, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.**

State Higher Educational Institution “Zhytomyr State Technological University”, Zhytomyr, Ukraine, e-mail: neolvg@gmail.com, rvsobolevsky@rambler.ru

DECORATIVE STONE BLOCK QUALITY CONTROL BASED ON SURFACE DIGITAL PHOTOGRAMMETRY

Мета. Розробка методики управління якістю блоків декоративного природного каменю на основі використання цифрової фотограмметрії

Методика. Визначення геометричних і якісних характеристик блочної продукції кар'єрів декоративного каменю на основі методів цифрової обробки зображень, фотограмметричної зйомки та сучасних цифрових засобів і програмного забезпечення з урахуванням питомої тріщинуватості та розмірів монолітів.

Результати. Обґрунтовані параметри наземної цифрової фотограмметричної зйомки об'єктів кар'єрів декоративного каменю цифровими неметричними камерами. Досліджено вплив технології видобувних робіт блочних кар'єрів на якість товарних блоків та технологічні втрати. Розроблені методики управління якістю блоків та підбору оптимальних технологічних параметрів розробки родовищ блочного декоративного каменю.

Наукова новизна. Встановлені аналітичні залежності для визначення оптимальних параметрів цифрової фотограмметричної зйомки тріщин. Розроблена методика розрахунку продуктивності технологічних комплексів для окремих видобувних ділянок кар'єру та технологічних втрат при їх використанні. Розроблена методика визначення оптимальної висоти уступу та раціональних розмірів монолітів за умови забезпечення мінімальних технологічних втрат блочної сировини.

Практична значимість. Застосування розробленої методики управління якістю блоків на основі цифрової фотограмметрії й підбору продуктивного комплексу обладнання для окремих технологічних зон кар'єру з відповідними показниками питомої тріщинуватості та раціональними розмірами монолітів забезпечить ефективність видобування корисної копалини у визначені календарним планом терміни з отриманням максимального економічного ефекту.

Ключові слова: *товарний блок, управління якістю, тріщинуватість, наземна цифрова зйомка*

Постановка проблеми. Якість блоків декоративного каменю визначається сукупністю властивостей, що характеризують здатність блочної продукції задоволь-

няти певні потреби покупця й залежить від типу каменю, його фізико-механічних властивостей, геологічної структури родовища, тріщинуватості масиву, технології видобування та інших факторів. Як правило, для природних чинників характерна значна просторова мін-