

С.И. Фомин, До Нгок Хоан

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЬЕТНАМА

Согласно программе развития угольной промышленности Вьетнама, предусмотрено увеличение добычи угля к 2020 г. до 70 млн т/год. Наряду с ростом потребления угля в последние годы наблюдается снижение темпа добычи, которое отрицательно влияет на развитие экономики Вьетнама. Несмотря на достижения в угледобывающей промышленности существуют актуальные проблемы в добыче угля для обеспечения энергетической безопасности, устойчивого роста экономики и сохранения окружающей среды. Решение этих проблем требует совершенствования технологических и проектных решений.

Ключевые слова: месторождение, уголь, открытая разработка, параметры системы разработки, высота уступа, ширина рабочих площадок, разрез.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-138-143

Ухудшение горнотехнических условий отработки угольных месторождений Вьетнама, увеличение расходов на добычу угля, сокращение капиталовложений, истощение запасов и повышение налоговой ставки вызывают необходимость внедрения новых технологий открытой угледобычи, рационального использования угольных ресурсов. Согласно программе развития угольной промышленности Вьетнама, предусмотрено увеличение добычи угля к 2020 г. до 70 млн т/г. Во Вьетнаме разведкой и добычей угля занимается корпорация «Vinacomín». Разработка угольных месторождений осуществляется открытым и подземным способом. Открытый способ применяется при разработке 29 месторождений. В настоящее время на территории Вьетнама известно около ста угольных месторождений и углепроявлений разной степени изученности. Основные действующие

угледобывающие предприятия расположены в северной части страны. Суммарный запас угля составляет около 6,14 млрд т [4, 12].

От выбора параметров системы разработки во многом зависит экономическая эффективность работы угольных разрезов. Высота уступа и ширина рабочих площадок влияют на угол откоса рабочего борта и коэффициент вскрыши. Высота уступа существенно влияет на работу разреза и поэтому решение по высоте уступа принимается с учетом условий залегания и свойств извлекаемых горных пород; необходимой интенсивности отработки месторождения; календарного плана горных работ; требуемого качества выдаваемого из карьера полезного ископаемого; параметров буровзрывных работ; условий работы экскаваторов и транспортирования пород. Основным условием выбранной

рациональной высоты уступа является его устойчивость в процессе работы карьера, обеспечивающая безопасность ведения горных работ. Углы откоса рабочих уступов в процессе эксплуатации карьера зависят от свойств горных пород, принятых способов отработки уступов и параметров буровзрывных работ. Необходимо обеспечивать возможность работы экскаваторов с углами откосов рабочего уступа, соответствующими траектории движения ковша.

Высота уступов, определенная по условиям устойчивости, в подавляющем большинстве случаев получается большей, чем это необходимо исходя из других факторов, поэтому во многих случаях расчеты устойчивости уступов не производятся. При установлении высоты и отметок уступов следует учитывать условия залегания горных пород. Отметки кровли и подошвы уступов должны совпадать с контактами различных пород для проведения селективной выемки. Мощность наносов, покрывающих паст угля, определяет как высоту, так и отметки верхних уступов. Мощность горизонтально залегающего пласта угля учитывается при установлении высоты добычных уступов. Ошибки в определении отметки подошвы уступов оказывают негативное воздействие на результаты работы разреза. Высота уступа существенно влияет на скорость подвигания экскаваторных забоев, фронта работ и на сроки вскрытия и подготовки новых горизонтов. Скорость подвигания заходки V_3 и рабочего фронта уступа V_ϕ [1, 2, 8, 10, 11]

$$V_3 = \frac{Q}{hA}, \text{ м/мес.} \quad (1)$$

$$V_\phi = \frac{12Q}{hL}, \text{ м/год} \quad (2)$$

где L — длина фронта работ на i -м добычном горизонте, м; h — высота уступа, м; Q — эксплуатационная произво-

дительность экскаватора, м³/мес.; A — ширина заходки экскаватора, м.

Следовательно, с увеличением высоты уступа уменьшается скорость подвигания фронта работ. Объем работ по вскрытию и подготовке горизонта пропорционален кубу и квадрату высоты уступа, соответственно. При увеличении высоты уступа значительно увеличивается объем траншейных работ и, следовательно, увеличиваются сроки подготовки новых горизонтов. С другой стороны, достижимая скорость углубки определяется механизацией и организацией горных работ при вскрытии и подготовке новых горизонтов. Высота уступов существенно влияет на скорость углубки. При уменьшении высоты уступов с 20 до 10 м, т.е. в два раза, достижимая скорость углубки увеличивается в полтора раза. С уменьшением высоты уступов увеличивается коэффициент вскрыши.

Для увеличения чистого дисконтированного дохода, сокращения величины капитальных вложений и срока их окупаемости, необходимо сократить период строительства разреза и сроки освоения производственной мощности. Поэтому целесообразно высоту верхних уступов принимать небольшой в период проведения горно-капитальных и горно-строительных работ, что обеспечит более интенсивное развитие работ, а когда на разрезе перейдут к эксплуатационным работам, высота уступов может быть увеличена.

Между высотой уступа и параметрами буровзрывных работ существует тесная взаимосвязь. С увеличением высоты уступа (при применении вертикальных скважин и угла откоса уступа меньше 90°) увеличивается сопротивление по подошве. Метод наклонных скважин, параллельных откосу рабочего уступа, позволяет резко увеличить высоту уступа без изменения диаметра скважин. От параметров буровзрывных работ и высоты

Таблица 1

Результаты анализа данных по высоте уступа на разрезе Кок Шау

№	Исходные данные	Значение													
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	≥16	сумма	
1	Высота уступа h , м														
2	Количество уступов, n	2	2	3	3	3	5	1	2	6	1	2	5	35	
3	Доля уступов с высотой h , %	5,7	5,7	8,6	8,6	8,6	14,3	2,9	5,7	17,1	2,9	5,7	14,3	100	
4	Кумулятивная доля уступов с высотой h , %	5,7	11,4	20	28,6	37,1	51,4	54,3	60	77,1	80	85,7	100		

уступа зависят размеры развала взорванной горной массы и выход негабарита. Эти показатели значительно влияют на эффективность работы экскаваторов. В некоторых случаях при трещиноватых породах бурить глубокие скважины затруднительно из-за застревания бурового инструмента в скважине. В этом случае нужно принимать небольшую высоту уступов. Исследования показали, что с увеличением высоты уступа себестоимость 1 м^3 взорванной горной массы снижается [9].

Для экскаваторов-мехлопат с увеличением высоты уступов себестоимость экскавации снижается до значения $h = 15 \text{ м}$, затем стабилизируется, а начиная с 20 м — повышается. Применительно к одному типу экскаваторов с увеличением высоты уступа себестоимость экскавации снижается. При выборе выемочно-погрузочного оборудования для разрезов допустимо 20% превышение высоты развала над высотой черпания экскаватора (без разработки специальных мер по понижению высоты разва-

Таблица 2

Результаты анализа данных по затратам на бурение при различной высоте уступов на разрезе Кок Шау

Высота уступа h , м	Величина уменьшения суммарной длины бурения по сравнению с $h = 15 \text{ м}$, м	Дополнительный объем горных работ по сравнению с $h = 15 \text{ м}$, тыс. м^3	Дополнительные эксплуатационные затраты, по сравнению с $h = 15 \text{ м}$, млн донг.	Дополнительные затраты на БВР по сравнению с $h = 15 \text{ м}$, млн донг.
14	1867	101	655	35,1
13	4022	215	1395	75,7
12	6536	345	2237	123,0
11	9507	494	3203	179,0
10	13 072	667	4325	246,2
9	17 429	870	5641	328,3
8	22 876	1111	7208	431,0
7	29 879	1404	9105	563,0

Таблица 3

Результаты анализа данных по ширине рабочих площадок на разрезе Кок Шау

№	Исходные данные	Значение										
		≤5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	>40	сумма	
1	Ширина рабочих площадок В, м											
2	Количество уступов	9	5	1	5	3	2	1	4	5	35	
3	Доля уступов с шириной площадок В, %	25,7	14,3	2,86	14,3	8,57	5,71	2,86	11,4	14,3	100	
4	Кумулятивная доля уступов с шириной площадок В, %	25,7	40	42,9	57,1	65,7	71,4	74,3	85,7	100		

ла), то есть высота черпания может быть ниже высоты забоя максимум в 1,2 раза. Для обеспечения рациональной организации работы транспорта в разрезе целесообразнее принимать уступы большей высоты. При этом сокращается число рабочих горизонтов и уменьшается объем путевых работ. Для разрезов незначительной протяженности высота уступа ограничивается возможной длиной наклонных транспортных съездов.

Результаты анализа данных по высоте уступа на разрезе Кок Шау представлены в табл. 1.

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что наибольшее количество уступов на разрезе Кок Шау (17,1%) имеет высоту 13 м, а уступов с высотой 16 м и более — 14,3%. Результаты анализа данных по затратам на бурение при различной высоте уступов на разрезе Кок Шау представлены в табл. 2.

Таким образом, при уменьшении высоты уступа дополнительные эксплуатационные затраты по сравнению с $h = 15$ м, увеличиваются.

Формирование рабочей зоны в пространстве и времени осуществляется при изменении ширины рабочих площадок, подвигании рабочего борта в про-

цессе развития горных работ. Ширина рабочих площадок включает минимальную ширину и определенный запас, снижающий влияние ведения горных работ на смежных уступах [3, 5, 6, 7]. Результаты анализа данных по ширине рабочих площадок на разрезе Кок Шау представлены в табл. 3.

Анализ данных, представленных в табл. 3 показывает, что наибольшее количество уступов на разрезе Кок Шау (25,7%) имеют площадки, где проводятся горные работы менее 6 м, что соответствует параметрам предохранительных берм и берм механической очистки. Только 14,3% уступов имеют ширину рабочих площадок, соответствующую технологическим нормам и обеспечивающую безопасную и эффективную работу горно-транспортного оборудования. Сокращение ширины рабочих площадок на участках рабочего борта разреза или создание временно нерабочего борта целесообразно для уменьшения текущего коэффициента вскрыши и стабилизации эксплуатационного коэффициента вскрыши.

Современные экономические условия работы угольных предприятий Вьетнама не позволяют использовать многие

технические и технологические решения в прежнем виде. Требуются новые технологические решения по обработке угольных месторождений, которые позволят

в условиях ограниченных финансовых ресурсов повысить эффективность реализации проектов и их привлекательность для потенциальных инвесторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Производительность карьеров: монография. — СПб.: Изд-во СПГИ(ТУ), 2002. — 85 с.
2. Ганицкий В. И. Менеджмент горного производства. Терминологический словарь. — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 472 с.
3. Hill J. H. Geological and economical estimate of mining projects. London, Informa Group, 1993. 85 p.
4. Ministry of Industry and Trade of Viet Nam. The development planning of Vietnam's coal industry to 2020, consider the possibility to 2030. Ha Noi. 2016. pp. 7–11.
5. William A. Hustrulid, Mark E. Kuchta Open Pit Mining Planningby. CRC Press, Har/Com edition. 2006. 971 p.
6. Schröder D. L. Large surface miners — applications and cost calculations // Krupp Förder-technik GmbH, Essen, Germany, February, 1999, pp. 1–6.
7. Scott B., Ranjith P.G., Choi K. and Khandelwa M. A review on existing opencast mining methods within Australia // Journal of Mining Science, 46(3). 2010. pp. 280–297.
8. Трубецкой К. Н. Краснянский Г. Л., Хронин В. В. Проектирование карьеров: Учебник для вузов: в 2 т. 2-е изд., перераб. и доп. Т. I. — М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. — 519 с.
9. Fomin S. I. Risk analysis method for opencast mining project // Annual. University of mining and geology St. Ivan Rilski. Part II, vol. 55, Sofia, 2012. pp. 23–28.
10. Fomin S. I., Vedrova D. A. The Mining technology of a thick overburden layer covering a group of flat dipping coal seams // Mine planning and equipment selection. Vol. 1, Dresden, Germany, Springer, 2013, pp. 75–81.
11. Фомин С. И. Анализ спроса на рынке минерального сырья при определении производительности карьеров // Горный журнал. — 2002. — № 4. — С. 48–53.
12. Vietnam national coal-mineral industries holding corporation limited // Appropriate mining methods for Deo Nai — Coc Sau — Cao Son mines. Ha Noi. 2015. pp. 7–11. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Фомин Сергей Игоревич¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: fominsi@mail.ru,

До Нгок Хоан¹ — аспирант,

Ханойский горно-геологический университет, Вьетнам,

¹ Санкт-Петербургский горный университет.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 11, pp. 138–143.
UDC 622.271.3

S.I. Fomin, Hoan Do

ANALYSIS OF OPEN PIT COAL MINING SYSTEM PARAMETERS IN VIETNAM

According to the coal development program of Vietnam, to increase expected coal gross output in 2020 to 70 million tons / year. Based on the basis of exploiting, processing efficiently and economically using the country's coal resources, ensuring national energy security. With the

orientation of turning the small-scale mines to a larger scale, exploiting sustainably and efficiently, maximizing the use of internal dumping site. From the options of development system depends largely on the economic efficiency of coal opencuts.

The main task is to determine parameters of working space such as height of the bench, width of the bench and stripping ratio.

The bench height and bench width has a significant impact on the work of the section and the decision was adopted taking into account the conditions of occurrence and properties of extracted rocks; the necessary intensity refining deposits; schedule of mining works; drilling and blasting parameters; working conditions and transporting rocks.

Key words: mine, coal, deposit, open cut, bench height, bench width, parameters of working space.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-138-143

AUTHORS

Fomin S.I.¹, Doctor of Technical Sciences,
Professor, e-mail: fominsi@mail.ru,
Hoan Do¹, Graduate Student,
Hanoi University of Mining and Geology,
Hanoi, Vietnam,

¹ Saint Petersburg Mining University,
199106, Saint-Petersburg, Russia.

REFERENCES

1. Arsent'ev A.I. *Proizvoditel'nost' kar'erov: monografiya* (Opencast mine output, monograph), Saint-Petersburg, Izd-vo SPGGI(TU), 2002, 85 p.
2. Ganitskiy V.I. *Menedzhment gornogo proizvodstva. Terminologicheskiy slovar'* (Mining management. Specialized dictionary), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 472 p.
3. Hill J.H. *Geological and economical estimate of mining projects*. London, Informa Group, 1993. 85 p.
4. Ministry of Industry and Trade of Viet Nam. *The development planning of Vietnam's coal industry to 2020, consider the possibility to 2030*. Ha Noi. 2016. pp. 7–11.
5. William A. Hustrulid, Mark E. Kuchta *Open Pit Mining Planning*by. CRC Press, Har/Com edition. 2006. 971 p.
6. Schröder D.L. *Large surface miners applications and cost calculations*. Krupp Förder-technik GmbH, Essen, Germany, February, 1999, pp. 1–6.
7. Scott B., Ranjith P.G., Choi K. and Khandelwa M. A review on existing opencast mining methods within Australia. *Journal of Mining Science*, 46(3). 2010. pp. 280–297.
8. Trubetskoy K.N. Krasnyanskiy G.L., Khronin V.V. *Proektirovanie kar'erov: Uchebnik dlya vuzov 2-e izd., T. I.* (Designing of open pits: Textbook for high schools, 2nd edition, vol. I.), Moscow, Izd-vo Akademii gornykh nauk, 2001, 519 p.
9. Fomin S.I. Risk analysis method for opencast mining project. *Annual. University of mining and geology St. Ivan Rilski*. Part II, vol. 55, Sofia, 2012. pp. 23–28.
10. Fomin S.I., Vedrova D.A. The Mining technology of a thick overburden layer covering a group of flat dipping coal seams. *Mine planning and equipment selection*. Vol. 1, Dresden, Germany, Springer, 2013, pp. 75–81.
11. Fomin S.I. *Gornyy zhurnal*. 2002, no 4, pp. 48–53.
12. Vietnam national coal-mineral industries holding corporation limited. *Appropriate mining methods for Deo Nai Coc Sau Cao Son mines*. Ha Noi. 2015. pp. 7–11.

