

Оптимизация производственного цикла в очистных забоях сверхкатегорных угольных шахт

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-4-40-42>

НОВОСЕЛОВ С.В.

Канд. экон. наук,
650002, г. Кемерово, Россия,
e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

В статье приведен анализ работы очистных забоев угольных шахт США и России за период 1993–2018 гг. по показателям интенсификации угледобычи, определены линейные тренды роста. Предложен и раскрыт метод оптимизации производственного цикла в очистных забоях. По данным работы выемочных участков 66-05 и 50-02 компании «СУЭК-Кузбасс» разработаны оптимизационные модели, позволяющие в автоматизированном режиме, с использованием надстройки «Поиск решения» в среде Excel решать оптимизационные задачи. Определены потенциальные резервы и мультипликационный эффект от оптимизации времени несовмещенных процессов производственного цикла в лаве.

Ключевые слова: концентрация, интенсификация, методология оптимизации, ограничивающие факторы, целевая функция, оптимизация времени производственного цикла, мультипликационный эффект.

Для цитирования: Новоселов С.В. Оптимизация производственного цикла в очистных забоях сверхкатегорных угольных шахт // Уголь. 2021. № 4. С. 40-42. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-40-42.

ВВЕДЕНИЕ

Изменяющаяся ситуация в мире инициирует вызовы угольной отрасли России и постоянную адаптацию к конкурентным условиям топливно-энергетического рынка. Угольным компаниям России необходимо изыскивать методы и средства повышения эффективности подземной угледобычи. Данная задача усложняется рядом объективных ограничений по спросу на угли, безопасности и другим факторам, сдерживающим объемы и темпы добычи.

На основе систематизации и анализа базы официальных источников [1, 2, 3] определено, что за период 1993–2018 гг. добыча в США сократилась с 858 до 640 млн т, в России – рост добычи с 250 до 421 млн т в год. При расчете линейных трендов по темпам роста добычи Россия имеет прирост 7 млн т в год (в США спад – минус 11 млн т в год), а по абсолютным объемам добычи сокращено отставание с 3,43 раза в 1993 г., до 1,52 раза в 2018 г., и это не проигрыш, так как все определяют спрос на угли, цены, прибыль, рентабельность и другие стратегические показатели, определяемые значимостью момента. Кроме того, за данный период в России сократилось число комплексно-механизированных забоев (КМЗ) с 500 до 54, а производительность труда рабочего по добыче выросла с 66,6 до 330,4 т/мес., что говорит о росте концентрации и интенсификации производства.

Согласно федеральной программе угольной промышленности России определены стратегические цели [4]: рост ежегодной добычи угля к 2035 г. по консервативному и оптимистическому вариантам развития составит 485 млн т и 668 млн т соответственно. Обоснуем тезис, что оптимизация производственных процессов в горной промышленности будет способствовать решению федеральной программы.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

Актуальность тематики обоснования современной технологии интенсивной подземной разработки высокогазоносных угольных пластов в последнее время репрезентативно раскрыта ведущими российскими учеными в горной науке: А.Д. Рубаном, В.Б. Артемьевым, В.С. Забурдяевым, В.Н. Захаровым, Ю.Н. Малышевым, К.Н. Трубецким и др. Аспект повышения эффективности угледобывающих производств, производительности добычной техники и труда в угольной промышленности раскрыт в работах [5, 6, 7]. За рубежом ведутся исследования в аспекте использования горных машин, процессов метановыделения и самовозгорания углей, что подтверждается публикациями [8, 9, 10, 11].

Доказательство значимости метода оптимизации рассмотрим применительно к очистным забоям 66-05, 50-02 компании «СУЭК-Кузбасс», рекордная работа которых освещена в публикациях [12, 13]. При оптимизации учитывались ограничения:

– время концевых операций, коэффициент схемы выемки (0,5 и 1), скорости подачи комбайна (32 и 48 м/мин),

Горнотехнические и организационные параметры отработки выемочных участков 50-02 и 66-05 и мультипликационный эффект

Наименование показателей	Выемочный участок	
	66-05	50-02
Плановая суточная нагрузка на очистной забой, т	38000	35000
Продолжительность рабочей смены, мин	480	480
Число рабочих смен по добыче угля	2,25	2,25
Фактическая добыча за месяц, т	1020100	1407210
Условно-фактическое время работы комбайна по технической производительности, ч	340,03	312,7
Оптимальное время работы комбайна, ч	389	440
Максимальная добыча по плану, т/мес.	1140000	1050000
Теоретически возможная добыча при работе комбайна с коэффициентом машинного времени $K_{мвр} = 0,8$, т/мес.	1440000	2160000
Оптимизированная добыча с учетом временных ограничений, тыс. т/мес.	1288484	1999025
Расчетное время отработки выемочного столба по фактической добыче, мес.	2,34	3,4
Расчетное время отработки выемочного столба по оптимизированной добыче, мес.	1,85	2,39
Прирост добычи за счет интенсификации производственного цикла КМЗ, т/мес.	268384	519805
Мультипликационный эффект от прироста добычи за счет интенсификации производственного цикла КМЗ в стоимостном выражении (при цене угля 50 дол. США/т), млрд руб./мес.	1,033	2,001

количество циклов в час (1,38 и 1,44 полосы в час), добыча с цикла (1367 и 1629 т);

– влияние внешних факторов на остановку комбайна: метаноопасность (ввиду создания эффективных систем вентиляции и дегазации отрицательное влияние фактора было минимизировано), проявления горного давления, транспортные ограничения.

В результате получены целевые функции добычи для выемочных участков 66-05 и 50-02, которые имеют следующий вид:

$$X = 420X_1 - 120X_2 - 30X_3 - 30X_4 \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_1 = 4011 \\ X_2 \leq 455 \\ 3X_1 + X_2 \leq 11578 \\ X_3 \geq 3000 \\ X_4 \geq 3000 \end{cases}$$

$$X = 486X_1 - 91X_2 - 11,5X_3 - 11,5X_4 \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\begin{cases} X_1 = 4888 \\ X_2 \leq 455 \\ 3X_1 + X_2 \leq 15119 \\ X_3 \geq 3000 \\ X_4 \geq 3000 \end{cases}$$

где X_1 – добыча угля очистным комбайном; X_2 – потери добычи при концевых операциях; X_3 – потери добычи от аварийных ситуаций (вентиляционный режим, горное давление); X_4 – потери добычи от остановки транспорта.

Решение оптимизационной задачи в программе Excel для целевых функций (1) и (2) дало соответственно результаты 1288484 т и 1999025 т. Обобщенные расчеты по оптимизации приведены в *таблице*.

Полученные результаты показывают значительные возможные эффекты при скоростях подачи комбайна 30 м/мин и более с коэффициентом использования машинного времени в ориентире 0,8. Сравнение сопоставимых очистных забоев шахты Маунтайниир США (коэффициент ма-

шинного времени комбайна Joy 4LS-9 составлял 0,75-0,8 при среднесуточном подвигании забоя 27,2 м [2, с. 39]), с расчетами ученых ВостНИИ при 35 циклах по 0,8-28 м [6, с. 51] и с авторской оптимизацией 28,8 и 30,2 м соответственно в забоях 66-05 и 50-02 дает высокую сходимость этих независимых расчетов и результатов, подтвержденных практикой, что доказывает достоверность примененных и предлагаемого методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе оптимизационных моделей (1), (2) программа предложила повысить время работы комбайна по добыче (время резания угля): по забою 66-05 с условно фактических 340,03 ч до 389 ч и по забою 50-02 с условно фактических 312,7 до 440 ч в оптимальном режиме. При этом соответственно сокращается время концевых операций.

В результате выполнения оптимизационного режима возможно получение мультипликационных стоимостных эффектов: по лаве 66-05 – 1,033 млрд руб./мес. и по лаве 50-02 – 2,001 млрд руб./мес., что определяет данный метод оптимизации производственного цикла в очистном забое сверхкатегорных угольных шахт значимым для практики.

Список литературы

1. Статистический ежегодник мировой энергетики. [Электронный ресурс]. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/> (дата обращения: 15.03.2021).
2. Разумняк Н.Л., Мышляев Б.К. Основные направления развития технологий и средств комплексной механизации очистных работ для отработки угольных пластов // Уголь. 2001. № 1. С. 34–40.
3. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2018 года // Уголь. 2019. № 3. С. 64–79. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79.
4. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CnNAxwIYZEE6zm6I52S.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

5. Каличева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Оценка достигнутого уровня производительности труда в угольной промышленности и анализ резервов ее повышения в инновационной деятельности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 511. С. 39–49.

6. Обоснование оптимальной длины и производительности очистного забоя при отработке мощного угольного пласта шахты «Талдинская-Западная-1» / А.А. Ордин, А.М. Тимошенко, Д.В. Ботвенко и др. // Уголь. 2019. № 3. С. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-50-54.

7. Новоселов С.В., Мельник В.В., Агафонов В.В. Экспортно ориентированная стратегия развития угольных компаний России – основной фактор обеспечения их финансовой устойчивости // Уголь. 2017. № 11. С. 54-56. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-11-54-56.

8. Availability analysis of selected mining machinery / J. Brondy, S. Alszler, J. Krystek et al. // Archives of Control Sciences. 2017. Vol. 27(2). P. 197–209.

9. Expenrimental study on the effect of moisture on low-rank coal adsorption characteristics / Guo Haijun, Cheng Yuanping, Wang Liang et al. // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2015. Vol. 24. P. 245-251.

10. Sorption characteristics of methane among various rank coals: impact of moisture / Nie Baisheng, Liu Xianfeng, Yuan Shaofei et al. // Adsorption. 2016. Vol. 22(3). P. 315–325.

11. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition / Q. Lin, S. Wang, S. Song et al. // Fuel Processing Technology. 2017. N 159. P. 38–47.

12. Достижение наивысших показателей по добыче угля в месяц в условиях АО «СУЭК-Кузбасс» / В.Б. Артемьев, Е.П. Ютяев, А.А. Мешков и др. // Уголь. 2017. № 8. С. 82-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-82-88.

13. Казанин О.И., Сидоренко А.А., Мешков А.А. Организационно-технологические принципы реализации потенциала современного высокопроизводительного очистного оборудования // Уголь. 2019. № 12. С.4–13. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-12-4-13.

Original Paper

UDC 658.511.3:622.33.013.3:622.016.62 © S.V. Novoselov, 2021
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 4, pp. 40-42
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-4-40-42>

Title

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION CYCLE IN STOPES OF HIGH-METHANE COAL MINES

Author

Novoselov S.V.¹

¹ Kemerovo, 652002, Russian Federation

Authors' Information

Novoselov S.V., PhD (Economic), e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

Abstract

The paper presents an analysis of the work of coal stopes in USA and Russia for the period 1993-2018. According to the indicators of intensification of coal production, linear growth trends are determined. A method for optimizing the production cycle in stopes is proposed and disclosed. According to the work of the excavation sites 66-05 and 50-02 of "SUEK-Kuzbass" JSC, optimization models have been developed that allow solving optimization problems in an automated mode using the "solution search" add-in in excel. The potential reserves and the multiplier effect of optimizing the time of non-combined processes of the production cycle in the lava are determined.

Keywords

Concentration, Intensification, Optimization methodology, Limiting factors, Objective function, Optimization of production cycle time, Multiplier effect.

References

1. Statistical Yearbook of World energy [Electronic resource]. Available at: <https://yearbook.enerdata.ru/> (accessed 15.03.2021). (In Russ.).
2. Razumnyak N.L. & Myshlyayev B.K. Main directions of development of technologies and means of complex mechanization of treatment works for mining coal seams. *Ugol'*, 2001, (1), pp. 34-40.
3. Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January – December, 2018. *Ugol'*, 2019, (3), pp. 64-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79.
4. Program for the development of the Russian coal industry for the period up to 2035. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1582-r of June 13, 2020. [Electronic resource]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CnNAxwIYZEE6zm6I52S.pdf> (accessed 15.03.2021). (In Russ.).
5. Kalicheva L.V., Petrov I.V. & Savon D.Yu. Assessment of the achieved level of labor productivity in the coal industry and analysis of reserves for its improvement in innovative activities. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2014, (S11), pp. 39-49.
6. Ordina A.A., Timoshenko A.M., Botvenko D.V. & Nikolskiy A.M. Engineering study of optimal coalface length and productivity in thick-seam min-

ing at "Taldinskaya-Zapadnaya-1" mine. *Ugol'*, 2019, (3), pp. 50-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-50-54.

7. Novoselov S.V., Melnik V.V. & Agafonov V.V. Export-oriented development strategy of the coal companies of Russia – the main factor ensuring their financial stability. *Ugol'*, 2017, (11), pp. 54-56. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-11-54-56.

8. Brondy J., Alszler S., Krystek J. et al. Availability analysis of selected mining machinery. *Archives of Control Sciences*, 2017, Vol. 27(2), pp. 197–209.

9. Guo Haijun, Cheng Yuanping, Wang Liang et al. Expenrimental study on the effect of moisture on low-rank coal adsorption characteristics. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2015, (24), pp. 245-251.

10. Nie Baisheng, Liu Xianfeng, Yuan Shaofei et al. Sorption characteristics of methane among various rank coals: impact of moisture. *Adsorption*, 2016, Vol. 22(3), pp. 315–325.

11. Lin Q., Wang S., Song S. et al. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*, 2017, (159), pp. 38–47.

12. Artemiev V.B., Yutyayev E.P., Kopylov K.N., Meshkov A.A., Demura V.N. & Smirnov O.V. Reaching top coal mining monthly production figures with "SUEK-Kuzbass" JSC. *Ugol'*, 2017, (8), pp. 82-88. (in Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-82-88.

13. Kazanin O.I., Sidorenko A.A. & Meshkov A.A. Organizational and technological principles of realization of the modern high productive longwall equipment capacity. *Ugol'*, 2019, (12), pp. 4–13. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-12-4-13.

For citation

Novoselov S.V. Optimization of the production cycle in stopes of high-methane coal mines. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 40-42. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-40-42.

Paper info

Received December 16, 2020

Reviewed January 21, 2021

Accepted March 17, 2021

PRODUCTION SETUP