

Повышение эффективности и безопасности подземного строительства на основе управления техническими, организационными и социально-экономическими факторами

Б.Ч. Месхи¹, Т.М. Минина², А.В. Долгова²

¹Донской государственной технической университет

²Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Развитие горнодобывающей отрасли вызывает необходимость увеличения технико-экономических показателей проходческих работ. В то же время с ростом скоростей строительства, интенсивности и производительности труда проходчиков, усложнением горно-геологических условий обостряются проблемы, связанные с обеспечением комплексной безопасности труда рабочих в подземных условиях. С увеличением глубины стволов абсолютные средние значения продолжительности отдельных этапов работ возрастают. Средние скорости сооружения стволов изменяются незначительно и ниже нормативных. Одной из основных причин такого положения являются большие потери времени в период строительства и низкий уровень безопасности работ. Выполненные исследования показывают, что необходимо, как увеличение технической оснащённости строительства, так и совершенствование организации работ и социально-экономических условий труда. Лучшие примеры из практики показывают, что это позволяет увеличить производительность труда в 3 раза при обеспечении высокой безопасности работ.

Ключевые слова: подземное строительство, организация труда, безопасность работ, скорость, производительность, экономическая эффективность.

Развитие горнодобывающей отрасли страны характеризуется постоянным ростом глубин разработки месторождений, вскрываемых вертикальными стволами. Строительство таких объектов – это очень сложная задача, занимающая до 8-10 лет и требующая десятков и сотен миллионов долларов капитальных вложений. При таких количественных параметрах вопросы экономической эффективности для инвесторов встают особенно остро, а разработка и внедрение новых технических и технологических решений по ее повышению, весьма актуальна [1-4].

Вместе с тем с увеличением скоростей проходки, интенсивности и производительности труда проходчиков, усложнением горно-геологических условий обостряются проблемы, связанные с обеспечением комплексной безопасности труда рабочих в подземных условиях. Данную взаимосвязь на

основе структурирования влияющих факторов удобно переставить в виде следующей организационной схемы (рис. 1).

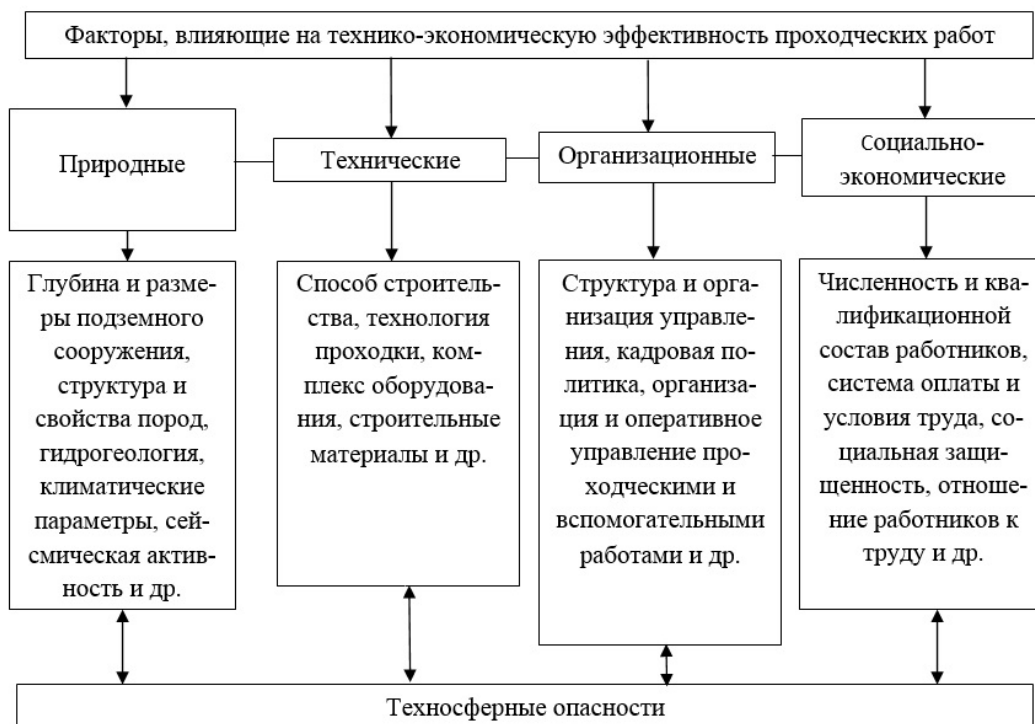


Рис. 1. – Факторы, влияющие на технико-экономические показатели строительства подземных сооружений

Таким образом, при применении типовых подходов показатели технико-экономической эффективности строительства могут находиться в противоречии с параметрами техносферной безопасности. Для недопущения этого необходимо комплексно учитывать природные факторы и эффективно управлять техническими, организационными и социально-экономическими параметрами при обосновании проектных решений и их реализации.

Рассмотрим основы этого подхода на примере строительства вертикальных стволов шахт и рудников.

Строительство ствола можно представить в виде совокупности производственных циклов, выполняемых в строго определенной последовательности:

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (1)$$

где T_c – суммарная продолжительность работ; t_1 – продолжительность оснащения; t_2 – продолжительность проходки ствола; t_3 – продолжительность проведения сопряжений и камер со стволом; t_4 – продолжительность армирования стволов, с переоснащением; t_5 – продолжительность переоборудования ствола для проведения горизонтальных и наклонных выработок (на второй период строительства).

Средняя скорость строительства вертикальных стволов V определяется отношением полной глубины ствола H_c к суммарной продолжительности времени T_c , затрачиваемого на все виды работ [5-9]. Скорость проходки ствола может быть представлена в виде

$$V_{\text{пр}} = H_c / t_2 \quad (2)$$

Значения продолжительности отдельных производственных циклов строительства стволов и скорости работ, определенные по 210 стволам Донбасса, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средняя продолжительность отдельных этапов проходки стволов

Глубина ствола, м	Продолжительность этапа, мес./%					$V_{\text{пр}}$, м/мес.	T_c , мес.	V , м/мес.
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5			
от 300 до 500	<u>13</u> 33	<u>15,7</u> 40,0	<u>3,5</u> 8,9	<u>3,3</u> 8,4	<u>3,8</u> 9,7	26,5	39,3	10,8
от 501 до 700	<u>13</u> 28,7	<u>18,1</u> 40,0	<u>4,3</u> 9,5	<u>4,5</u> 8,9	<u>5,4</u> 11,9	33,1	45,3	13,2
от 701 до 900	<u>14,5</u> 28,2	<u>19,8</u> 38,5	<u>4,3</u> 8,4	<u>5,6</u> 10,9	<u>7,2</u> 14,0	40,0	51,4	15,4
от 901 до 1100	<u>17,5</u> 28,1	<u>23,8</u> 38,2	<u>7,6</u> 12,2	<u>6,0</u> 9,6	<u>7,4</u> 11,9	41,7	62,3	15,9
от 1101 до 1350	<u>26,3</u> 31,9	<u>27,9</u> 33,9	<u>7,9</u> 12,2	<u>11,4</u> 13,3	<u>9,7</u> 11,3	44,5	82,5	15,0
Средние данные	<u>15,6</u> 28,8	<u>21,2</u> 38,8	<u>5,4</u> 9,8	<u>5,7</u> 10,4	<u>6,8</u> 12,2	38,7	54,7	15,0

Анализ табл. 1, показывает, что с увеличением глубины стволов абсолютные средние значения продолжительности отдельных этапов работ возрастают. Средние скорости сооружения стволов изменяются незначительно и ниже нормативных.

Одной из основных причин такого положения являются большие потери времени в период строительства и низкий уровень безопасности работ (табл. 2) [10-16].

Таблица 2

Потери рабочего времени по отдельным процессам строительства стволов

Этапы работы	Полезное время		Потери времени $t_{п.в}$			
	работы $t_{п}$		на	на	на простой	Итого, %
	мес.	в %	подготовительные работы, мес.	технологические потери, мес.	в работе, мес.	
Оснащение ствола t_1	7	40	2,9	5,6	2,0	60
Проходка ствола t_2	11	47	2,0	9,3	1,5	53
Проведение сопряжений t_3	3,3	43	1,1	2,3	0,9	57
Армирование t_4	3,0	50	1,0	1,3	0,7	50
Переоборудование ствола t_5	4,4	60	1,1	1,2	0,7	40
Всего T_c	28,7	46	8,1	19,7	5,8	54

Эффективность организации строительных работ можно оценить с помощью коэффициента интенсивности производственного процесса $K_{инт}$, представляющего собой отношение полезного времени работы $t_{п}$ к сумме полезного времени $t_{п}$ и времени потерь $t_{п.в}$, обусловленных организацией и безопасностью работ.

На рис. 2 представлены зависимости скорости проходки стволов от значений коэффициента интенсивности, а также основных технических факторов.

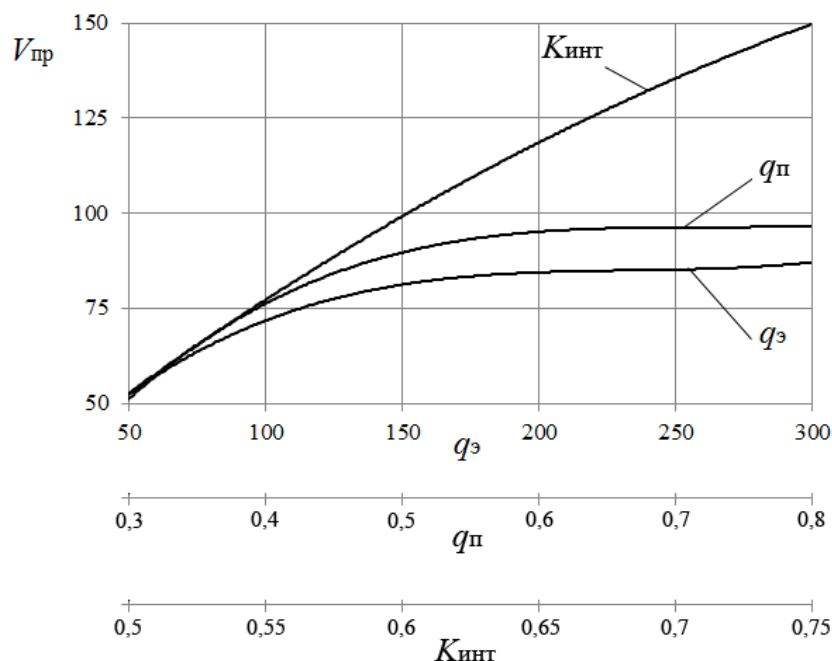


Рис. 2. – Зависимость скорости проходки стволов от различных факторов

На рис. 2 приняты следующие обозначения: $q_э$ – энерговооруженность работ, характеризующая суммарную мощность оборудования, приведенную к 1 м² площади ствола, кВт/м²; $q_п$ – подъемовооруженность, т.е. общая вместимость средств подъема, м³/м².

Как видно и из рис. 2 увеличение технической оснащённости строительства позволяет повысить скорости проходки, а также обеспечить пропорциональный рост производительности труда в 1,5 - 2,0 раза. Совершенствование организации производства обеспечивает рост этих показателей в 3 раза и более.

Наиболее эффективным является сочетание мер организационного и социально-экономического характера, что было в частности применено при проходке ствола шахты «Обуховская № 1» в Ростовской обл. Для строительства была создана комплексная проходческая бригада из числа

наиболее квалифицированных проходчиков, разработана циклограмма, по которой продолжительность цикла работ составляла 12 ч 30 мин, что в 2 раза меньше стандартной. Организована эффективная схема снабжения строительства необходимыми материалами и ресурсами, внедрена система стимулирования работников и комплексная система безопасности труда, основанная на сочетании методов, принятых в плановой и рыночной экономике. Внедрена сдельно-премиальная система оплаты труда, учитывающая как технико-экономические показатели, так и параметры безопасности работ.

В результате скоростного прохождения ствола за 31 рабочий день пройдено 233,7 м ствола и установлен рекорд России, при этом был обеспечен нулевой уровень производственного травматизма.

К сожалению такой подход пока не находит широкого распространения в современной российской практике, где социально-экономическое положение работников горнодобывающей отрасли остается достаточно тяжелым, а уровень производственного травматизма – наивысшим в сравнении с остальными секторам экономики.

Литература

1. Плешко М.В., Плешко М.С. Керамические массы однократного обжига на основе габбро-долерита и умеренно красножгущейся глины // Стекло и керамика. 2015. № 1. С. 21-24.
 2. Страданченко С.Г., Плешко М.С., Армейсков В.Н. О необходимости проведения комплексного мониторинга подземных объектов на различных стадиях жизненного цикла // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.
 3. Плешко М.С., Плешко М.В. Инновационные подходы к проектированию конструкций крепи глубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 7. С. 223-227.
-

4. Плешко М.С., Курнаков В.А. Анализ нормативной базы и научных исследований в области крепления вертикальных стволов. Направления их дальнейшего развития // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 4. С. 49-53.

5. Плешко М.С., Прокопов А.Ю., Басакевич С.В. Исследование работы участка крепления безрасстрельной армировки вертикального ствола при комплексном действии нагрузок // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2007. № 4. С. 84-86.

6. Molev, M. D., Stradanchenko, S. G. and Maslennikov, S. A. Theoretical and experimental substantiation of construction regional security monitoring systems technospheric. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015, Volume 10, No 16, pp. 6787–6790.

7. Прокопов А.Ю., Страданченко С.Г., Плешко М.С. Новые решения в проектировании жесткой армировки вертикальных стволов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. Т. 216. С. 216.

8. Плешко М.С., Плешко М.В. Инновационные подходы к проектированию конструкций крепи глубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 7. С. 223-227.

9. Плешко М.С. О взаимном влиянии факторов, определяющих эффективность строительства и эксплуатации вертикального ствола // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 8. С. 53-56.

10. Плешко М.С. Аналитическое исследование способов повышения несущей способности монолитной бетонной крепи вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 8. С. 263-268.

11. Плешко М.С., Пашкова О.В., Насонов А.А. Геометрические неоднородности монолитно-бетонной крепи шахтных стволов и их влияние на устойчивость выработки // Горный журнал. 2015. № 3. С. 33-37.

12. Плешко М.С., Насонов А.А., Пашкова О.В. Разработка технических решений по повышению устойчивости участков сопряжений вертикальных стволов // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 5 (24). С. 15.

13. Плешко М.С., Армейсков В.Н., Петренко Л.А., Сулименко Р.И. О проблеме применения технологии струйной цементации при строительстве глубоких подземных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2016, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3523.

14. Pleshko M., Voinov I., Revyakin A. Assessment of the impact of railway tunnel lining defects with a long working lifespan on its carrying capacity. MATEC Web of Conferences Сер. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017, pp. 05004.

15. Meskhi B., Pleshko M., Buligin Y., Alexeenko L., Molev M. Ensuring safe operation and assessing the condition underground structures by the method of acoustic resonance flaw detection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017" 2017, pp. 012217.

16. Yagodkin F.I., Prokopov A.Y., Pleshko M.S., Pankratenko A.N. Non-standard equipment for construction of vertical shafts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Сер. "Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering - Transportation of Mineral Resources" 2017, pp. 062014.

References

1. Pleshko M.V., Pleshko M.S. Steklo i keramika. 2015. № 1. pp. 21-24.
2. Stradanchenko S.G., Pleshko M.S., Armejskov V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.
3. Pleshko M.S., Pleshko M.V. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2012. № 7, pp. 223-227.



4. Pleshko M.S., Kurnakov V.A. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2011. № 4, pp. 49-53.

5. Pleshko M.S., Prokopov A.Ju., Basakevich S.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2007. № 4, pp. 84-86.

6. Molev, M. D., Stradanchenko, S. G. and Maslennikov, S. A. Theoretical and experimental substantiation of construction regional security monitoring systems technospheric. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015, Volume 10, No 16, pp. 6787–6790.

7. Prokopov A.Ju., Stradanchenko S.G., Pleshko M.S. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2005. V. 216, pp. 216.

8. Pleshko M.S., Pleshko M.V. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2012. № 7, pp. 223-227.

9. Pleshko M.S. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2012. №8, pp. 53-56.

10. Pleshko M.S. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2008. №8, pp. 263-268.

11. Pleshko M.S., Pashkova O.V., Nasonov A.A. Gornyj zhurnal. 2015. №3, pp. 33-37.

12. Pleshko M.S., Nasonov A.A., Pashkova O.V. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2014. № 5 (24), pp. 15.

13. Pleshko M.S., Armejskov V.N., Petrenko L.A., Sulimenko R.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3523.

14. Pleshko M., Voinov I., Revyakin A. MATEC Web of Conferences Ser. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017, pp. 05004.



15. Meskhi B., Pleshko M., Buligin Y., Alexeenko L., Molev M. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017" 2017, pp. 012217.

16. Yagodkin F.I., Prokopov A.Y., Pleshko M.S., Pankratenko A.N. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Сер. "Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering - Transportation of Mineral Resources" 2017, pp. 062014.