УДК 622.2

В.Г. Виткалов, Фам Дик Тханг, Нгуен Ань Туан

ОБОСНОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЛАНИРОВАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШАРНИРНО-ОГРАДИТЕЛЬНЫХ КРЕПЕЙ НА ШАХТАХ БАССЕЙНА КУАНГНИНЬ

Приведена схема подготовки и отработки выемочного блока с учетом технологических особенностей и горно-геологических условий Куангнинского угольного бассейна при отработке наклонных угольных пластов средней мощности. Обоснованы технологические параметры по отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя и управлением кровлей с использованием шарнирно-оградительных крепей на шахте УонгБи. Разработана принципиальная схема для расчета рационального угла диагонального расположения подготовительных горных выработок в зависимости от угла падения пласта. Предложены закономерность и характер распределения опорного горного давления, по длине штрека относительного кромки очистного забоя.

Ключевые слова: бассейн Куангнинь, пласт, мощность, шарнирно-оградительная крепь, штрек.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-5-13

В настоящее время корпорацией «Винакомин» Вьетнама активно ведутся работы по внедрению средств комплексной механизации, особенно для добычи угля в сложных горно-геологических условиях. При отработке наклонных угольных пластов средней мощности, применения передовых технических решений играет важную роль в промышленной политике добычи угля в бассейне «Куангнинь», с целью повышения нагрузки и эффективности добычи угля, повышения производительности труда и снижения потерь угля, а также повышения безопасности работ и улучшения условий труда рабочих. Для отработки наклонных и крутонаклонных пластов средней мощности на шахтах бассейна «Куангнинь» использовались различные технологии подготовки и отработки выемочных полей, которые успешно применяются в развитых угледобывающих странах мира [1, 2].

На основе анализа горно-геологических условий залегания угольных место-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 12. С. 5–13.
© В.Г. Виткалов, Фам Дик Тханг, Нгуен Ань Туан. 2017.

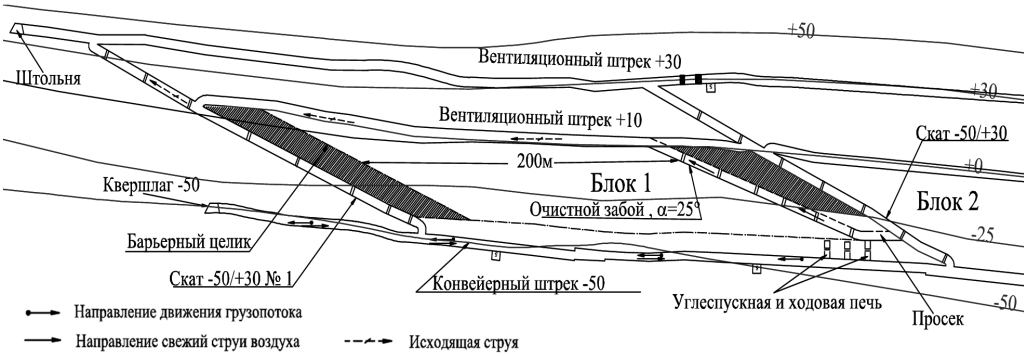

Рис. 1. Выкопировка экспериментального участка с плана горных работ пласта «8–Донгвонг» шахты «Уонгби»

рождений Вьетнама и длительного опыта их отработки, а также перспективы развития подземной угледобычи в передовых угледобывающих странах мира следует, что наиболее перспективной технологией при отработке наклонных угольных пластов средней мощности, вероятно будет являться камерно-столбовая технология и диагональная технология с управлением горным давлением в очистном забое самопередвигающимися крепями с шарнирным соединением [3].

На шахтах Вьетнама были проведены опытно-промышленные испытания технологии по отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя, в качестве крепления лавы были использованы шарнирно-оградительные крепи.

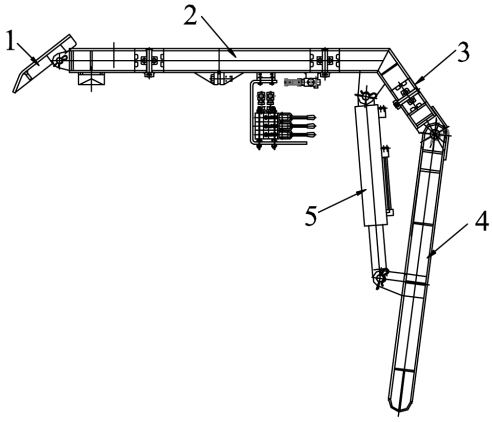

Рис. 2. Конструкция крепи «ZRY»: 1 — направляющий козырек, 2 — перекрытие (поддерживающий верхняк), 3 — ограждающий верхняк, 4 — стойка, 5 — гидравлический домкрат

В 2016 г. на шахте Уонгби был подготовлен опытно-промышленный участок по отработке пласта «8–Донгвонг» с отметкой от -50 до +10. В пределах шахтного поля пласт «8 –Донгвонг» сложного строения, мощность пласта колеблется в пределах от 1,9 до 3,6 м, состоит из двух угольных пачек, разделенных прослойками углистого аргиллита мощностью от 0,2 до 1,2 м. Уголь падения пласта колеблется от 30° до 60°. Уголь средней крепости f = 1,4—1,7. Непосредственная кровля представлена аргиллитом средней устойчивости, которая располагается равномерно по всей площади пласта мощность от 3,6 до 7,4 м, с пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ = 395 кг/см^2. Основная кровля представлена алевролитом средней крепости, мощностью от 11,9 до 18 м, предел прочности на сжатие достигает $\sigma_{сж}$ = 529 кг/см^2. Выкопировка экспериментального участка с плана горных работ пласта «8–Донгвонг» шахты Уонгби приведена на рис. 1 [4, 5, 6].

Шарнирно-оградительные крепи «ZRY» были разработаны для крепления очистного забоя при отработке наклонных и крутонаклонных угольных пластов средней мощности. Структура крепи «ZRY» индивидуальная, связанная между со-

бой шарнирными кольцами. Для контроля движения поддерживающих верхняков используются гидравлические домкраты, которые соединены муфтами со стойкой крепи. Конструкция крепи «ZRY» показана на рис. 2.

Принцип работы крепи ZRY в очистном забое происходит следующим образом: каждая крепь установлена в очистном забое так, чтобы передняя часть направляющего козырька *1* опиралась на непосредственную кровлю угольного пласта, а нижняя часть стойки *4* опиралась на почву угольного пласта, образовав при этом две основные опоры каждой крепи. При установке крепи дополнительно на верхняки укладывается стальная сетка, чтобы предотвратить попадание кусков породы в рабочее пространство очистного забоя. Кроме того, в дополнение могут устанавливаться индивидуальные стойки, чтобы предотвратить поломку крепи при усиленном горном давлении. Принцип работы крепи ZRY в очистном забое представлен на рис. 3.

Подготовку участка для данной технологической схемы начинают с проведения конвейерного и вентиляционного штрека по простиранию, от конвейерного штрека у границы участка проводят разрезную печь под углом 25—30° (диагональная разрезная печь) относительно горизонта. Для соединения конвейерного штрека с лавой дополнительно проводятся углеспускная и ходовая печи. После монтажа в диагональной разрезной печи оборудования, осуществляется отбойка угля в очистном забое буровзрывным способом, с шагом выемки угля 0,8 м. После каждого цикла отбойки угля, крепи ZRY перемещаются по падению, под воздействием горного давления пород кровли и собственного веса, равному шагу выемки угля 0,8 м. Технологическая схема отработки наклонного угольного пласта средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя приведена на рис. 4.

Сущность предлагаемой нами технологической схемы с использованием шарнирно-оградительной крепи ZRY, с целью создания направленного движения крепи в плоскость пласта заключается в диагональным расположением линии очистного забоя, при этом верхняя часть лавы опережает нижнюю.

При ведении очистных работ, необходимо выбирать угол диагонального положения линии очистного забоя, с учетом обеспечения транспортирования угля по эмалированным рештакам. Для обоснования оптимального угла разворота горных выработок, в зависимости от угла падения пласта, согласно (рис. 4), и выведения аналитических выражений, отражающих связь между изменением угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль

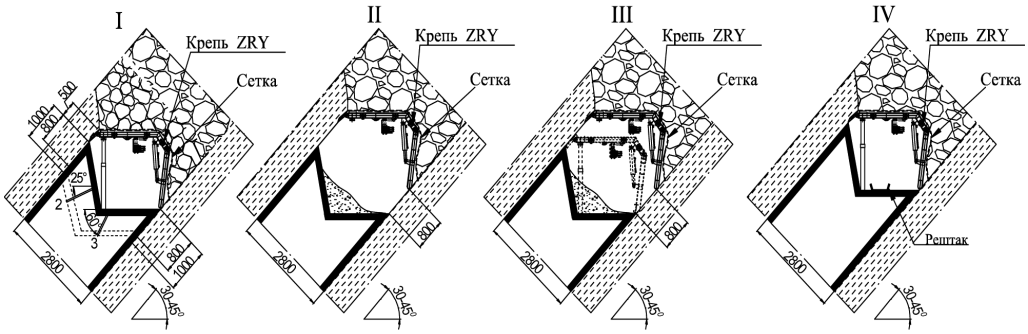

Рис. 3. Последовательность выполнения выемочного цикла в очистном забое с использованием крепи ZRY

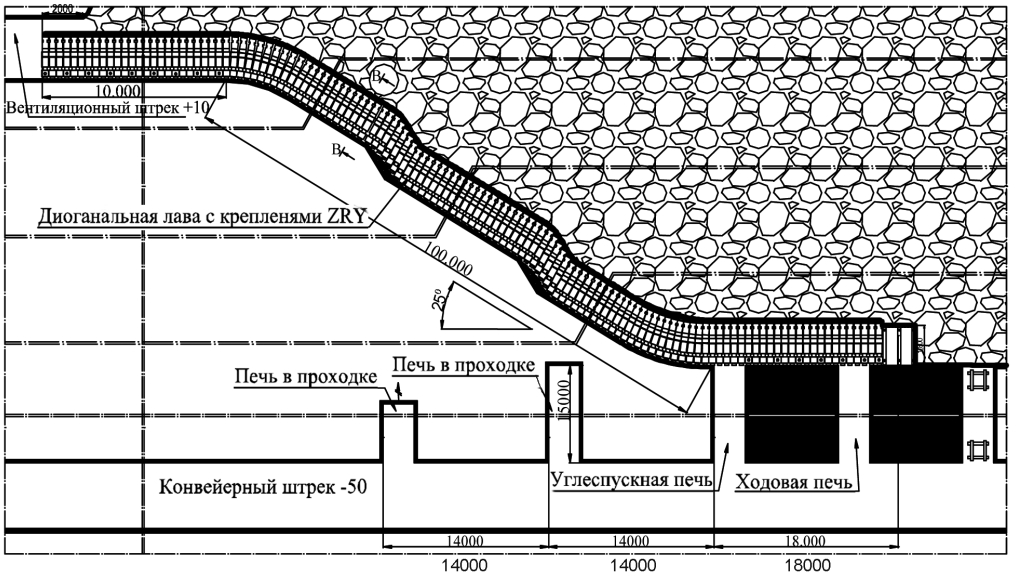

Рис. 4. Технологическая схема отработки наклонного угольного пласта средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя

горных выработок и наклона забоя от угла диагонального положения горных выработок при различных углах падения пластов, нами была составлена и рассмотрена принципиальная схема (рис. 5).

Из прямоугольного треугольника *BCD*, определяется вертикальная высота этажа:

$$h = L \cdot \sin\alpha_{пад} \qquad (1)$$

Из прямоугольного треугольника *ABD*, определяется новая длина выработки:

$$L_{накл} = \frac{L}{\sin\gamma} \qquad (2)$$

Из прямоугольного треугольника *ABC*, определяется угол наклона угольного пласта:

$$\sin_{накл} = \frac{h}{L_{накл}} \qquad (3)$$

Таким образом, для обоснования связи между углом падения пласта ($\alpha_{пад}$) и углом наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$, под-

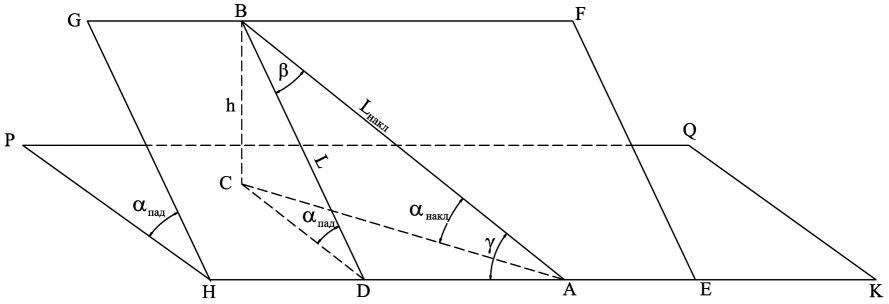

Рис. 5. Принципиальная схема для расчета зависимости уменьшения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль горных выработок от угла диагонального положения горных выработок при различных углах падения пластов: EFGH — плоскость пласта; *KQPH* — горизонтальная плоскость; *EH, FG* — линия простирания; *EF, HG* — линия падения; *h* — вертикальная высота этажа; *L* — наклонная длина этажа; $\alpha_{пад}$ — угол падения пласта; $\alpha_{накл}$ — угол наклона угольного пласта; γ — угол диагонального положения горных выработок

ставляем аналитические выражения (1) и (2) в выражение (3), получим:

$$\sin\alpha_{накл} = \frac{L \cdot \sin\alpha_{пад}}{\frac{L}{\sin\gamma}} \qquad (4)$$

Проанализировав значении входящих в формулу (4) величин, и произведя преобразования, в окончательном виде получим аналитическое выражение, обеспечивающие связь между $\alpha_{накл}$ и $\alpha_{пад}$, которое будет иметь следующий вид:

$$\sin\alpha_{накл} = \sin\alpha_{пад} \cdot \sin\gamma \qquad (5)$$

На основании полученного аналитического выражения (5) и принятых углов падения пластов $\alpha_{пад}$ (15°, 20°, 25°, 30°, 35°), с помощью программы Microsoft Excel, проведены вычисления и построены характерные кривые отражающие изменения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль горных выработок, от угла γ (град), при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$, которые приведены на рис. 6.

При угле наклона угольного пласта 30÷÷35°, необходимо разрезную печь провести под углом 25° по отношению к горизонту, при этом угол диагонального положения горной выработки составит 58° (при угле падения пласта $\alpha_{пад}$ = 30°) или 47° (при угле падения пласта $\alpha_{пад}$ = 35°).

После каждого цикла отбойки угля, нижняя часть очистного забоя, примыкающая к конвейерному штреку, укорачивается, а верхняя часть, примыкающих к вентиляционному штреку, удлиняется, вследствие чего осуществляется извлечение крепи в нижней части для доставки и дополнительной установки в верхней части вентиляционного штрека. На рис. 7 представлена схема смешения лавы после каждого цикла выемки угля.

Количество крепи, которую необходимо извлечь в нижней части конвейерного штрека, перевести дополнительно и установить в верхнюю часть вентиляционного штрека, находим из выражения:

$$n = \frac{v}{l \cdot tg\alpha_{накл}} = \frac{0,8}{0,35 \cdot tg30} = 3,95$$

выбирать n = 4 крепи.

где v — шаг движения лавы после каждого цикла выемки угля, м; l — расстояние между крепями в лаве, м; $\alpha_{накл}$ — угол диагональной линии очистного забоя, град.

Для транспортировки угля в диагональном очистном забое и углеспускной печи используют эмалированные рештаки. Уголь, отбитый при помощи БВР, направляется по эмалированным рештакам к углеспускной печи и по нему на конвейерный штрек.

Порядок ведения очистных работ и технологические параметры выемочного участка при отработки наклонного уголь-

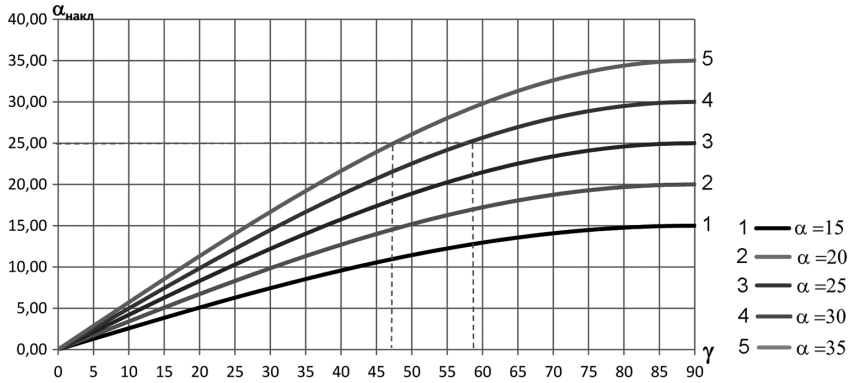

Рис. 6. Характерные кривые, отражающие изменения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль горных выработок от угла диагонального положения горных выработок γ, при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$

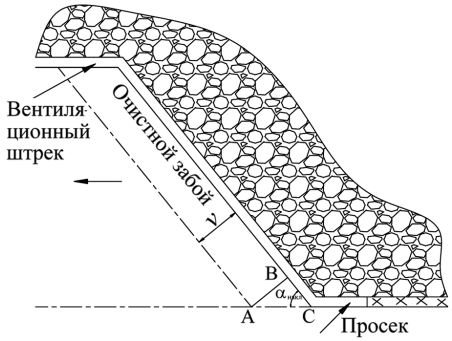

Рис. 7. Схема смещения очистного забоя после цикла выемки угля

ного пласта средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя, приведены на рис. 8.

Для оценки состояния кровли и динамики нагружения секция крепи на шахте Уонгби на пласте «8–Донгвонг», в течение длительного времени были проведены шахтные экспериментальные исследования по изучению напряженно-деформированного состояния массива горных пород выемочного участка. На основании анализа полученных данных с электронного самопишущего прибора «LEO Record» и по результатам инструментальных исследований построен график, описывающий характер изменения нагрузки на крепь конвейерного штрека по длине выемочного столба.

Результаты измерений смещения пород кровли с помощью программы Microsoft Excel, представленные на рис. 9, показывают, что скорость смещения кровли на конвейерный штрек увеличивается, когда расстояние от замерных станций до очистного забоя уменьшается. Это значение увеличивается медленно на расстоянии >30 м, и резко возрастает на расстоянии от 0 до 10 м до забоя.

Результаты измерений опорного горного давления на крепь с помощью программы Microsoft Excel представлены на рис. 10. Обработка результатов исследований методом математической статистики (рис. 10), показывает, что кривая, построенная по результатам шахтных исследований, достаточно объективно аппроксимируется уравнением вида:

$$y = -0{,}0008x^4 + 0{,}0399x^3 - 0{,}7014x^2 + 4{,}3118x + 10{,}063$$

где y — горное давление, МПа; x — расстояние от очистного забоя, м.

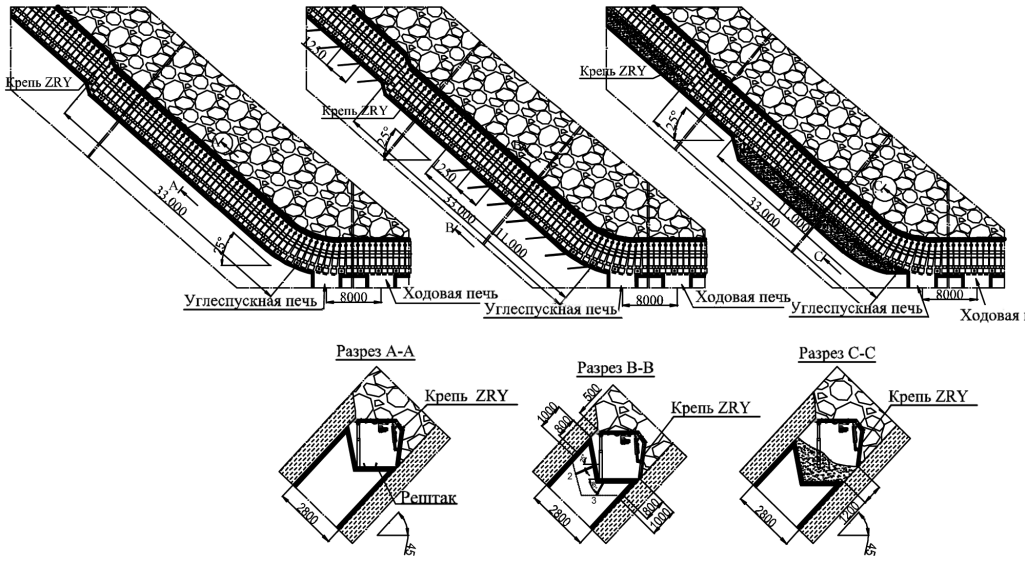

Рис. 8. Порядок ведения очистных работ и технологические параметры выемочного участка с диагональным расположением линии очистного забоя

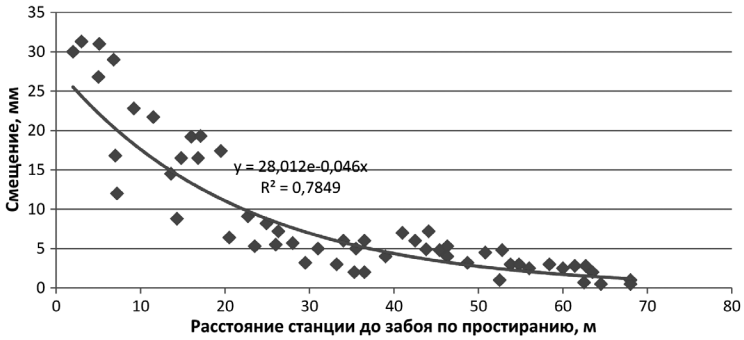

Рис. 9. Смещение кровли на конвейерный штрек

Коэффициент корреляции очень высокий, что говорит о большой тесноте связи между исследуемыми параметрами.

Из рис. 10 видно, что опорное горное давление на крепь конвейерного штрека по простиранию выемочного участка меняется неравномерно. Максимум опорного горного давления расположен на расстоянии от 3—6 м впереди лавы и составляет от 12—14 т. На расстоянии 20 м от забоя опорное горное давление приближается к исходному, что не противоречит ранее проведенным исследованиям [7].

За время проведения опытно-промышленной эксплуатации технологии с диагональным расположением линии очистного забоя при отработке пласта «8–Донгвонг», на шахте Уонгби, с исполь-

Технико-экономические показатели

№	Показатели	Единица	Количество
1	Мощность пласта	м	2,8
2	Угол падения	град	40—45
3	Удельная плотность угля	т/м^3	176
4	Угол диагонального расположения линии очистного забоя	град	250
5	Длина лавы	м	100
6	Шаг выемки угля	м	0,8
7	Производственная мощность	т/год	130.000
8	Среднесуточная нагрузка	т/сут	478
9	Производительность труда	т/чел	6,1

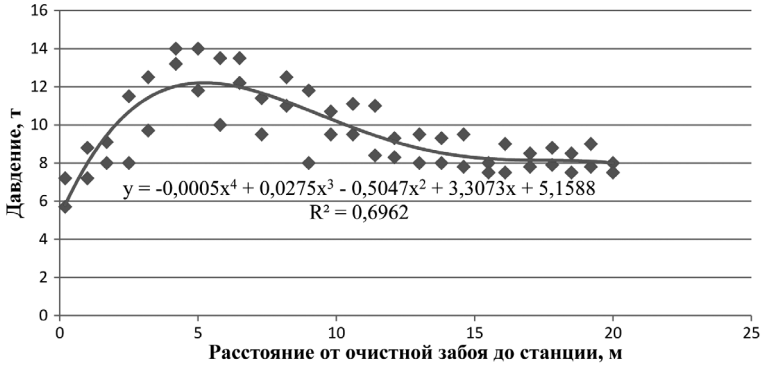

Рис. 10. Характер формирования горного давления впереди очистного забоя по длине конвейерного штрека

зованием шарнирно-оградительных крепей, были получены следующие технико-экономические результаты, которые приведены в таблице [5]. Как видно из таблицы среднесуточная нагрузка на очистной забой составила 478 т/сут, а производительность труда 6,1 т/чел. При использовании выемки угля буровзрывным способом и частичной погрузкой его вручную на средства транспорта, технико-экономически показатели довольно высокие. Это говорит о перспективности предлагаемой технологии.

Выводы

1. На основе проведенных опытно-промышленных испытаний технологической схемы при отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя и управлением кровлей с использованием шарнирно-оградительных крепей, были получены хорошие результаты, что говорит о перспективности данной технологии.

2. Обоснованы пространственно-планировочные решения и параметры выемочного блока, по интенсивной отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя.

3. На основании экспериментальных исследований установлен характер распределения максимума опорного горного давления, в горной выработке относительно кромки очистного забоя. Получены количественные силовые параметры крепи, для обеспечения эффективной и безопасной работы в исследуемом диапазоне горно-геологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перспективный* план развития угольной промышленности Вьетнама в период 2010—2025 гг. — Ханой, 2010.
2. *Фам Чунг Нгуен*. Обоснование проектных решений по интенсивной отработке запасов мощных наклонных угольных пластов бассейна Куангнинь СРВ. Дисс.канд.техн.наук. — М.: МГГУ, 2012. — 150 с.
3. *Коровкин Ю. А. и др.* Теория и практика длиннолавных систем. — М.: ООО «Техгормаш», 2004. — 599 с.
4. *Нгуен Ань Туан, Чыонг Дык Зы, Данг Хонг Тханг и др.* Исследование применения механизации коротких лав в сложных горно-геологических условиях Куангниньского бассейна. — Ханой, 2006.
5. *Ха Ван Хай*. Характеристики ландшафта и история развития новой тектоники Северо-Восточного района Вьетнама: афтореф. дисс. ... канд. геолминер. наук. — Ханой, 2006. — 160 с.
6. *Результат* работы на шахте Уонгби за 2015—2017гг. — Куангнинь, 2017.
7. *Доан Ван Кен, Нгуен Ань Туан, Фунг Мань Дак и др.* Исследование и выбор технологии механизации разработки и проект и фабрикация механизированной крепь, которая соответствуется с горно-геологическими условиями мощных угольных пластов, имеющих угол падения до 35°, в бассейне Куангнинь. Итоговые сообщения государственной научно-технической программы КС.06.01/06-10 (Часть геология). — Ханой, 2008.
8. *Виткалов В. Г.* Обоснование параметров очистных работ и механизированной крепи при высоких скоростях подвигания: диссерт. канд. технич. наук: 05.15.02. — М., 1982. — 205 с.
9. Мельник В. В., Виткалов В. Г. Технология горного производства. Ч. II. — М.: Из-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2015. — 367 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Виткалов Виктор Григорьевич[1] — кандидат технических наук, доцент, e-mail: vitcalov@yandex.ru,
Фам Дик Тханг[1] — аспирант, e-mail: phamducthangmct@gmail.com,
Нгуен Ань Туан — кандидат технических наук, заместитель генерального директора корпорации «Винакомин», Вьетнам,
[1] МГИ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 12, pp. 5–13.

UDC 622.2

V.G. Vitkalov, Pham Duc Thang, Nguyen Anh Tuan

JUSTIFICATION OF LAYOUT AND PROCESS SOLUTION IN HIGH-RATE TILTED MEDIUM-THICK COAL BED MINING WITH ARTICULATED SHIELD-TYPE SUPPORT IN MINES IN QUANG NINH

It is result of scheme of preparation and working out of excavation block with the calculation of technological features and mining-geological conditions of medium-thick inclined coal seams in Quang Ninh coal basin. The substantiate of technological parameters for the working of medium-thickness inclined coal seams with a diagonal alignment line of the face and roof control using the articulated fencing support in Uong Bi mine. The principle developed scheme for calculating rational angle of diagonal arrangement of preparation mine workings is developed depending on angle of incidence of coal seams. The proposed regularity and distribution character of reference rock pressure, along the length of the drift of relative edge of the face.

Key words: Quang Ninh coal basin, reservoir, capacity, hinged protective lining that drift.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-5-13

AUTHORS

Vitcalov V.G.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: vitcalov@yandex.ru,
Pham Duc Thang[1], Graduate Student, e-mail: phamducthangmct@gmail.com,
Nguyen Anh Tuan, Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director,
Vinacomin Corporation, Vietnam,
[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. *Perspektivnyy plan razvitiya ugol'noy promyshlennosti V'etnama v period 2010—2025 gg.* (Perspective plan for development of the coal industry of Vietnam in the period 2010—2025), Ha Noi, 2010.

2. Pham Trung Nguyen. *Obosnovanie proektnykh resheniy po intensivnoy otrabotke zapasov moshchnykh naklonnykh ugol'nykh plastov basseyna Kuangnin' SRV* (Justification of design solutions for high-rate mining of thick tilted coal beds in Quang Ninh Province, Vietnam), Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2012, 150 p.

3. Korovkin Yu. A. *Teoriya i praktika dlinnolavnykh sistem* (Longwall systems: Theory and practice), Moscow, OOO «Tekhgormash», 2004, 599 p.

4. Nguyen Anh Tuan, Truong Duc Du, Dang Hong Thang. *Issledovanie primeneniya mekhanizatsii korotkikh lav v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh Kuangnin'skogo basseyna* (Analysis of mechanization experience in shortwalls in complicated mining and geological conditions of Quang Ninh Province), Ha Noi, 2006.

5. Ha Van Hai. *Kharakteristiki landshafta i istoriya razvitiya novoy tektoniki Severo-Vostochnogo rayona V'etnama* (Landscape characteristics and new tectonics history in North-Eastern Vietnam), Candidate's thesis, Ha Noi, 2006, 160 p.

6. Rezul'tat raboty na shakhte Uongbi za 2015—2017 gg. (The result of work at the Hong Thai mine in the period 2010—2015), Quang Ninh, 2017.

7. Doan Van Kien, Nguyen Anh Tuan, Phung Manh Dac. *Issledovanie i vybor tekhnologii mekhanizatsii razrabotki i proekt i fabrikatsiya mekhanizirovannoy krep', kotoraya sootvetstvuetsya s gorno-geologicheskimi usloviyami moshchnykh ugol'nykh plastov, imeyushchikh ugol padeniya do 35°, v basseyne Kuangnin'. Itogovye soobshcheniya gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy programmy KS.06.01/06-10 (Chast' geologiya)* (Study and selection of mechanization technology as well as powered support design and installation in compliance with the mining and geological conditions of thick coal beds at a dip angle to 35° in Quang Ninh Province. Summary reports within National Science and Technology Program KS.06.01/06-10 (Geology)), Ha Noi, 2008.

8. Vitkalov V. G. *Obosnovanie parametrov ochistnykh rabot i mekhanizirovannoy krepi pri vysokikh skorostyakh podviganiya* (Substantiation of stoping parameters and powered support design for high-rate face advance), Candidate's thesis, Moscow, 1982, 205 p.

9. Mel'nik V. V., Vitkalov V. G. *Tekhnologiya gornogo proizvodstva*. Ch. II (The technology of mining, part II), Moscow, Iz-vo «Gornoe delo» OOO «Kimmeriyskiy tsentr», 2015, 367 p.