УДК 622.271.1

Justification Parameters of the Front of Mining Operations at the Horizontal Mining Coal Deposits Fan Chart System

Pavel V. Katyshev* and Victor E. Kislyakov
Siberian Federal University
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Received 14.10.2015, received in revised form 29.11.2015, accepted 09.01.2016

The technological solutions and parameters of coal mining horizontal and gently dipping, using a fan-moving work front.

Keywords: fan system development, turning point, excavation block of variable width, bucket-wheel excavator, the front of mining operations, mining horizons.

Citation: Katyshev P.V., Kislyakov V.E. Justification parameters of the front of mining operations at the horizontal mining coal deposits fan chart system, J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 2016, 9(2), 166-173, DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-2-166-173.

Обоснование параметров фронта горных работ при отработке пологопадающих угольных месторождений веерной системой

П.В. Катышев, В.Е. Кисляков
Сибирский федеральный университет
Россия, 660041, Красноярск, пр.Свободный, 79

Приведены технологические решения и параметры разработки угольных месторождений горизонтального и пологого залеганий при использовании веерного перемещения фронта работ.

Ключевые слова: веерная система разработки, поворотный пункт, выемочный блок переменной ширины, роторный экскаватор, фронт горных работ, горизонты отработки.

Главная цель открытых горных работ – добыча из недр полезных ископаемых с одновременной выемкой большого объема покрывающих и вмещающих залежи вскрышных пород – достигается при четкой и высокоэкономичной организации ведущего и наиболее дорогого

процесса открытых горных работ – перемещение горной массы из забоев в пункты приема на складах и отвалах. Эффективность процесса перемещения достигается организацией устойчиво действующих грузопотоков полезных ископаемых и вскрышных пород, применительно к которым решаются вопросы вскрытия рабочих горизонтов карьерного поля, а также мощностей используемых транспортных средств [1].

При разработке открытым способом пологопадающих и горизонтальных пластов крупных по запасам и площадям угольных месторождений с применением поточной технологии на основе роторных выемочно-погрузочных комплексов (экскаваторов) существенное влияние на эффективность добычи угля оказывает выбор направления перемещения (развития) фронта горных работ в карьере [2].

Перспективна разработка месторождений горизонтального и пологого залеганий при использовании веерного перемещения фронта горных работ, причем к достоинствам данного способа подвигания можно отнести исключение необходимости постоянного наращивания транспортных коммуникаций и стабилизацию расстояния транспортировки полезного ископаемого.

Основными технологическими условиями, определяющими возможность реализации при веерной подвижке фронта горных работ, являются:

- формирование единого поворотного пункта в месте перегрузки угля с забойных на магистральные транспортные коммуникации;
- клиновидная форма выемочных блоков – как добычных, так и вскрышных;
- параллельность осей транспортных коммуникаций фронту горных работ.

Веерное перемещение фронта работ чаще применяют при работе многоковшовых экскаваторов и транспортно-отвальных мостов, когда на рабочих площадках имеется несколько конвейерных линий или железнодорожных путей, перенос которых на криволинейных участках сложен и трудоемок. Наличие постоянного пункта примыкания путей при веерном способе позволяет удобно располагать промышленные сооружения: тяговую подстанцию, центральный водосборник, диспетчерские устройства, мастерские.

Выбор направления подвигания фронта горных работ определяется параметрами тела полезного ископаемого, конфигурация которого позволяет отрабатывать запасы веерным способом [3]. Веерные системы разработки эффективны при треугольной или округлой конфигурации карьерного поля и позволяют располагать постоянный поворотный пункт в одном из торцов карьера, при этом протяженность фронта остается неизменной. Постоянное положение поворотного пункта исключает необходимость систематического выполнения весьма трудоемких работ по переносу криволинейных участков конвейерных линий, ведет к сокращению расстояния транспортировки, а иногда и к уменьшению объема горно-капитальных работ.

Для строящегося предприятия поворотный пункт фронта работ должен быть в составе промплощадки, место положения которой обеспечивает минимальное расстояние транспортирования полезного ископаемого, а для условий действующего предприятия – это место перегрузки горных пород с забойных на магистральные конвейеры.

Перемещение фронта работ по вееру предполагает отработку уступов заходками переменной ширины в форме треугольника или трапеции – выемочный блок переменной ширины (ВБПШ), площадь которого определяется из следующей зависимости:

$$S = \frac{\pi \cdot L_{\phi}^2 \cdot \alpha}{360}, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где L_{ϕ} – длина фронта горных работ, м; α – угол поворота фронта горных работ, град.

Угол поворота фронта горных работ зависит от типа выемочно-погрузочного оборудования, максимальной ширины экскаваторной заходки ($B_{\max}$) при отработке ВБПШ на участке примыкания блока с границей карьерного поля. Данный параметр существенно влияет на эффективность добычи полезного ископаемого при веерном подвигании фронта горных работ: определяет площадь и количество ВБПШ, время простоя оборудования в связи с передвижкой транспортных коммуникаций к следующему блоку и, следовательно, на производственную мощность предприятия.

Общая площадь выемки полезного ископаемого при веерной системе разработки

$$S_{\text{общ}} = S \cdot n_{\delta}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где n_{δ} – количество выемочных блоков переменной ширины, ед.

Для реализации веерного перемещения фронта горных работ при отработке пологопадающих месторождений необходимым условием является принцип параллельности оси транспортных коммуникаций к линии фронта горных работ (рис. 1). Данное технологическое решение достигается путем смещения линии фронта горных работ по касательной к окружности с радиусом $R1$, центром которой является поворотный пункт транспортных коммуникаций

Рис. 1. Схема ведения добычных работ при веерной системе разработки: 1 – капитальная траншея; 2 – разрезная траншея; 3 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 4 – ось забойных транспортных коммуникаций; 5 – стационарный поворотный пункт; 6 – роторный комплекс; 7 – ВБПШ; 8 – линия фронта горных работ; 9 – граница горного отвода

$$R1 = B_{\max} + l_3, \quad (3)$$

где $B_{\max}$ – максимальная ширина экскаваторной заходки, м; l_3 – расстояние от забойных транспортных коммуникаций до линии фронта горных работ, м.

Важным фактором при отработке карьерного поля выступает расположение транспортных коммуникаций относительно выемочного блока, а именно конвейерные линии перемещаются вслед за развитием карьерного поля (рис. 1) либо опережая его (рис. 2). В первом случае линия фронта горных работ смещается по касательной к окружности в направлении развития карьерного поля, во втором – направление линии фронта горных работ не совпадает с направлением отработки.

Данная технологическая схема подразумевает установку транспортных коммуникаций на верхней площадке и работу выемочных машин с верхней погрузкой. Необходимо планирование разворота линии транспортных коммуникаций от угла поворота фронта горных работ, где угол поворота конвейерных линий определяется из следующей зависимости:

$$\alpha_{12} = \arccos \frac{L_{\phi}^2 + L_{\phi}^2 - B_{\max}^2}{2 \cdot L_{\phi}^2}, \quad (4)$$

где L_{ϕ} – длина фронта горных работ, м.

Рис. 2. Схема ведения добычных работ при веерной системе разработки: 1 – выработанное пространство; 2 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 3 – ось забойных транспортных коммуникаций; 4 – стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций; 5 – роторный комплекс; 6 – межступенный перегружатель; 7 – ВППШ; 8 – линии фронта горных работ на каждом горизонте; 9 – граница карьерного поля

Расстояние от поворотного пункта до ВБПШ при данной технологической схеме (рис. 2) определяется из следующей зависимости:

$$R2 = \sqrt{(l_m^2 + l_3^2)}, \quad (5)$$

где l_m – расстояние от магистральных транспортных коммуникаций до линии фронта горных работ, м.

При отработке месторождения полезных ископаемых с помощью веерной системы необходимо стремиться к уменьшению показателей $R1$ и $R2$, которые, в свою очередь, влияют на длину фронта горных работ и, соответственно, на площадь ВБПШ. График изменения площади ВБПШ от длины фронта горных работ представлен на рис. 3.

Из графика видно, что при увеличении длины фронта горных работ возрастает площадь ВБПШ, тем самым увеличивается объем извлекаемых полезных ископаемых с одной передвижки конвейерных линий.

Разработка мощных угольных месторождений подразумевает отработку карьерного поля несколькими уступами. При веерном подвигании фронта работ данный способ реализуется посредством отработки ВБПШ на каждом горизонте выемки (рис. 4). При планировании вскрышных и добычных работ для обеспечения подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого каждый горизонт выемки необходимо поворачивать на одинаковый угол.

При данной технологической схеме на разных горизонтах площадь вынимаемых ВБПШ будет различна за счет показателей $l_{\phi, \alpha}$ и $l_{\phi, n}$, площадь вынимаемых блоков на i -м горизонте определяется следующим образом:

$$S_i = \frac{\pi \cdot \alpha}{360} \cdot [(i-1) \cdot l_{\phi, \alpha} - L_{\phi}]^2 - ((n - i) \cdot l_{\phi, n})^2], \quad (6)$$

где i – номер горизонта, ед; n – всего горизонтов, ед.

Рис. 3. Изменение площади ВБПШ от длины фронта горных работ

Рис. 4. Технологическая схема отработки угольных месторождений при веерной системе разработки несколькими уступами: 1 – выработанное пространство; 2 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 3 – ось забойных транспортных коммуникаций; 4 – стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций; 5 – роторный комплекс; 6 – выемочно-погрузочные комплексы циклического действия; 7 – ВБПШ; 8 – линии фронта горных работ на каждом горизонте; 9 – граница карьерного поля; $l_{б.з.}$ – расстояние бермы безопасности (транспортной) на границе карьерного поля, м; $l_{б.п.}$ – расстояние бермы безопасности (транспортной) со стороны поворотного пункта, м

Рис. 5. Изменение площади ВБПШ от уровня горизонта отработки начиная с нижележащего

График изменения площади ВБПШ от горизонта выемки представлен на рис. 5. Как видно из этого графика, увеличение показателя $l_{б.з.}$ приводит к более интенсивному изменению площади вынимаемых блоков, что, в свою очередь, усложняет регулирование горных работ.

Рис. 6. Схема развития карьерного поля двумя уступами при расположении транспортных коммуникаций: 1 – магистральные транспортные коммуникации; 2 – забойные транспортные коммуникации; 3 – линия фронта горных работ на нижнем уступе; 4 – линия фронта горных работ на верхнем уступе; 5 – выемочно-погрузочные комплексы; 6 – межуступный перегружатель

Отработка мощных угольных месторождений определяет выемку пласта полезного ископаемого несколькими уступами, при веерной системе разработки такой прием реализуется по следующей методике (рис. 6). Для выемки угольного пласта двумя уступами при помощи выемочно-погрузочных комплексов непрерывного действия и отгрузкой полезного ископаемого на одну линию транспортных коммуникаций необходимо соблюдать параллельность между осью транспортных коммуникаций и линией фронта горных работ как на верхнем, так и на нижнем уступе. Параллельность достигается за счет смещения линий фронта горных работ по касательным к окружностям с радиусами R_1 (R_2) и с учетом, что линии верхнего и нижнего уступов смещаются в противоположных направлениях.

Вместе с тем требуется верхний и нижний ВБПШ поворачивать на одинаковый угол, а с учетом берм безопасности (транспортных площадок) площадь верхнего ВБПШ будет больше, что определяет размещение на верхнем уступе более мощного оборудования либо регулирование площади вынимаемых блоков показателями $l_{б.г.}$ и $l_{б.л.}$.

Реализация вышеприведенных технологических схем позволяет планировать распределение мощности выемочно-погрузочного комплекса циклического действия, что, в свою очередь, определяет снижение трудоёмкости, повышение эффективности, рациональное извлечение полезного ископаемого и безопасное ведение горных работ, доказывает необходимость разработки технологических приемов, обеспечивающих эффективную выемку полезных ископаемых.

Список литературы

[1] Ржевский В.В. *Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация*. М.: Недра, 1985, 549 с. [Rzhevskii V.V. *Open-pit mining. Ch. 2. Technology and complex mechanization*. Moscow, Nedra, 1985, 549 p. (in Russian)]

[2] Кисляков В.Е., Никитин А.В., Катышев П.В.. Исследование технологии и производительности роторного выемочно-погрузочного комплекса при веерном подвигании фронта добычных работ в угольном карьере. *Горный журнал*, 2013, 5, 108 [Kisliakov V.E., Nikitin A.V., Katyshev P.V. The study of technology and productivity rotary excavation and loading complex, with fan-podverganie front of mining works in the coal pit. *Mining journal*, 2013, 5, 108 (in Russian)]

[3] Кисляков В.Е., Катышев П.В. Исследование технологических параметров при веерном подвигании фронта горных работ. *Журнал СФУ, Техника и технологии*, 2015, 8(2), 192-197 [Kisliakov V.E., Katyshev P.V. Study of process parameters during rolling podverganie the front of mountain works. *J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol.*, 2015, 8(2), 192-197 (in Russian)]