

Формирование контуров контроля технологического процесса угольного разреза

О.И. Черских¹, В.С. Минаков¹, А.М. Макаров²✉

¹ ООО «Восточная горнорудная компания», г. Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства, г. Челябинск, Российская Федерация

✉ makarovam_niiogr@mail.ru

Резюме: Технологический процесс горного производства как последовательность изменения природного состояния недр Земли для получения определенного количества и качества минеральных продуктов характеризуется отклонениями от задаваемых нормативных значений параметров, что обуславливается причинами различной природы. Большая часть этих причин рукотворная, создаваемая в ходе выполнения работниками конкретных производственных операций. В статье изложен оригинальный подход к организации контроля параметров технологического процесса угольного разреза. Для уменьшения величины и вероятности отклонений состояния процесса от нормативных значений предлагается формирование технического и организационного контуров контроля. Каждый контур представляет из себя замкнутую цепь технических средств и организационного инструментария, которая обеспечивает поддержание нормативного состояния технологического процесса. В качестве критерия эффективности функционирования контуров контроля предложен производственный риск. Изложена методика, позволяющая рассчитать риск. Представлены результаты применения контурного подхода к контролю технологического процесса на Солнцевском угольном разрезе.

Ключевые слова: угольный разрез, технологический процесс, производственный риск, контур контроля, технический контур контроля, организационный контур контроля

Для цитирования: Черских О.И., Минаков В.С., Макаров А.М. Формирование контуров контроля технологического процесса угольного разреза. *Горная промышленность*. 2024;(2):78–82. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-2-78-82>

Formation of control contours for technological process in a coal strip mine

O.I. Cherskikh¹, V.S. Minakov¹, A.M. Makarov² ✉

¹ East Mining Company LLC, Moscow, Russian Federation

² Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production, Chelyabinsk, Russian Federation

✉ makarovam_niiogr@mail.ru

Abstract: Mining technological process as a sequence of changing the natural state of the Earth's subsoil to obtain a certain quantity and quality of mineral products is characterized by departures from the specified normative parameter values, which is due to causes of different nature. Most of these causes are man-made, and they are created during the performance of specific process operations by the personnel. The article presents an original approach to managing the control over the technological process parameters in a coal strip mine. To reduce the magnitude and probability of the process departures from the normative values, the authors propose to create technical and organizational control loops. Each loop is a closed chain of technical means and organizational tools, which secures up-keeping of the normative technological process state. Production risk is proposed to be used as a criterion to assess the efficiency of the control loops. The methodology allowing to calculate the risk is described. The results of the contour approach application to the technological process control at the Solntsevsky coal strip mine are presented.

Keywords: coal strip mine, technological process, production risks, control loop, technical control loop, organizational control loop

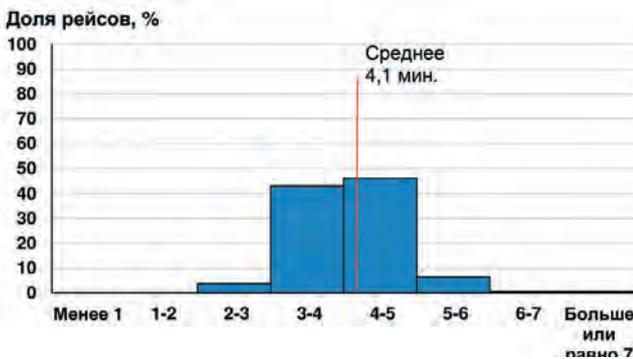
For citation: Cherskikh O.I., Minakov V.S., Makarov A.M. Formation of control contours for technological process in a coal strip mine. *Russian Mining Industry*. 2024;(2):78–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-2-78-82>

Введение

Технологический процесс горного производства как последовательность изменения природного состояния недр Земли для получения определенного количества и качества минеральных продуктов характеризуется отклонениями от задаваемых нормативных значений параметров, что обуславливается причинами различной природы. Большая часть этих причин рукотворная, создаваемая в ходе выполнения работниками конкретных производственных операций.

Отклонения фактических параметров технологического процесса от нормативных достигают значительных размеров (рис. 1), что приводит к существенным рискам негативных событий, перерасходу ресурсов в производственной деятельности и предопределяет необходимость создания действенных средств контроля осуществления процессов [1–3].

а) циклов экскаватора



б) рейсов автосамосвалов

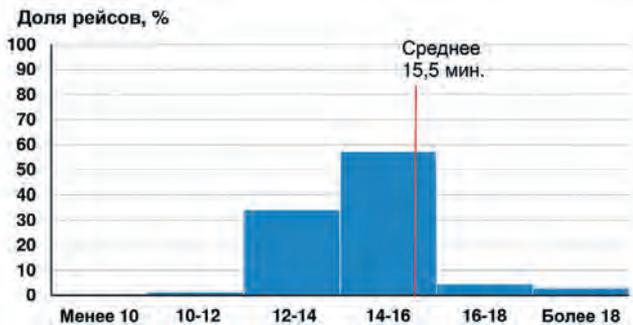


Рис. 1 Отклонения от нормативных значений продолжительности

Fig. 1 Departures from the normative duration values

Методический подход

Под контролем подразумевается функция, реализация которой обеспечивает выявление отклонений процесса от нормативных параметров и целенаправленное его приведение в требуемое состояние.

В качестве исходной позиции при создании надлежащей системы контроля технологического процесса использовался контурный подход к формированию организационных систем различного предназначения, предложенный А.Б. Киным [4].

В отношении контроля под контуром подразумевается замкнутая цепь способов и средств мониторинга и коррекции технологического процесса, обеспечивающая поддержание его функционирования в нормативных параметрах.

Применяемые в исследовании определения:

а) *технологический процесс как объект контроля* –

совокупность операций, осуществляемых на взаимодействующих рабочих местах, на которых с использованием труда, оборудования, технических средств минеральное сырье преобразуется в заданное качество и количество продукта (развито в [5] и ГОСТ Р 12.3.047–2012¹);

б) *контур контроля* – комплекс способов и средств, предназначенный для предотвращения отклонений состояния технологического процесса от нормативных параметров (развито [4]).

Опираясь на предложенный подход и принимая во внимание то, что трудовые операции персоналом на рабочих местах выполняются с использованием горнотранспортного оборудования и других средств механизации, целесообразно формирование двух контуров контроля – технического и организационного.

Технический контур контроля предназначен для обеспечения нормативного состояния оборудования и работника, условий и режимов эксплуатации оборудования, его одновременного технического и ремонтного обслуживания (рис. 2).

Этот контур формируется из технических средств и устройств, позволяющих выполнить диагностику состояния работоспособности оборудования и персонала, его готовности к надлежащему функционированию.

Для обеспечения нормативных режимов эксплуатации оборудования работник должен обладать необходимыми навыками и физиологическим состоянием. Для подготовки персонала с такими навыками необходимы тренажеры, имитирующие работу оборудования. Предсменный настрой на безопасную работу может быть обеспечен тестированием на знание требований ОТ и ПБ на терминалах, которые широко используются в угледобывающей отрасли. Для мониторинга физиологического состояния целесообразно использование систем предсменного медосмотра, алкотестирования и контроля состояния работника в течение смены. Такие системы доступны, они показали свою работоспособность. Но они малоэффективны, если не собраны в замкнутую цепь, позволяющую контролировать состояние оборудования и персонала в нормативных параметрах.

Организационный контур контроля имеет своим предназначением обеспечение выполнения персоналом тру-

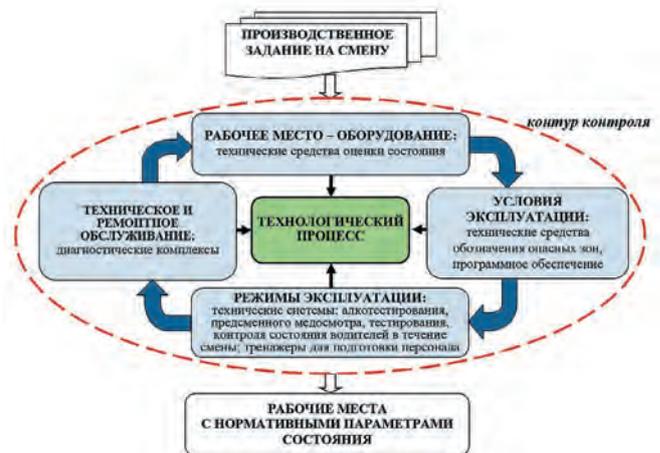


Рис. 2 Технический контур контроля технологического процесса

Fig. 2 Technical loop of the technological process control

1 ГОСТ Р 12.3.047–2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Утв. приказом 27 дек. 2012 г. №1971-ст.

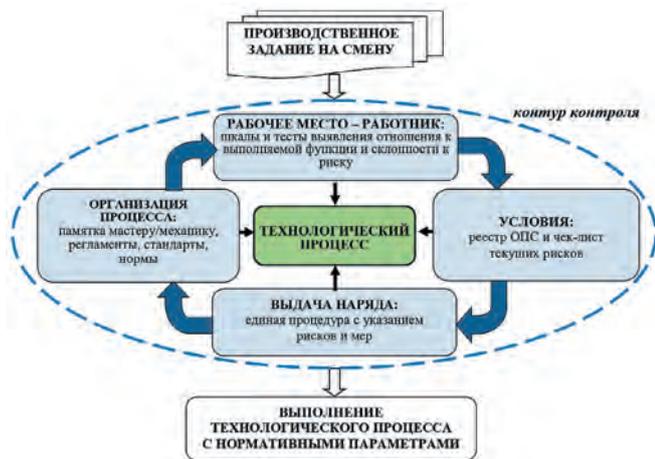


Рис. 3
Организационный контур контроля технологического процесса

Fig. 3
Organizational loop of the technological process control

довых операций на рабочих местах с нормативной последовательностью и параметрами (рис. 3). Он формируется на базе организационных инструментов, позволяющих выполнить диагностику профессионализма работников и их склонности к рискованному поведению, выявить характерные опасные производственные ситуации в местах проведения работ, организовать выдачу наряда с учетом этой информации, организовать и проконтролировать процесс в течение смены. Для оценки профессионализма персонала используется методика, позволяющая определить отношение к выполняемой трудовой функции и обеспечению безопасности труда, оценить навыки. Склонность к рискованному поведению выявляется при помощи специальных тестов. Такая информация позволяет руководителю, который организует трудовой процесс, акцентировать внимание работников, недостаточно безопасных в своем поведении, на факторах и обстоятельствах, представляющих для них повышенную угрозу. Для упрощения и качественного решения этой задачи в производственных подразделениях необходимо сформировать реестры характерных опасных

производственных ситуаций (ОПС), которые включают не только выявленные ОПС, но и меры по снижению риска их реализации в негативное событие [6].

Так как угольный разрез является опасным производственным объектом, то важное значение при организации трудовых процессов имеет процедура подготовки и выдачи наряда. На этом этапе целесообразно выработать и использовать единую для всех производственных подразделений процедуру выдачи наряда, позволяющую информацию о персонале и характерных ОПС соединить и с учётом этого расставить приоритеты и акценты при решении задач. Передовой зарубежный и отечественный опыт показывает, что для обеспечения упорядоченности действий в трудовых процессах необходима соответствующая их регламентация, включающая порядок их осуществления, продолжительность операций, применяемые инструменты и приемы труда. Разработка и выполнение таких регламентов (стандартов) делают процесс прогнозируемым и, соответственно, лучше контролируемым. Хорошим подспорьем является памятка мастеру (механику), который занимается текущей организацией трудового процесса. Карманный вариант такой памятки позволяет её всегда иметь с собой.

В качестве критерия эффективности (результативности) функционирования контуров контроля технологического процесса, на наш взгляд, разумно применить производственный риск, предложенный в работах [7; 8]. В контексте решаемой задачи производственный риск – характеристика производственной среды и мера, с помощью которой определяются уровень производственной опасности и возможный размер социально-экономических потерь при реализации этой опасности (развито [7]).

Результаты применения контурного подхода к контролю технологического процесса

Для выявления производственного риска, предотвращаемого отклонениями процесса от нормативных параметров, использовалась специальная методика [9; 10]. Оценка производственного риска осуществлялась по шкале, представленной в табл. 1.

Таблица 1
Оценочная шкала производственного риска

Table 1
Assessment scale of production risks

Вероятность (В)		Тяжесть последствий возможного события (Т)			
Уровень вероятности наступления возможного события	Балл	Социальные последствия (травма человека)	Балл	Экономические последствия (экономические потери)	Балл
Событие практически исключено	1	Возникновение боли без повреждений	1	Незначительное повреждение оборудования, без ремонта и простоя, экономические потери до 500 тыс. руб.	1
Событие маловероятно	2	Микротравма	2	Повреждение оборудования с последующим мелкосрочным ремонтом в течение смены; экономические потери от 500 до 1000 тыс. руб.	2
Событие возможно со средней степенью вероятности	3	Легкая травма	3	Повреждение оборудования с его остановкой продолжительностью больше смены, но меньше суток; экономические потери от 1000 до 5000 тыс. руб.	3
Событие возможно с высокой степенью вероятности	4	Травма с тяжелым исходом	4	Остановка отдельного производственного оборудования или процесса на несколько суток, экономические потери от 5000 до 15 000 тыс. руб.	4
Событие практически неизбежно	5	Травма со смертельным исходом или групповая травма со смертельным исходом	5	Остановка предприятия на сутки и более, экономические потери от 50 млн руб.	5

Расчет производственного риска в технологическом процессе выполнялся по формуле:

$$R_{cnp} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{npi}}{n}, \tag{1}$$

где R_{cnp} – средний уровень производственного риска в технологическом процессе; n – количество технологических звеньев в процессе; R_{npi} – производственный риск в i -м звене технологического процесса:

$$R_{npi} = R_{Ti} \times R_{\mathcal{E}i}, \tag{2}$$

где R_{Ti} – риск травмирования в i -м звене технологического процесса; $R_{\mathcal{E}i}$ – риск экономический в i -м звене технологического процесса.

Для расчета риска травмирования и экономического риска использовался классический подход:

$$R_{(T,\mathcal{E})i} = B_{(T,\mathcal{E})i} \times T_{(T,\mathcal{E})i}, \tag{3}$$

где $R_{(T,\mathcal{E})i}$ – риск травмирования или экономических потерь в i -м звене технологического процесса; $B_{(T,\mathcal{E})i}$ – вероятность наступления травмирования или экономических потерь в i -м звене технологического процесса; $T_{(T,\mathcal{E})i}$ – тяжесть последствий от травмирования или экономических потерь в i -м звене технологического процесса.

Выявление, оценка и расчет производственного риска по характерным опасным производственным ситуациям, возникающим вследствие отклонения параметров технологического процесса от нормативных, сопоставление этих результатов с последствиями инцидентов и негативных событий позволили определить диапазоны значений, отражающие нормативный, приемлемый, повышенный и критический уровни риска (табл. 2).

Таблица 2
Уровень риска и соответствующий ему диапазон значений

Table 2
Risk level and its corresponding range of values

Уровень риска	Диапазон значений, баллы	
	$R_T R_{\mathcal{E}}$	R_{cnp}
Нормативный	1	1–4
Нормативный	2–5	4–35
Повышенный	6–12	36–224
Критический	15–25	225–625

Применение этого критерия и оценочной шкалы позволило определить наиболее опасные отклонения в процессах и операциях, разработать меры по снижению риска, организовать их осуществление в формате программы с непосредственным участием руководителей производственных подразделений [6; 10]. Для повышения результативности работы с рисками ход реализации программ систематически рассматривается на совещаниях. Итоги совещаний фиксируются в протоколе, который является инструментом мониторинга и контроля решения задач.

Список литературы / References

1. Nguembi I.P., Yang L., Appiah V.S. Safety and risk management of Chinese enterprises in Gabon's mining industry. *Heliyon*. 2023;9(10):e20721. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20721>
2. Mayr M., Luftensteiner S., Chasparis G.C. Abstracting process mining event logs from process-state data to monitor control-flow of industrial manufacturing processes. *Procedia Computer Science*. 2022;200:1442–1450. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.345>



Рис. 4
Динамика отклонений и стоимости реализации средневзвешенного риска

Fig. 4
Dynamics of deviations and the cost of realization of the weighted average production risk

Следует отметить, что организация деятельности по формированию контуров контроля технологического процесса с использованием критерия производственный риск вызывает у руководителей производственных подразделений закономерное сопротивление, поскольку ассоциируется с дополнительным бременем. Вместе с тем неотступное движение в решении этой задачи позволяет преодолеть этот психологический барьер [11].

Динамика снижения стоимости средневзвешенного производственного риска представлена на рис. 4.

Из этой динамики видно, что наибольший эффект от формирования элементов контуров достигается на первоначальном этапе. Это предопределяется тем, что начинают контролироваться наиболее критичные отклонения процессов, которые могут привести к значительным социально-экономическим потерям. На дальнейших этапах эффект от снижения этих потерь уменьшается, но возрастает эффект от более рационального использования ресурсов: трудового, МТЭР, природного.

Заключение

Отклонения фактических параметров технологического процесса от нормативных достигают значительных размеров и тем самым создают угрозу деятельности как работникам, так и предприятию в целом. Для достижения и сохранения нормативного состояния процесса целесообразно формирование технического и организационного контуров контроля, представляющих замкнутые цепи способов и средств мониторинга и коррекции этого процесса. Наличие, поддержание и улучшение функционирования таких контуров контроля позволяет существенно снижать уровень производственных рисков.

3. Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л. *Безопасность производства (организационный аспект)*. М.: Горная книга; 2015. 144 с.
Artemyev V.B., Galkin V.A., Kravchuk I.L. *Safety of production (organizational aspect)*. Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2015, 144 p. (In Russ.).
4. Килин А.Б. *Научное обоснование системы непрерывного совершенствования производственного процесса открытой угледобычи: дис. ... д-ра техн. наук*. Екатеринбург; 2021. 296 с.
Kilin A.B. *Scientific rationale for a system of continuous improvement in the production process of surface coal mining: Dr. Sci. (Eng.) diss.*. Yekaterinburg, 2021, 296 p. (In Russ.).
5. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р. (ред.) *Горное дело: Терминологический словарь*. М.: Горная книга; 2016. 635 с.
Trubetskoy K.N., Kaplunov D.R. (ed.). *Mining: Dictionary of terms*. Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2016, 635 p. (In Russ.).
6. Черских О.И., Минаков В.С., Галкин А.В. Освоение системы управления рисками персоналом Солнцевского угольного разреза. *Уголь*. 2022;(10):40–44. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-10-40-44>
Cherskikh O.I., Minakov V.S., Galkin A.V. Mastering the risk management system by personnel of the Solntsevo coal strip mine. *Ugol'*. 2022;(10):40–44. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-10-40-44>
7. Кравчук И.Л., Смолин А.В. О целесообразности проектирования системы обеспечения безопасности труда на угледобывающем предприятии. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2021;(5-1):316–325. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_51_0_316
Kravchuk I.L., Smolin A.V. Expedience of occupational safety system design in a coal mine. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2021;(5-1):316–325. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_51_0_316
8. Галкин А.В., Смолин А.В., Неволина Е.М. Управление производственным риском как элемент проектирования системы обеспечения безопасности труда горнодобывающего предприятия, обеспечивающий надежность ее функционирования. *Горная промышленность*. 2022;(1 Suppl.):86–94. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-1S-86-94>
Galkin A.V., Smolin A.V., Nevolina E.M. Industrial risk management as a design element of the mine safety system to ensure the reliability of its operation. *Russian Mining Industry*. 2022;(1 Suppl.):86–94. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-1S-86-94>
9. Кулецкий В.Н., Жунда С.В., Довженок А.С., Галкин А.В., Полещук М.Н. Методика повышения качества трудовых процессов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018;(S42):3–36. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-9-42-3-36>
Kuletsky V.N., Zhunda S.V., Dovzhenok A.S., Galkin A.V., Poleshchuk M.N. Methodology to improve the quality of labour processes. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2018;(S42):3–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-9-42-3-36>
10. Черских О.И., Минаков В.С., Муштонина Е.А., Полещук М.Н. Подход к оценке уровня безопасности производства на горнодобывающем предприятии. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2022;(4):156–164.
Cherskikh O.I., Minakov V.S., Mushtonina E.A., Poleshchuk M.N. An approach to assessing the level of production safety at a mining enterprise. *Izvestiya Tuls'kogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle*. 2022;(4):156–164. (In Russ.)
11. Черских О.И., Минаков В.С., Макаров А.М. Повышение качества трудовых процессов – средство планомерного снижения рисков травмирования персонала угольного разреза. *Безопасность труда в промышленности*. 2023;(2):28–32. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2023-2-28-32>
Cherskikh O.I., Minakov V.S., Makarov A.M. Improving the quality of workflows is a means of systematically reducing the risk of injury to the coal mine personnel. *Occupational Safety in Industry*. 2023;(2):28–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2023-2-28-32>

Информация об авторах

Черских Олег Иванович – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по производству, ООО «Восточная горнорудная компания», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Минаков Василий Сергеевич – директор по охране труда и промышленной безопасности, ООО «Восточная горнорудная компания», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: minakovvs@eastmining.ru

Макаров Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор, исполнительный директор, Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства, г. Челябинск, Российская Федерация; e-mail: makarovam_niiogr@mail.ru

Information about the authors

Oleg I. Cherskikh – Cand. Sci. (Eng.), Deputy General Director for Production, East Mining Company LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Vasily S. Minakov – Director of Labor Protection and Industrial Safety, East Mining Company LLC, Moscow, Russian Federation, minakovvs@eastmining.ru

Alexander M. Makarov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Executive Director, Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production, Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: makarovam_niiogr@mail.ru

Article info

Received: 21.02.2024

Revised: 04.03.2024

Accepted: 11.03.2024

Информация о статье

Поступила в редакцию: 21.02.2024

Поступила после рецензирования: 04.03.2024

Принята к публикации: 11.03.2024