

К.Н. Маловик, А.Л. Федосов

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены вопросы анализа и прогнозирования риска отказов на опасных производственных объектах. Показана на плоскости геометрическая интерпретация риска отказов при эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов. Предложен подход построения пространства риска отказов при эксплуатации опасных производственных объектов. Сформулированы научные задачи по повышению качества системы эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов. В настоящее время в России все больше внимания уделяется оценке технического состояния ОПО в целях прогнозирования возможных отказов и как следствие оптимизации процессов ремонта и технического обслуживания. Целесообразно совершенствование как систем сбора данных по отказам с учетом систематизации повторяющихся повреждений, так и мониторинга, позволяющего проследить деградацию технического состояния У с последующим прогнозом вероятности отказа. Необходимо предусматривать ремонт и техническое обслуживание не только исходя из текущего технического состояния У на основании регламентированной периодичности, но с учетом вероятности прогнозируемого отказа. Цель данного исследования заключается в формулировании подхода к совершенствованию оценивания параметров для менеджмента риска при эксплуатации ОПО и его устройств. Ключевые слова: риск отказов, параметры риска, опасный производственный объект, система эксплуатации, область неопределенности.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору России (Ростехнадзор) при проектировании и эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) осуществляет комплекс работ, направленных на предупреждение аварий на ОПО и обеспечение готовности к локализации и ликвидации последствий возможных аварий [1]. На ОПО применяются различные технические устройства (У), техническое состояние которых определяют качество его системы эксплуатации. Примерами таких технических устройств мо-

гут быть системы охлаждения, электро-энергетические системы и другие сложные комплексы для шахтного оборудования подземного и подводного типа. При этом система управления промышленной безопасностью при эксплуатации ОПО должна обеспечивать:

- идентификацию, анализ и прогнозирование риска аварий (отказов) на ОПО и связанных с такими авариями угроз;
- планирование и реализацию мер по снижению риска аварий (отказов) на ОПО;
- своевременную корректировку мер по снижению риска аварий (отказов) на ОПО.

Однако анализ различных аварий и критических ситуаций на ОПО показывает [2], что они имеют системные причины, которые в обобщенном виде можно сформулировать как недостаточное качество культуры их безопасности. Характерно, что при проектировании и эксплуатации ОПО особый интерес представляют вопросы, связанные с оценкой риска аварий (отказов), т.е. менеджмента риска. В данной работе основным количественным показателем риска аварий предложено рассматривать технический риск (в дальнейшем риск) — вероятность отказа технического устройства с последствиями определенного уровня за определенный период функционирования ОПО [3].

Необходимость количественных оценок параметров риска определяет целесообразность применения следующей формулировки понятия риска [4–5]: величина риска, связанная с реализацией нежелательного события или состояния, есть произведение величины последствий реализации события на меру возможности его наступления. При этом, требования четко ограничить допустимые вероятности реализации нежелательного события наталкиваются на препятствия, обусловленные следующими обстоятельствами:

- ограничения (границы) должны быть независимыми как от экономических затрат, так и для угрозы безопасности людей;
- подтверждение, что выдерживаются установленные границы, предполагает качественное единство данных, что на самом деле недопустимо, так как имеет место проблемы разного типа;
- ограничения допустимого риска зависят от времени и меняются с изменениями технических и экономических возможностей общества.

Проблемные вопросы оценивания риска с помощью анализа международных и национальных стандартов по менеджменту риска рассмотрены в работе [4]. При этом предложена концеп-

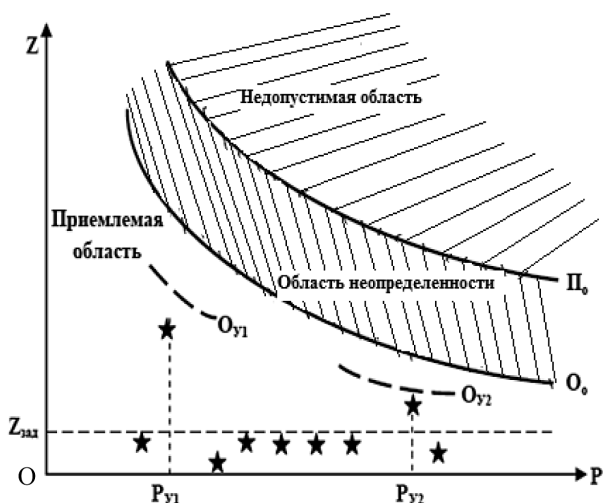


Рис. 1. Геометрическая интерпретацию риска отказов при эксплуатации технических устройств ОПО на плоскости Z_0P

ция построения области неопределенности риска на плоскости известных кривых Фармера при нормальном распределении множества вероятностей отказов исследуемого объекта (при условии, что уравнение кривой изориска – равнобочная гиперболола). Тогда, на плоскости Z_0P , где P – вероятность наступления факта отказа, а Z – величина ущерба, можно представить геометрическую интерпретацию риска отказа при эксплуатации ОПО укомплектованного требуемым $У$ (рис. 1). То есть, указанная плоскость состоит из трех областей, где область неопределенности для ОПО предусматривает выделение границ допустимого пессимистического P_0 и оптимистического O_0 прогноза, что может характеризовать область допустимого риска, которая позволяет получить определенные преимущества, согласно метода анализа «затрат и выгод» [4].

Техническое состояние ОПО при эксплуатации определяется надежным функционированием комплектующих его сложных $У$. Например, электрооборудование электро-энергетической системы шахтного типа состоит из преобразователей, электродвигателей, синхронных генераторов, регуляторов напряжения и др., которые также должны удовлетворять требованиям по безопасной эксплуатации с соответствующей оценкой риска, при котором ущерб не превышает заданное значение $Z_{зад}$ (см. рис. 1) Технические устройства ОПО в процессе

эксплуатации подвергаются воздействию процессов старения, усталости, деформации и др., определяющих деградацию и наступление их предотказного состояния. На рис. 1 звездочками показаны возможные оценки риска комплектующих $У$, из которых наибольший интерес представляют технические устройства с вероятностью отказа P_{y1} и P_{y2} , ущерб от эксплуатации которых превышает $Z_{зад}$. Можно показать [6, 7], что статистическая оценка эксплуатационных данных подтверждает характер оценки риска, показанный на рис. 1. Поэтому, для каждого $У$ комплектующего ОПО необходимо определить области его риска, что указано на рис. 1 для технических устройств $У_1$ и $У_2$ в виде границ допустимого оптимистического прогноза O_{y1} и O_{y2} .

Для дальнейшего исследования и совершенствования менеджмента риска при эксплуатации ОПО и комплектующих $У$ необходимо решение одной из основных задач при системных исследованиях, известной как повышение степени структуризации проблемы [8]. Это связано с тем, что принятие решения в условиях риска является центральным элементом управленческой деятельности, оптимизация которой предопределяет появление условий уникального выбора, основные трудности которого можно представить следующим образом:

- необходимо одновременно оценивать каждую альтернативу по многим показателям, так как актуальные проблемы уникального выбора имеют многофункциональный характер. Как следствие, возникает вопрос о полноте списка показателей, а также методологическая трудность одновременного сравнения различных по своей природе показателей;
- оценка качества альтернатив — субъективна, в связи с проблемами многокритериальности и индивидуальности ОПО и его $У$;
- нерешенность вопроса о полном списке альтернатив, так как всегда существует вероятность не рассмотрения возможных вариантов решения.

Наиболее соответствующими специфике проблемы уникального выбора можно считать методы многокритериальной оценки альтернатив, из которых наиболее полно в литературе рассмотрены аксиоматические методы предусматривающие оценку альтернатив в условиях неопределенности, то есть принятие решений в условиях риска. При этом используется концепция состояний, в рамках которой определяются пространства состояний, множества альтернатив и результатов. Следовательно, для совершенствования менеджмента риска при эксплуатации ОПО целесообразно перейти к концепции построения пространства

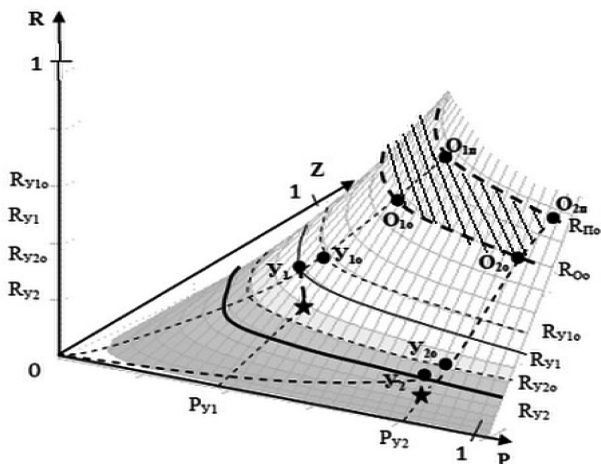


Рис. 2. Пространство риска отказов при эксплуатации ОПО

риска отказов R , графическая иллюстрация которой показана на рис. 2, где обозначено: $R_{\Pi 0}$ – значение риска, отражающее пессимистический прогноз при эксплуатации ОПО; R_{00} – значение риска, отражающее оптимистический прогноз при эксплуатации ОПО; $R_{y_{10}}$ – значение риска, отражающее оптимистический прогноз при эксплуатации технического устройства Y_1 ОПО; R_{y_1} – значение риска, отражающее фактическое техническое состояние при эксплуатации технического устройства Y_1 ОПО; $R_{y_{20}}$ – значение риска, отражающее оптимистический прогноз при эксплуатации технических устройств Y_2 ОПО; R_{y_2} – значение риска, отражающее фактическое техническое состояние при эксплуатации технического устройства Y_2 ОПО; $Y_1, Y_{10}, O_{10}, O_{1n}$ – точки кривой, отражающей динамику риска в пространстве при эксплуатации технического устройства Y_1 ОПО; $Y_2, Y_{20}, O_{20}, O_{2n}$ – точки кривой, отражающей динамику риска в пространстве при эксплуатации технического устройства Y_2 ОПО.

Предложенная концепция пространства рисков отказов позволяет более полно описывать возможные или грозящие события с катастрофическими последствиями и потерями. Необходимость такого подхода рекомендуется международными стандартами [9,10], что позволяет применять такие параметры как чувствительность риска [4], а также остаточный риск и показатель неопределенности риска. При этом отрезки кривых между точками Y_1 и Y_{10} и Y_2 и Y_{20} характеризуют остаточный риск для технических устройств Y_1 и Y_2 соответственно, а от-

резки кривых между точками Y_1 и O_{10} и Y_2 и O_{20} – характеризуют остаточный риск для ОПО относительно отказов технических устройств Y_1 и Y_2 соответственно. Таким образом, ЛПР получает возможность иметь существенно больше информации для осуществления менеджмента риска при эксплуатации ОПО. Одновременно, кроме исследований в приемлемой области пространства риска ОПО, можно, при необходимости, исследовать параметры риска в области неопределенности. Поэтому можно предложить следующую последовательность процедур менеджмента риска ОПО и его технических устройств:

- оценивание остаточного риска с последующим определением чувствительности риска при исследовании приемлемой области пространства риска;
- оценивание показателя неопределенности риска с последующим определением чувствительности при исследовании области допустимого риска. При этом следует учитывать, что предложенная концепция пространства при менеджменте риска эксплуатации ОПО требует применения определений и понятий аналитической геометрии в пространстве [11, 13, 14].

Следовательно, учитывая изложенное выше, можно считать, что одними из основных научных задач создания менеджмента риска при эксплуатации ОПО являются:

- исследования с целью разработки и совершенствования методик оценивания таких параметров риска, как чувствительность, остаточный риск, показатель неопределенности;
- создание специальных инструментальных средств для имитационного моделирования предотказных и предельных состояний технических устройств ОПО;
- совершенствование нормативной базы по оцениванию и прогнозированию параметров риска.

В результате комплексного решения сформулированных задач можно:

- повысить достоверность информации о состоянии ОПО;
- выявить наиболее опасные («слабые») места, с точки зрения безопасности ОПО и научного обоснования рекомендации по уменьшению риска и повышению качества системы эксплуатации ОПО, требуемые соответствующими нормативными документами [3, 12, 15].

В результате проведенных исследований предложены подходы для:

- сравнительного анализа параметров риска разных видов оборудования ОПО;

- научно-технического обоснования мониторинга параметров пространства риска;
- выбора путей категорирования оборудования для обеспечения качества эксплуатации ОПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон о промышленной безопасности № 116-ФЗ от 21.07.1997.
2. *Елисеева М. А., Маловик К. Н., Мирошниченко А. Н.* Менеджмент ресурсоспособности оборудования горного производства / Сборник материалов XXIII Международного научного симпозиума «Неделя горняка—2015». Ч. 8. — М., 2015. — С. 315–322.
3. *РД 03-418-01* Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.01 № 30 Введены в действие с 01.09.01 г.
4. *Eliseeva M. A., Malovik C. N.* Sensitivity Assessment In Risk Management // J. Scientific Israel-Technological Advantages, vol. 17, no. 3,4, 2015.
5. *Антонов А. В.* Системный анализ. Учебник для вузов. 2-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2006. — С. 411–417.
6. *Голоднова О. С.* Основные причины отказов турбогенераторов большой мощности и пути их предупреждения: учебно-методическое пособие. — М.: ИПК Госслужбы, 2005. — 92 с.
7. *Ростик Г. В.* Оценка технического состояния турбогенераторов: учебное пособие. — М.: ИПК Госслужбы, 2008. — 492 с.
8. *Хомяков П. М.* Системный анализ: Экспресс-курс лекций / Под ред. В. П. Прохорова, изд. 3-е. — М.: Изд-ва ЛКИ, 2008. — 216 с.
9. *ISO/IEC 31010:2009* Risk management — Risk assessment techniques.
10. *ISO 11231:2010* Space systems — Probabilistic risk assessment (PRA).
11. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике (для научных работников инженеров). — М., 1974. — 832 с.
12. ГОСТ РВ 0101-001-2007. Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения. Дата введения 2008-01-01. — М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007.
13. *Калачева Л. В., Петров И. В., Савон Д. Ю.* Систематизация факторов инновационной деятельности, влияющих на реализацию функций управления производительностью труда в угледобывающей организации // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № S49. — С. 50–61.
14. *Савон Д. Ю., Гассий В. В.* Инвестиционная политика Ростовской области по охране окружающей среды // Экологический ежегодник. — 2013. — № 6. — С. 100–104.
15. *Костохин Ю. Ю., Илюхин В. В.* Механизм оценки рисков металлургических компаний, вызываемых неустойчивостью и неравномерностью развития экономики // Экономика в промышленности. — 2009. — № 1. — С. 32–38.
16. *Skufina T. P., Samarina V. P., Krachunov H., Savon D. Yu.* Problems of Russia's arctic development in the context of optimization of the mineral raw materials complex use // Eurasian mining, 2015, no 2 (24). pp. 18–21. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Маловик Константин Николаевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: malovik.K.N@mail.ru,
Севастопольский государственный университет,
Федосов Александр Леонидович – генеральный директор,
АО «Кольское предприятие «ЭРА»,
e-mail: fedosov@kpera.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 69–77.

UDC 338.45:
622.271

K.N. Malovik, A.L. Fedosov

RISK MANAGEMENT IN THE OPERATION OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

The problems of analysis and predicting the risk of failures on dangerous industrial objects. Shown in plane geometric interpretation of the risk of failure of technical devices of hazardous production facilities. The approach of building space the risk of failures in the operation of hazardous production facilities. Formulated scientific objectives for improving the quality of operation of technical devices of hazardous production facilities.

It should be noted that at present more and more attention is paid to the Russian assessment of the technical condition of the GRO in order to predict possible failures and as a result of optimization of repair and maintenance processes. It is helpful to improve both systems failure data collection based on the systematization of repeated injuries and monitoring to track the degradation of technical condition have followed the forecast probability of failure. In addition, in the conditions of transition to market relations is necessary to provide repair and maintenance, not only based on the current state of Y on the basis of a regulated frequency, but taking into account the predicted probability of failure.

Given the above, as well as noting that the current national and international standards in the field of risk management hardly contain recommendations on the selection and use of controlled risk parameters techniques, we can assume that the relevance of the risk management study in the operation of public benefit is not in doubt. Therefore, the aim of this study is to formulate an approach to improve the estimation of the parameters for risk management in the operation of GCO and its devices.

Key words: risk of failure, the risk parameters, hazardous production facility, the system operation, the region of uncertainty.

AUTHORS

Malovic K.N., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Sevastopol State University, 299053, Sevastopol, Russia,
e-mail: malovik.K.N@mail.ru,
Fedosov A.L., General Director, e-mail: fedosov@kpera.ru,
JSCo. «Kola's enterprise «ERA», 183036, Murmansk, Russia.

REFERENCES

1. *Zakon o promyshlennoy bezopasnosti no 116-FZ* of 21.07.1997 (The industrial safety law No. 116-FZ of 21.07.1997).
2. Eliseeva M.A., Malovik K.N., Miroshnichenko A.N. *Sbornik materialov XXIII Mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma «Nedelya gornyaka-2015»*. Ch. 8 (Collection of

materials of the XXIII International scientific Symposium «Miner's Week-2015». Part 8), Moscow, 2015, pp. 315–322.

3. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov RD 03-418-01*. Utverzheny postanovleniem Gosgortekhnadzora Rossii ot 10.07.01 № 30. Vvedeny v deystvie s 01.09.01 g. (Guidelines for conducting risk analysis of hazardous industrial objects RD 03-418-01. Approved by the resolution of Gosgortekhnadzor of Russia dated 10.07.01 number 30 effective from 01.09.01).

4. Eliseeva M. A., Malovik C. N. Sensitivity Assessment In Risk Management. *Scientific Israel-Technological Advantages*, vol. 17, no. 3,4, 2015.

5. Antonov A. V. *Sistemnyy analiz*. Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. (System analysis. Textbook for high schools. 2nd edition), Moscow, Vysshaya shkola, 2006, pp. 411–417.

6. Golodnova O. S. *Osnovnye prichiny otkazov turbogeneratorov bol'shoy moshchnosti i puti ikh preduprezhdeniya*: uchebno-metodicheskoe posobie (Main causes of failures of turbogenerators of the big capacity and ways of their prevention, textbook), Moscow, IPK Gossluzhby, 2005, 92 p.

7. Rostik G. V. *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya turbogeneratorov: uchebnoe posobie* (Assessment of technical condition of turbine generators: Educational aid), Moscow, IPK Gossluzhby, 2008, 492 p.

8. Khomyakov P. M. *Sistemnyy analiz*: Ekspres-kurs lektsiy. Pod red. V. P. Prokhorova, izd. 3-e (Systems analysis: a rapid course of lectures. Prokhorov V. P. (Ed.), 3rd edition), Moscow, Izd-va LKI, 2008, 216 p.

9. ISO/IEC 31010:2009 *Risk management — Risk assessment techniques*.

10. ISO 11231:2010 *Space systems — Probabilistic risk assessment (PRA)*.

11. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike* (dlya nauchnykh rabotnikov inzhenerov) (Mathematical Handbook (for scientists engineers)), Moscow, 1974, 832 p.

12. *Ekspluatatsiya i remont izdeliy voennoy tekhniki. Terminy i opredeleniya. GOST RV 0101-001-2007* (Operation and repair of military equipment. Terms and definitions. State Standart RV 0101-001-2007), Moscow, Standartinform, 2007.

13. Kalacheva L. V., Petrov I. V., Savon D. Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no S49, pp. 50–61.

14. Savon D. Yu., Gassiy V. V. *Ekologicheskyy ezhegodnik*. 2013, no 6, pp. 100–104.

15. Kostyukhin Yu. Yu., Ilyukhin V. V. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2009, no 1, pp. 32–38.

16. Skufina T. P., Samarina V. P., Krachunov H., Savon D. Yu. Problems of Russia's arctic development in the context of optimization of the mineral raw materials complex use. *Eurasian mining*, 2015, no 2 (24). pp. 18–21.



МЫСЛИ О РОЛИ КНИГИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Если ученый или педагог хочет научиться писать книги, то это доступно практически каждому специалисту. Нужно только хорошее знание предметной области, время, терпение и внимательное отношение к образцам чужого творчества. И не надо стесняться, желание стать автором книги – нормальный, естественный для интеллектуала порыв души.