

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В ГОРОДСКОМ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е.Ю. Куликова

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

Аннотация: Количественной мерой опасности при любой деятельности является риск. Он представляет собой слагаемое технолого-экологической безопасности: неопределенность какого-то события, вероятность возникновения этого события и величину ущерба от его проявления. Анализ мирового опыта показал, что для решения проблемы снижения риска в городском подземном строительстве может применяться большое количество экономических механизмов, которые отличаются друг от друга лишь некоторыми модификациями. Для повышения техногенной и экологической безопасности, в первую очередь, должна быть выделена генеральная цель, например, оптимизация технологии для обеспечения их совместимости с окружающей средой, безопасностью персонала подземных объектов, сохранение равновесия природно-технической геосистемы «подземное сооружение – окружающая среда» и т. п. Решающим фактором может являться поддержание допустимого риска возникновения «нештатных» ситуаций, экологической опасности, уменьшение математического ожидания ущерба. К генеральной цели управления безопасностью подземного строительства всегда добавляются частные цели, имеющие направляющий характер или ориентированные на достижение конкретного результата. Генеральная и частные цели объединяются в дерево целей, имеющее иерархические уровни. Важным этапом при управлении рисками в городском подземном строительстве является выработка альтернативных вариантов эколого-технологических решений. Задача состоит в выборе наиболее целесообразного варианта в заданных условиях с учетом динамики экологического дисбаланса и потенциальных ограничений. При этом рассматривают различные сценарии реализации проекта строительства подземного объекта, по каждому из которых исследуется эффективность организационно-экономического механизма его реализации.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм, техногенная и экологическая безопасность, строительные технологии, риск, нештатная ситуация, рискообразующие факторы.

Для цитирования: Куликова Е.Ю. Организационно-экономический механизм управления риском в городском подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6-1. – С. 128–136. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-128-136.

Organizational and economic mechanism of risk management in urban underground construction

E.Yu. Kulikova

National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia

Abstract: The quantitative measure of danger during any activity is risk. It is a component of technological and environmental safety, a vector value that includes: the amount of damage from the impact of a dangerous factor, the probability of occurrence of this factor and the uncertainty of these values. Analysis of world experience has shown that a large number of economic mechanisms can be used to solve the problem of risk reduction in urban underground construction, which differ from each other only in some modifications. To increase the technogenic and environmental safety, first of all, a general goal should be highlighted, such as optimizing the technology for ensure it compatibility with the environment, safety of personnel of underground facilities, maintaining the balance of the natural and technical geosystem «rock mass – technology – underground construction – environment», reducing the mathematical expectation of damage, etc . In addition to the general or main goal safety control, there are special goals of a directing and point (focused on achieving a specific result) nature. Together with the main goal, they are combined into a goal tree that has hierarchical levels. An important stage in risk control in urban underground construction is the development of alternative options for environmental and technological solutions. The task is to select the most appropriate option under the given conditions with regard to the dynamics of the environmental imbalance and potential limitations. While considering various scenarios of construction of the underground facility, each of which investigates the efficiency of organizational-economic mechanism of its implementation.

Key words: organizational and economic mechanism, man-made and environmental safety, construction technologies, risk, emergency situation, risk-forming factors.

For citation: Kulikova E.Yu. Organizational and economic mechanism of risk management in urban underground construction. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):128-136. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-128-136.

Введение

С целью минимизации рисков при освоении подземного пространства города необходимо разработать специальные организационно-экономические меры на основе прогнозирования условий горно-строительного производства, учитывающие потенциальные изменения горно-геологических и гидрогеологических условий, техники, технологии строительства и эксплуатации подземного объекта [1–6].

Организационно-экономический механизм реализации проекта строительства подземного сооружения, как правило, состоит из элементов, нацеленных на минимизацию рисков или их неблагоприятных последствий. Для этого разрабатываются превентивные меры защиты от риска: принимаются правила поведения всех участников проекта в «нештатных» ситуациях, для синхронизации их действий орга-

низуются координационный центр, к строительству привлекают подрядчиков с большим опытом строительства.

В случае, когда предполагают, что цели проекта не будут достигнуты или будут достигнуты не в полном объеме, разрабатывают специфические механизмы стабилизации ситуации, которые бы обеспечивали защиту интересов участников проекта при неблагоприятном изменении условий его реализации [7]. Это достигается путем уменьшения степени риска при планировании дополнительных капиталовложений на разработку мер по снижению аварийности на участке строительства, совершенствовании технологий, повышению материальной заинтересованности в качестве строительных работ. Либо осуществляют страхование риска, основанное на предоставлении гарантий, формировании контрактных цен и т. п., перераспреде-

ляемое между участниками осуществления проекта.

Чтобы исключить реализацию проекта в условиях неопределенности, в процессе его осуществления участники должны получать дополнительную информацию, обработка которой дает возможность скорректировать проект и графики совместных действий участников [8–10].

Этапы организационно-экономического механизма управления риском в городском подземном строительстве показаны на рис. 1.

1. Принципы и этапы анализа риска проекта строительства подземного объекта

Анализ риска для любого из участников инвестиционного проекта строится на следующих принципах [8, 11]:

- отсутствие зависимости между типом риска и потерями в результате его реализации;
- отсутствие прямой зависимости между потерями по одному из видов риска и увеличением вероятности потерь по его другому виду (исключение составляют форс-мажорные обстоятельства);



Рис. 1. Этапы организационно-экономического управления риском при строительстве городских подземных сооружений

Fig. 1. Stages of organizational and economic risk management in the construction of urban underground structures

- максимально возможный ущерб должен находиться в границах финансовых возможностей участников проекта.

Анализ риска осуществляется в два этапа:

I. Качественный анализ риска устанавливает потенциальные риски и рискообразующие факторы для данного проекта.

II. Количественный анализ риска проводится для определения масштабов рисков проекта индивидуально и в комплексе с помощью методов: аналогий, экспертных оценок, анализа риска, статистического, квалитетрического, эконометрического и др. [12, 13].

2. Методы оценки эффективности проекта строительства подземного объекта

Оценка эффективности конкретного проекта строительства базируется на оценке опасности экологического, а также экономического рисков, которая основывается на использовании банка данных об условиях выполнения этого проекта, и зачастую не подчиняется вероятностным законам распределения. При этом оценивают устойчивость проекта, корректируют его параметры и экономические нормативы (для последующего резервирования), а также осуществляют формализованное описание неопределенности.

2.1. Оценка устойчивости

Одним из способов снижения неопределенности при оценке эффективности проекта строительства является рассмотрение соотношения чувствительности результирующих показателей к изменению параметров проекта и внешней среды, предполагающее анализ массива последовательно варьирующихся вариантов исходных данных.

Получаемые графические результаты позволяют оценить влияние изменения каждого из параметров на интегральные характеристики проекта при прочих равных условиях [15]. Конечной целью расчетов является выбор наиболее надежного варианта проекта строительства подземного сооружения.

Анализ включает [7, 8, 16]:

1. Выбор одного или нескольких критериальных показателей (например, показатели прибыли, срок окупаемости капиталовложений), относительно которых проводится оценка чувствительности проекта;

2. Выбор внутренних и внешних параметров проекта, изменения которых в наибольшей степени могут повлиять на его эффективность с учетом уровня выбранных критериальных показателей, таких как:

- объем строительных работ, который зависит от горно-геологических условий;

- время строительства подземного объекта, изменение которого может оказать решающее влияние на величину приведенных капитальных затрат и срок их окупаемости;

- объемы капитальных вложений на строительство подземного сооружения, зависящие от номенклатуры и стоимости проходческого оборудования, строительных материалов, конструктивных и архитектурно-планировочных параметров объекта т. п.;

- издержки производства;
- цена реализации проекта.

3. расчет результирующего критериального показателя (показателей) при изменении параметров проекта и внешней среды в различных диапазонах относительно первоначально принятых значений с учетом погрешности.

Таким образом, оценив чувствительность результирующих показателей к возможным изменениям параметров

проекта и внешней среды, можно проанализировать устойчивость проекта.

При анализе чувствительности проекта также могут оцениваться изменения следующих параметров:

- цены реализации продукции;
- стоимости оборудования, машин и механизмов;
- уровня процентной ставки по банковским кредитам;
- сроков предоставления кредитов и др.

Оценка устойчивости предусматривает разработку сценариев реализации проекта в наиболее вероятных или наименее благоприятных условиях. Для каждого из сценариев анализируются эффективность организационно-экономического механизма, технические и технологические «отказы», сложность работы участников проекта и распределение их ответственности в соответствующих ситуациях.

Проект считается устойчивым и эффективным, если во всех рассмотренных ситуациях интересы участников соблюдаются, а нежелательные последствия от «нештатных» ситуаций покрываются из фондов резервирования или страхования [7].

2.2. Корректировка параметров проекта

Реализация проекта в условиях неопределенности ставит на повестку дня корректировку его параметров, включая замену экономических нормативов на ожидаемые величины при выполнении экономических расчетов. При этом надо принимать во внимание [17]:

- увеличение сроков строительства подземного объекта из-за ожидаемых «отказов», задержек и простоев. Срок строительства возрастает на их суммарную среднюю величину;
- увеличение сроков строительства подземного сооружения за счет возмож-

ных ошибок в проекте либо при изменении проектных решений в процессе строительства;

- возникновение рисков несвоевременных поставок сырья, материалов, оборудования, невыполнения работ в проектные сроки, строительных и экономических рисков;
- величину потенциальных потерь от рисков, связанных с отсутствием страхования участников от этих рисков.

2.3. Выбор вариантов проектных решений на основе формализованного описания неопределенности

Метод формализованного описания неопределенности при оценке проектов включает следующие основные этапы [7, 17–24]:

- разработка сценариев возможных технико-технологических, финансово-экономических, инвестиционных или других решений проекта с учетом граничных условий и дополнительных затрат на различные санкции или страхование;
- разработка способов достижения соответствующих показателей эффективности проекта строительства или интервалов их изменения на основе преобразования и анализа исходной информации в условиях неопределенности;
- определение показателей ожидаемой эффективности проекта в целом с учетом потенциальных рисков и неопределенности условий его реализации.

Базовым показателем для сравнения целесообразных вариантов проекта с целью выбора наиболее эффективного является показатель ожидаемого интегрального эффекта, который может использоваться для обоснования размеров резервирования и страхования.

Заключение

Управление риском возникновения «нештатных ситуаций» в городском под-

земном строительстве является сложным процессом, требующим подключения организационно-экономического механизма. Конечным результатом реализации этого механизма является оптималь-

ное технологическое решение, которое позволит осуществить строительство конкретного подземного объекта с минимальным риском аварий и других непредвиденных опасных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимов В.А., Владимиров В.А., Измалков В.И.* Катастрофы и безопасность; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2006. — 392 с.

2. *Клебанов Ф.С.* Общая теория безопасности / В сб.: «15 лет РАЕН. Горно-металлургическая секция (геологоразведка, горное дело, металлургия)». — М.: Интернет Инжиниринг, 2005. — С. 175–186

3. *Пелипенко М.В., Баловцев С.В., Айнбиндер И.И.* К вопросу комплексной оценки рисков аварий на рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 11. — С. 180–192.

4. *Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Коликов К.С.* Управление аэрологическими рисками при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 85–94. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-85-94.

5. *Batugin A., Odintsev V., Kolikov K., Lijiang Y., Khotchenkov E.* (2018). Displacement and mine seismicity processes during undermining of a tectonically active fault area at the sinvay deposit. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 18(1.3) 319–326.

6. *Баловцев С.В., Шевчук Р.В.* Геомеханический мониторинг шахтных стволов в сложных горно-геологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — №8. — С. 77–83. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-77-83.

7. *Краснянский Г.Л.* Инвестиционная политика угольной отрасли. — М.: АГН, 1999. — 327с.

8. Эталонные ТЭО строительства предприятий по добыче и обогащению угля / Под ред. Г.Л. Краснянского, В.М. Еремеева. — М.: Изд-во АГН, 1988. — Т. I, II. — 438, 271с

9. *Бурков В.Н., Щепкин А.В.* Экологическая безопасность. — М.: ИПУ РАН, 2003. — 92 с.

10. *Буянов В.П., Кирсанов К.А., Михайлова Л.М.* Рискология (управление рисками). — Уч. пособ. для вузов. — 2-е изд. испр. и доп. — М.: Изд-во «Экзамен», 2003. — 384 с.

11. *Ильичев В.А., Петрухин В.П., Колыбин И.В., Мещанский А.Б., Бахолдин Б.В.* Геотехнические проблемы строительства ТРК «Манежная площадь». — М.: НИИОСП им.Н.М. Герсевича — 70 лет. Труды института, Изд. «Экономика Строительство Транспорт», 2001, с. 31–38.

12. ГОСТ Р 51897–2002. Менеджмент риска. Термины и определения. — М.: Издательство стандартов, 2002. — 7с

13. *Kulikova E.Yu.* Operational Safety and Environmental Sustainability in the Development of Urban Underground Space,- Proceedings WTC 2018, ITA — AITES WORLD TUNNEL CONGRESS Dubai 21–26 April, 2018, pp. 992–106.

14. *Жуковский Ю.Б.* «Высокая цена ошибок (оценка устойчивости и эксплуатационной безопасности объектов при экспертизе проектов)». — В газете «Строительный эксперт» №12, январь 2000.

15. *Brillinger D.R.*, 2003, *Risk Analysis: Examples and Discussion, Applications of Statistics and Probabilities in Civil Engineering*, Millpress, Rotterdam, the Netherlands
16. *Hebblewhite B.K.* 2019, 'Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management', in J Wesseloo (ed.), *Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk*, Australian Centre for Geomechanics, Perth, 2019. pp. 299–308.
17. *Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Дзюбко С.И., Щепкин А.В.* Модели и механизмы управления безопасностью. Серия «Безопасность». — М.: СИНТЕГ, 2001, 160 с.
18. *Mishra R.K., Janiszewski M., L.Uotinen K.T., Szydłowska M., Siren T., Rinne M.* Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines. *Procedia Engineering* 191.2017. Pp. 361–368
19. *Дебелова Н.Н., Завьялова Е.Н., Кривокубова А.Е.* Оценка рисков инвестиционного проекта. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — Издательство: Томский государственный архитектурно-строительный университет, №1(9) 2004. — С. 234–237.
20. *Natocheeva N.N.* Factors' impact on the equity cost of capital in mergers and acquisitions/ *E-SdPTCONICIT – Espacios* (ISSN07981015-Venezuela-Scopus), June, 2018, 712966 <http://www.revistaespacios.com/a18v39n27/18392729.html>
21. *Natocheeva N.N.* Risk management and optimization of bank loans allocation in the project financing program // — AES-SHU (ASERS). *Journal of Applied Economic Sciences* (ISSN18436110-Romania-Scopus), 00, 990166 Volume Issue 1 (55) Spring 2018. PP 65–73 [http://cesmaa.org/Docs/JAES%20SpringVolumeXIII_1\(55\)2018_online.pdf](http://cesmaa.org/Docs/JAES%20SpringVolumeXIII_1(55)2018_online.pdf).
22. *Кузнецова М.О.* Практики внедрения риск-менеджмента в российских промышленных компаниях: результаты эмпирического исследования // Стратегические исследования и риск-менеджмент. — том 9, №4, 2019. — С. 410–423.
23. *Куликова Е.Ю.* Оценка экологичности полимерных материалов в подземном строительстве // Экология и промышленность России. — Т. 20. — №3. — 2016. — С. 28–31.
24. *Mazzocchi Alessandro, Naldi Maurizio.* Robustness of Optimal Investment Decisions in Mixed Insurance/Investment Cyber Risk Management // *An International Journal «Risk Analysis»*. — vol. 40, issue 3. — 2019. — pp. 550–564.

REFERENCES

1. Akimov V.A., Vladimirov V.A., Izmalkov V.I. *Katastrofy I bezopastnost: MTCS Rossii* [Catastrophes and safety; EMERCOM of Russia]. Moscow: Delovoy Express, 2006. 392 p. [In Russ]
2. Klebanov F.S. *Obschaya teoria bezopasnosti* [General theory of safety]. «15 years of RAEN. Mining and metallurgical section (exploration, mining, metallurgy)». Moscow: Intermet Engineering, 2005. pp. 175–186 [In Russ]
3. Pelipenko M.V., Balovtsev S.V., Aynbinder I.I. Integrated accident risk assessment in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 11, pp. 180–192. DOI: 10.25018/0236–1493–2019–11–0-180–192. [In Russ]. [In Russ]
4. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V., Kolikov K.S. Aerological risk management in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6):85-94. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-85-94.
5. Batugin, A., Odintsev, V., Kolikov, K., Lijiang, Y., & Khotchenkov, E. (2018). Displacement and mine seismicity processes during undermining of a tectonically active fault area at the sinvay deposit. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 18(1.3) 319–326.

6. Balovtsev S.V., Shevchuk R.V. Geomechanical monitoring of mine shafts in difficult ground conditions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. 8, pp. 77–83. DOI: 10.25018/0236–1493–2018–8-0–77–83. [In Russ]
7. Krasniansky G.L. *Investitsionnaya politika ugolno y otrasli* [Investment policy of the coal industry]. Moscow: AGN, 1999. 327 p. [In Russ] [In Russ]
8. *Etalony TEO stroitel'stva predpriyatiy po dobyche I obogashcheniyu uglja* [The standards of feasibility study, construction of enterprises for extraction and enrichment of coal]. edited by G.L. Krasnyansky, V.M. Ereemeev. Moscow: AGN Publishing House, 1988. Vol. 1, II. 438, 271p. [In Russ]
9. Burkov V.N., Shchepkin A.V. *Ekologicheskaya bezopasnost'* [Environmental safety]. Moscow: IPU RAS, 2003. 92 p. [In Russ]
10. Buyanov V.P., Kirsanov K.A., Mikhailova L.M. *Riscologia (upravleniye riskami) [Riskology (risk management)]*. Manual. for universities. 2nd ed. ISPR. add. Moscow: publishing house «Exam», 2003. 384 p. [In Russ] [In Russ]
11. Ilyichev V.A., Petrukhin V.P., Kolybin I.V., Meshchansky A.B., Bakholdin B.V. *Geotekhnicheskiye problem stroitel'stva TRK «Manezhnaya plogsgchad»* [Geo-technical problems of construction of the Manezhnaya square shopping Mall]. Moscow: NIIOSP named after N.M. Gersevanov. Proceedings of the Institute, Ed. «Economics and Transport», 2001, pp. 31–38. [In Russ]
12. *GOST R 51897–2002. Management riska. Terminy i opredeleniya* [State standard R 51897–2002. Risk management. Terms and definitions]. Moscow: publishing house of standards, 2002. 7 p. [In Russ]
13. Kulikova E.Yu. Operational Safety and Environmental Sustainability in the Development of Urban Underground Space, Proceedings WTC 2018, ITA AITES WORLD TUNNEL CONGRESS Dubai 21–26 April, 2018, pp. 992–106.
14. Zhukovsky Yu. B. *Vysokaya tsena oshibol (otzenka ustoitichivosty I expluatacionno y bezopasnosti ob'ektov pri expertize proektov* [High price of errors (assessment of stability and operational safety of objects during project expertise]. In the newspaper «Construction expert» no. 12, January 2000. [In Russ]
15. Brillinger D R, 2003, Risk Analysis: Examples and Discussion, Applications of Statistics and Probabilities in Civil Engineering, Millpress, Rotterdam, the Netherlands.
16. Hebblewhite, BK 2019. Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management, in J Wesseloo (ed.), Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk, Australian Centre for Geomechanics, Perth, 2019 pp. 299–308.
17. Burkov V.N., Graciansky E.V., Zubko S.I., Schepkin A.V. *Modelb I mrkhanizmy upravleniya bezopasnosti (Model and mechanisms for safety management)*. A Series Of «Security». Moscow: SINTEG, 2001, 160 p. [In Russ]
18. R.K. Mishra, M. Janiszewski, L.K.T. Uotinen, M. Szydlowska, T. Siren, M. Rinne *Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines*. *Procedia Engineering* 191.2017. pp. 361–368.
19. Debelov N.N., Zavyalova E.N., Krivozubov A.E. Assessment of investment project risks. *Bulletin of the Tomsk state University of architecture and construction*. Publishing house: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. no. 1(9) 2004. pp. 234–237 [In Russ]
20. Natocheeva N.N. Factors' impact on the equity cost of capital in mergers and acquisitions/ *E-SdPTCONICIT Espacios* (ISSN07981015-Venezuela-Scopus), June, 2018, 712966 <http://www.revistaespacios.com/a18v39n27/18392729.html>.
21. Natocheeva N.N. Risk management and optimization of bank loans allocation in the project financing program. AES-SHU (ASERS). *Journal of Applied Economic Sciences* (ISSN18436110-Romania-Scopus), 00, 990166 Volume Issue 1 (55) Spring 2018. PP 65–73 [http://cesmaa.org/Docs/JAES%20SpringVolumeXIII_1\(55\)2018_online.pdf](http://cesmaa.org/Docs/JAES%20SpringVolumeXIII_1(55)2018_online.pdf).

22. Kuznetsova M.O. Risk management implementation practices in Russian industrial companies: results of an empirical study. *Strategic research and risk management*. Volume 9, no 4, 2019. pp. 410–423 [In Russ]

23. Kulikova, E.Yu. Assessment of polymer materials environmental compatibility in underground development. *Ecology and Industry of Russia*. Vol. 20. No3. 2016, pp. 28–31. [In Russ]

24. Mazzoccoli Alessandro, Naldi Maurizio. Robustness of Optimal Investment Decisions in Mixed Insurance/Investment Cyber Risk Management. An International Journal «Risk Analysis». vol. 40, Issue 3. 2019. pp. 550–564.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Куликова Елена Юрьевна — докт. техн. наук, профессор, кафедра «Строительство подземных сооружений и горных предприятий», fragante@mail.ru
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kulikova E.Yu., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Department «Construction of Underground Structures and Mining Enterprises», National university of science and technology «MISIS», Russia.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 06.04.2020; принята к печати 20.05.2020.
Received by the editors 11.03.2020; received after the review 06.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.

