

ГОРНЫЙ

**ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКИЙ
БЮЛЛЕТЕНЬ**

(НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ)

**MINING INFORMATIONAL
AND ANALYTICAL
BULLETIN**

(SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL)

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ВЫПУСК 60-1**

2015

**ГОРНОЕ ДЕЛО В XXI ВЕКЕ:
ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА,
ОБРАЗОВАНИЕ - 1**

В.П. Зубов, Фам Куанг Нам, Ву Тхай Тьен Зунг

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МОЩНОСТЬЮ 2,5–5,0 М В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУАНГНИНЬСКОГО БАССЕЙНА ВЬЕТНАМА

Рассмотрены основные направления совершенствования технологических схем отработки мощных пологих угольных пластов в условиях шахт Куангниньского бассейна Вьетнама. Предложен вариант системы разработки угольных пластов мощностью 2,5–5,0 м, позволяющий использовать анкерную крепь в качестве основной крепи участковых подготовительных выработок. Данный вариант включает подготовку столбов сдвоенными штреками с оставлением между ними целика угля определенной ширины. Целик угля предназначен для обеспечения возможности применения в повторно используемых участковых подготовительных выработках анкерной крепи. Перед погашением повторно используемой выработки целик отработывают на одной линии с очистным забоем. Предложена методика определения минимально допустимой ширины целика, при превышении которой выработка будет расположена за пределами области повышенной интенсивности трещин, формирующейся над краевыми частями угольного массива. Делается акцент на необходимости дополнительного изучения вопросов, связанных с созданием условий для надежного проветривания концевых участка лавы и безопасности горных работ в месте сопряжения лавы и повторно используемой подготовительной выработки. Отмечена высокая ожидаемая экономическая эффективность при внедрении рассмотренной системы разработки на шахтах Куангниньского угольного бассейна.

Ключевые слова: уголь, пологие пласты, система разработки, анкерная крепь, ширина целика

Пласты мощностью 2,5–5,0 м на шахтах (Хечам, Маохе, Тхонгнат, Донгбак и др.) Куангниньского угольного бассейна Вьетнама отработывают в основном с использованием системы разработки длинными столбами.

Глубина горных работ составляет 150–350 м. Проведение подготовительных выработок осуществляют буровзрывным способом, средняя скорость их проходки по породе составляет

40–60 м/мес, по углю — 70–110 м/мес. Участковые подготовительные выработки охраняют целиками угля шириной до 40 м. Эксплуатационные потери угля, связанные с оставлением этих целиков достигают 25–40%. В качестве основной крепи выработок применяют металлическую рамную крепь с арочным (СВП-22, СВП-27, I-110) или трапециевидным сечением. В последние годы угольной корпорацией «ВИНАКОМИН» на ряде шахт бассейна Куангнинь предпринимаются попытки внедрения анкерной крепи в качестве основной крепи участковых подготовительных выработок. Этот процесс идет достаточно трудно, в частности, из-за недоверия работников шахт к этому виду крепи и непредсказуемости ее надежности в зонах влияния очистных работ.

Реальные резервы для существенного повышения экономических показателей отработки наиболее технологичных пологих пластов мощностью 2,5–5,0 м в рассматриваемых условиях связаны со снижением затрат на проходку и поддержание участковых подготовительных выработок. В структуре шахтной себестоимости угля доля затрат по статьям «проходка» и «поддержание выработок» достигает 38%. Ежегодно перекрепляют до 30% участковых подготовительных выработок. С увеличением длины выемочных столбов и глубины горных работ отрицательное влияние этих затрат на экономические показатели шахт возрастает, что предопределяет перспективность и актуальность исследований, связанных с поиском решений, позволяющих минимизировать эти затраты.

Выполненные исследования, с учетом опыта отработки угольных пластов в аналогичных условиях [1, 2], показали, что существенное повышение технико-экономических показателей работы шахт Куангниньского бассейна при разработке пологих угольных пластов мощностью 2,5–5,0 м может быть достигнуто при использовании систем разработки [3, 4, 5], обеспечивающих возможность поддержания выработок в течение всего срока их службы по схемам «массив-массив» или «массив-целик». При данных системах разработки (рис. 1) создаются благоприятные геомеханические условия для использования анкерной крепи в качестве основной крепи в повторно используемых участковых

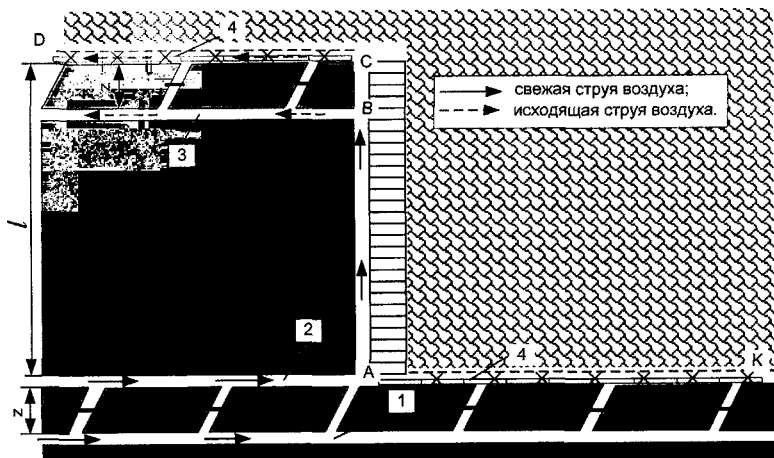


Рис. 1. Вариант системы разработки, позволяющий использовать анкерную крепь в качестве основной крепи участковых подготовительных выработок

подготовительных выработках. После выполнения целиками возложенных на них функций их отрабатывают с использованием оборудования лавы на одной линии с очистным забоем.

В варианте, приведенном на рис. 1, подготовку выемочных столбов производят сдвоенными штреками 1 и 2, проходимыми по углям, с оставлением между ними целика угля шириной Z . При отработке выемочного столба один из указанных сдвоенных штреков 1 (рис. 1) используется как конвейерный штрек, который сохраняется для повторного использования в качестве вентиляционного штрека при отработке нижерасположенного смежного столба. Второй штрек 2 (рис. 1) используется при отработке только одного выемочного столба, за лавой данный штрек погашают.

Оставленный между штреками 1 и 2 целик угля шириной Z отрабатывают на одной линии с очистным забоем нижерасположенного столба.

Проходка сдвоенных штреков 1 и 2 с оставлением между ними целика угля позволяет: надежно проветривать штреки при их проходке за счет общешахтной депрессии; снизить отрицательное влияние на штреки динамического опорного давления, возникающего впереди забоя лавы, и остаточного опорного давления, формирующегося у неподвижных краевых частей

АК и СД (рис. 1) угольного массива; использовать в штреках анкерную крепь в качестве основной крепи.

К числу вопросов, от решения которых зависит эффективность использования рассматриваемой системы разработки (рис. 1) относятся:

- определение рациональной ширины целика Z ;
- обеспечение надежного проветривания концевого участка лавы ВС;
- обеспечением безопасности горных работ и устойчивости повторно используемой подготовительной выработки 3 на ее участке, прилегающем к лаве.

При использовании анкерной крепи в качестве основной крепи участков подготовительных выработок ширину целика угля Z (рис. 1) следует принимать более глубины (r_n) распространения в породах непосредственной кровли над краевой зоной угольного массива области с повышенной интенсивностью трещин. При выполнении этого условия анкеры будут установлены в кровле, не нарушенной трещинами, возникающими под воздействием опорного давления, формирующегося над краевыми частями угольного массива.

Для оценки величины параметра r_n при отработке пологих угольных пластов могут быть использованы решения [6], полученные для пород, деформирование которых описывается диаграммой хрупкого разрушения. При решении этой задачи на первом этапе определяют размеры области запредельного состояния в угольном пласте.

$$r_Y = l_0 + \eta r_B \left[\left(\frac{k_1 \gamma H - \sigma_{сж.Y}}{2(1 + \lambda_Y)} + \frac{\sigma_{сж.Y}^0}{2\lambda_Y} \right) \times \left(\frac{2\lambda_Y}{2\lambda_Y p_1 + \sigma_{сж.Y}^0} \right) \right]^{\frac{1}{2\lambda_Y}}, \quad (1)$$

где r_Y — расстояние до границы зоны запредельного состояния угольного пласта; l_0 — размер зоны повышенной нарушенности угольного пласта, связанной с проходкой выработки; η — коэффициент, учитывающий неоднородность массива вмещающих пород; k_1 — максимальный коэффициент концентрации напряжений в зоне опорного давления; γ — средневзвешенная плотность пород покрывающей толщи; H — глубина ведения горных работ; $\sigma_{сж.Y}$ — предел прочности

угля на одноосное сжатие; $\sigma_{сж.У}^0$ — остаточная прочность угля после его разрушения;

$$\lambda_Y = \frac{\text{Sin}(\rho_Y)}{1 - \text{Sin}(\rho_Y)},$$

где ρ_Y — угол внутреннего трения угля; $P_1 = P_{кр} + P_Y$, $P_{кр}$ — сопротивление крепи штрека; P_Y — боковое давление, действующее на границе зоны неупругих деформаций в угольном пласте и создаваемое разрушенным углем.

$$P_Y = \frac{1}{m} \left\{ f_{ПК} \int_0^{l_0} \sigma(x) dx + f_{ПП} \int_0^{l_0} [\sigma(x) + \gamma_Y m] dx \right\}, \quad (2)$$

где $f_{ПК}$ и $f_{ПП}$ — соответственно, коэффициенты трения на контактах угольного пласта с породами кровли и породами почвы; $\sigma(x)$ — закон изменения максимальных главных напряжений в пределах зоны шириной l_0 с повышенной интенсивностью трещин в пласте угля; $P_{кр} = 0$ — при использовании анкерной крепи; $P_{кр} = 0,2$ МПа — при использовании арочной крепи.

При величинах напряжений, больших предела прочности на одноосное сжатие, возможен переход пород кровли в предельное состояние и разрушение их на удалении от выработанного пространства, превышающем величину r_Y (1). Максимальная глубина распространения трещин в породах непосредственной кровли может быть определена из выражения:

$$r_{II} = r_Y \left[\left(\frac{k_2 \gamma H - \sigma_{сж.П}}{2(1 + \lambda_{II})} + \frac{\sigma_{сж.П}^0}{2\lambda_{II}} \right) \times \left(\frac{2\lambda_A}{2\lambda_{II} p_2 + \sigma_{сж.П}^0} \right) \right]^{\frac{1}{2\lambda_{II}}}, \quad (3)$$

где k_2 — максимальная величина коэффициента концентрации напряжений в зоне опорного давления после завершения процесса трещинообразования в угольном пласте; $\sigma_{сж.П}$ — предел прочности на одноосное сжатие пород непосредственной кровли; $\sigma_{сж.П}^0$ — остаточная прочность пород непосредственной кровли на одноосное сжатие после разрушения;

$$\lambda_n = \frac{\text{Sin}(\rho_n)}{1 - \text{Sin}(\rho_n)},$$

где ρ_n — угол внутреннего трения пород непосредственной кровли;

$$p_2 = \frac{1}{h_n^k} \left\{ f_{\text{ПЛ}} \int_0^{r_Y - r_B} [\sigma_1(x) + \gamma_{\text{П}} h_n^k] dx + f_{\text{ОК}} \int_0^{r_Y - r_B} \sigma_1(x) dx + (c_{\text{ПЛ}} + c_{\text{ОК}})(r_Y - r_B) \right\}, \quad (4)$$

где h_n^k — мощность пород непосредственной кровли; $\sigma_1(x)$ — закон изменения максимальных главных напряжений над областью запредельного состояния в угольном пласте; $\gamma_{\text{П}}$ — плотность пород непосредственной кровли.

С учётом (4) выражение для определения максимальной глубины распространения в массив зоны повышенной интенсивности трещин в породах непосредственной кровли запишется в виде

$$r_{\text{П}} = r_Y \times \left[\frac{\lambda_{\text{П}}(k_2 \gamma H - \sigma_{\text{сж.П}}) + (1 + \lambda_{\text{П}}) \sigma_{\text{сж.П}}^0}{1} \times \frac{2\lambda_{\text{П}}}{2\lambda_{\text{П}}(p_{\text{кр}} + \frac{1}{h_n^k}) \left\{ f_{\text{ПЛ}} \int_0^{r_Y - r_B} [\sigma_1(x) + \gamma_{\text{П}} h_n^k] dx + f_{\text{ОК}} \int_0^{r_Y - r_B} \sigma_1(x) dx + (c_{\text{ПЛ}} + c_{\text{ОК}})(r_Y - r_B) \right\} + \sigma_{\text{сж.П}}^0} \right]^{\frac{1}{2\lambda_{\text{П}}}}. \quad (5)$$

При использовании анкерной крепи в качестве основной кровли участков подготовительных выработок ширину целика угля Z (рис. 1) следует принимать более $r_{\text{П}}$. Расчеты, выполненные для условий отработки пологих пластов мощностью 2,5–5,0 м на шахтах Куангниньского угольного бассейна показали, что величина параметра $r_{\text{П}}$ составляет 7–15 м.

Для решения вопросов проветривания концевго участка лавы ВС, в том числе и для газовых шахт, могут быть использованы результаты исследований, приведенные в работе [7]. С учетом данных этих исследований максимально допустимая среднесуточная нагрузка на лаву по газовому фактору при отработке пластов с газоносностью до 8–14 м³/т с.б.м. может составлять: до 11–18 тыс. т при установке в вентиляционном штреке лавы вентиляционных дверей и отводе отработанной струи по вентиляционному ходу, создаваемому на границе выработанного пространства; до 5–6 тыс. т и более при проветривании концевго участка лавы в зоне выемки целика с использованием специальных воздухопроводов 4 (рис. 1), монтируемых на границе выработанного пространства.

Задачей дальнейших исследований при совершенствовании рассматриваемой системы разработки является поиск технологичных решений по обеспечению безопасности работ на сопряжении лавы и повторно используемой подготовительной выработкой 3 (рис. 1).

Внедрение рекомендуемой бесцеликовой системы разработки на шахтах Куангниньского угольного бассейна создает условия для существенного снижения затрат на проходку подготовительных выработок, увеличения скорости проходки выработок, уменьшения потерь угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демура В.Н. и др. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс». — Москва: Горное дело ООО «Киммерийский центр», 2014. — Т. 3. — С. 255.
2. Зайденварг В.Е. и др. Технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. — М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1991. — Ч. I. — 206 с.
3. Зубов В.П. и др. Методические рекомендации по предотвращению вывалов пород из кровли в лавах, обрабатываемых на больших глубинах в условиях шахт Восточного района Донбасса. — Шахты: Издательский центр, 1986.
4. Зубов В.П., Елькин В.С. Патент № 2441160 РФ. Оpubл. 27.01.2012. Способ подземной разработки угольных пластов.
5. Зубов В.П., Козовой Г.И., Зайденварг В.Е. Способ разработки пластов полезных ископаемых. Заявка на изобретение № 97100392/03 от 08.01.1997.
6. Зубов В.П., Козовой Г.И., Соколов А.Б. Методы оценки параметров областей с повышенной нарушенностью пород кровли над краевыми частями угольного массива. Доклады III Международной конференции «Горное оборудование, переработка минерального сырья, новые технологии, экология». — СПб., 1998. — С. 44–50.
7. Зубов В.П., Елькин В.С. Оценка максимально допустимых нагрузок на лаву при бесцеликовых технологиях отработки пластов на шахтах с повышенным выделением метана // Газовая промышленность. Метан угольных шахт. — М., 2012. — С. 29–33.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Зубов Владимир Павлович — докт. техн. наук, профессор, Санкт-Петербург, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», e-mail: spggi_zubov@mail.ru

Фам Куанг Нам — аспирант, Санкт-Петербург, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», e-mail: namxdm44@gmail.com

Ву Тхай Тьен Зунг — Санкт-Петербург, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», аспирант, e-mail: vuthaitiendung.ta@gmail.com



UDC 622.281.74

MODERN SYSTEM FOR EXPLOITATION INCLINED COAL SEAMS WITH THICKNESS FROM 2,5 M TO 5,0 M IN UNDERGROUND MINES OF QUANG NINH PROVINCE — VIET NAM

Zubov Vladimir P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Saint-Petersburg, National Mineral Resources University (Mining University), e-mail: spggi_zubov@mail.ru

Pham Quang Nam, Post-graduate student, Saint-Petersburg, National Mineral Resources University (Mining University), e-mail: namxdm44@gmail.com

Vu Thai Tien Dung, Post-graduate student, Saint-Petersburg, National Mineral Resources University (Mining University), e-mail: vuthaitiendung.ta@gmail.com

The main trends to improve the technological schemes for mining thick flat coal seams in Quang Ninh coal basin's conditions (Vietnam). A option of the development of coal seams with thickness of 2,5–5,0 m to allow use of rock bolts in roadways. This option includes in preparation of barrier pillars by twin drifts and the remaining certain width coal pillar between drifts. The remaining coal pillar is designed for allowing to use of rock bolts in reusable roadways. Before clearing off reusable roadways the remaining coal pillar work out in line with the production face. Proposal of the method for determining the minimum allowable width of remaining coal pillar, in case of which exceeding roadway will be located outside the region of increasing intensity of cracks, which formed at the edge of the coal massif. Emphasis on the need for further study of issues related to the creation of conditions for reliable ventilation of the production face's end portion and the safety of mining operations at the interface of longwall face and reusable roadways. Expected cost-effectiveness of the implementation of the considered system at mines in Quang Ninh coal basin.

Key words: coals, inclined seams, exploitation system, rock bolts, wide of longwall.

REFERENCES

1. Demura V.N., Artem'ev V.B., Yasyuchenya S.V., Kopylov K.N., Yutyaev E.P., Meshkov A.A., Lupii M.G., Feofanov G.L. and many authors of

Siberian Coal Energy Company. *Tekhnologicheskie skhemy podgotovki i otrabotki vyemochnykh uchastkov na shakhtakh «SUEK-Kuzbass»* (Technological schemes of preparation and working off in the excavation sites of coal mines «SUEK-Kuzbass»), Moscow, Kimmeriiskii tsentr, 2014, vol. 3, pp. 255.

2. Zaidenvarg V.E., Sobolev V.V., Snytkin I.I. *Tekhnologicheskie skhemy razrabotki plastov na ugol'nykh shakhtakh* (Development plan of coal mining), Moscow, IGD them. A.A. Skochinskogo, 1991, part I, 206 p.

3. Zubov V.P., Lazchenko K.N., Mel'kov A.D., Ivanov A.A. *Metodicheskie rekomendatsii po predotvrashcheniyu vyvalov porod iz krovli v lavakh, otrabatyvayemykh na bol'shikh glubinakh v usloviyakh shakht Vostochnogo raiona Donbassa*, g. Shakhty, Izdatel'skii tsentr, 1986.

4. Zubov V.P., El'kin V.S. *Patent RU 2441160*, 27.01.2012.

5. Zubov V.P., Kozovoi G.I., Zaidenvarg V.E. *Sposob razrabotki plastov poleznykh iskopaemykh* (Method development of mineral deposits), The invention application № 97100392/03, 08.01.1997.

6. Zubov V.P., Kozovoi G.I., Sokolov A.B. *Doklady III Mezhdunarodnoi konferentsii «Gornoe oborudovanie, pererabotka mineral'nogo syr'ya, novye tekhnologii, ekologiya»*, St. Petersburg, 1998, pp. 44–50.

7. Zubov V.P., El'kin V.S. *«Gazovaya promyshlennost'» — Metan ugol'nykh shakht*, Moscow, 2012, pp. 29–33.