

Х.Х. Кожиев, И.И. Босиков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНО-ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Описаны исследования и анализ происходящих опасных процессов в техносфере и оценка эффективности ее функционирования с применением математических моделей.

Ключевые слова: системный анализ, математическое моделирование, безопасность, комплексная оценка, эффективность, опасные процессы.

В сравнении с другими известными методами исследования (статистическим наблюдением и натурным экспериментированием), в системном анализе безопасности функционирования природно-промышленной системы (ППС) самое важное

место, несомненно, принадлежит ее теоретическому исследованию путем формализации и моделирования опасных процессов. При этом под формализацией ниже подразумевается специальным образом организованное их адекватное представление в форме

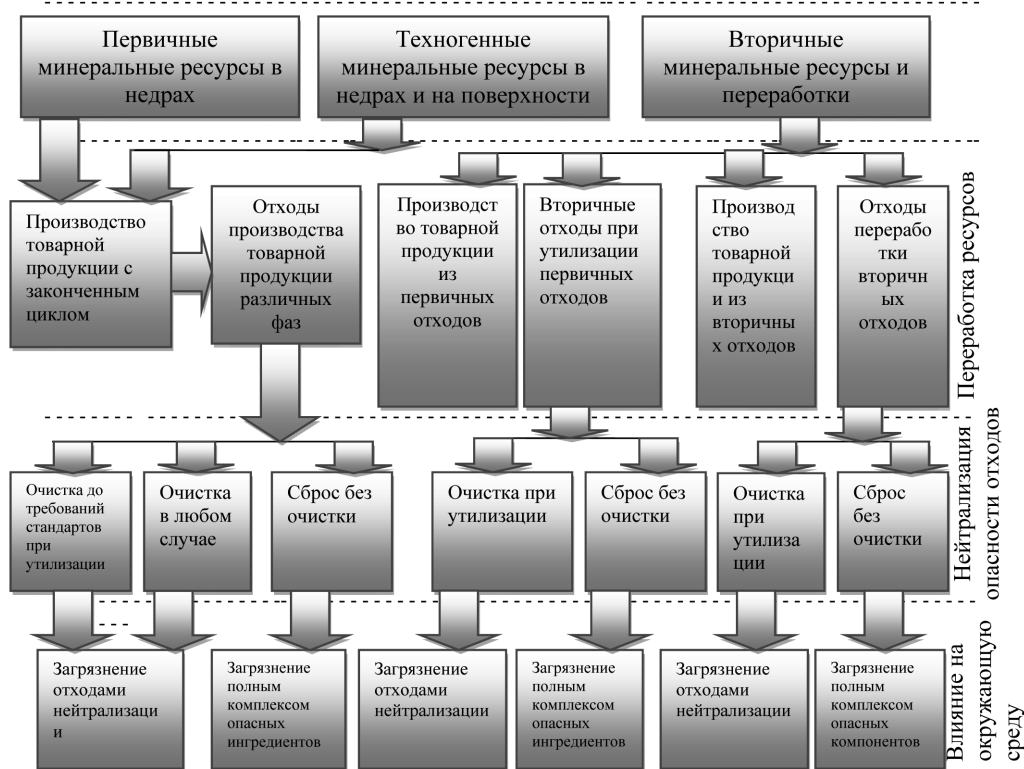


Рис. 1. Структурно-функциональная схема формирования альтернативных вариантов безопасных технологий

некоторых искусственных объектов (моделей), а под моделированием – использование полученных таким образом объектов, обладающих определенным сходством с оригиналом, для получения новых знаний об исследуемых процессах и их параметрах.

В системном анализе безопасности функционирования природно-промышленной системы не физические, а знаковые (графические, математические и имитационные) модели опасных процессов, которые представляют их в виде последовательности случайных событий, приводящих к возникновению происшествий. Модель обеспечения собственно безопасности как вообще, так и в конкретных ситуациях вытекает из сформулированных соответствующих принципов [1].

Основная особенность теоретического исследования опасных процессов связана с целесообразностью их двухэтапной формализации и моделирования: вначале – графически, на семантическом уровне, а затем, после введения соответствующих переменных, – на знаковом, с помощью математических и машинных методов. При моделировании опасных процессов имеем дело с технологическими системами.

Структурно-функциональная схема формирования альтернативных вариантов безопасных технологий приведена на рис. 1.

Закономерности, полученные в лабораторных и природных условиях, формируют математическую модель.

Следуя логике схемы, априорная оценка риска (математического ожидания суммарного ущерба) горно-перерабатывающего региона за время t может проводиться в общем случае по формуле:

$$R_{\tau_p} = M_{\tau} [Y] = \sum_{v=1}^{\Pi} C_v^B Q^B (1 - Q)^{\Pi - B} \cdot \sum_{\Phi_n=1}^{\Pi} Q_{\Phi_n} P_{\Phi_n} Y_{\Phi_n}, (1)$$

где $v = \Pi$ – соответственно число предприятий региона с имевшими место аварийными или систематическими вредными выбросами и общее количество расположенных в нем предприятий; C_v^B – число сочетаний из Π – v ; Q – вероятность появления происшествий (аварийных выбросов) на одном предприятии за время – t ; Φ – число форм причинения ущерба ресурсам региона, вызванного вредными материальными и энергетическими выбросами; Q_{Φ_n} – условные вероятности воздействия таких выбросов на людские, материальные и природные ресурсы региона; P_{Φ_n} – условные вероятности причинения ущерба определенной степени соответствующим объектам; Y_{Φ_n} – ущерб каждого вредного выброса.

Изучение перечисленных параметров общей модели прогноза техногенного риска показывает, что рассмотренные ранее подходы пока не позволяют определить формы и размеры ущерба от опасных процессов и непрерывных вредных выбросов – Y_{Φ_n} [2, 3].

Закономерности появления ущерба. Для априорной оценки техногенного ущерба используем зависимости между вероятностями вывода из строя учитываемых нами ресурсов и полученной ими мощностью дозы вредных факторов – DP . Зависимости, «доза-эффект» – $R(DP)$, имеют различный характер: как простой (линейно-беспороговый), так и более сложный (нелинейно-ступенчатый), как показано на рис. 2, а (линии 1 и 2 на графиках).

С помощью графиков (кривая 2) выделяем способы влияния дозы поглощенного поражающего фактора:

- при малых значениях, принадлежащих отрезку $0 - DP_1$, наблюдается гормезис – благотворное влияние вредных факторов на живые организмы при незначительных дозах и вредное – при больших;
- в диапазоне $DP_1 - DP_2$ может существовать область безразличия или

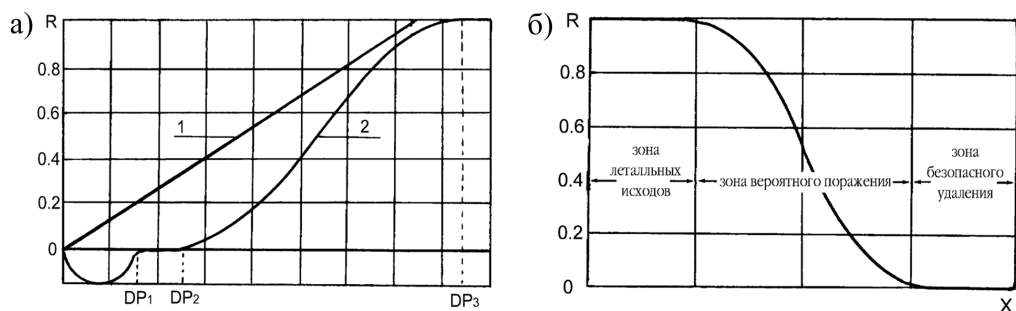


Рис. 2. Графики параметрических законов поражения: а) зависимости «доза-эффект» б) кривая «риск-удаленность»

нейтральной реакции живых организмов;

- при достижении дозой значений $DP_2 - DP_3$ имеет место нелинейное, монотонное возрастание разрушительного эффекта;

- после превышения ею величины DP_3 , наблюдается гибель всех объектов, подвергшихся столь интенсивному воздействию каких-либо поражающих факторов [2].

Иллюстрацией подобного характера биологической реакции организма человека, на радиоактивное облучение могут служить пороговые мощности поглощенных им доз DP , соответствующих разрушительным эффектам.

Зеркальным отображением функций «доза-эффект» – точнее отрезка кривой 2, соответствующего дозам $[DP_1...DP_2]$, является зависимость между риском (вероятностью) причинения конкретного ущерба – R и удаленностью поражаемых ресурсов от места разрушительного выброса энергии или вредного вещества – X (см. рис. 2, б) [1]. Например, для взрыва облака углеводородного газа массой 32 т, эта зависимость проявляется между радиусом смертельного поражения (<140 м) и радиусом безопасных удалений (≥ 250 м).

Чаще всего мы будем пользоваться нелинейно-ступенчатым представлением функции $R(DP)$ и монотонным – $R(X)$. При этом, на отрезках значений

мощности дозы поражающего фактора, меньших DP_2 и больших DP_3 , следует исходить из предположения соответственно о полной безвредности и абсолютной губительности соответствующих мощностей доз для рассматриваемых нами ресурсов. Внутри интервала $DP_2 - DP_3$ будет подразумеваться вероятностный характер причинения им ущерба конкретной степени тяжести [4].

Анализ приведенных выше сведений свидетельствует о сложности и громоздкости априорной оценки техногенного ущерба, даже при допущении о равенстве в формуле (1) как вероятностей случайных и систематических вредных выбросов на всех предприятиях региона, так и условных вероятностей их воздействия и причинения ущерба различным ресурсам. Выходом из создавшегося положения может быть введение понятия «средний ущерб» от одного вредного выброса конкретного типа, возможного при проведении данного производственного или транспортного процесса, а также оперирование вероятностью появления хотя бы одного (любого) такого разрушительного выброса [3].

С учетом сделанных допущений, величина риска $R_{\text{тв}}$ (среднего социально-экономического ущерба людским, материальным и природным ресурсам, оказавшимся под воздействием слу-

чайных и непрерывных вредных выбросов загрязняющих веществ), может быть рассчитана по формуле:

$$R_{\tau_b} = M_{\tau} [Y] = \sum_{k=1}^{\tau} Q_{kc} Y_{kc} + \sum_{l=1}^n (Q_{ln} = 1) \cdot Y_{ln}, \quad (2)$$

где $k = 1...m$ – число типов происшествий (аварийных вредных выбросов), возможных при функционировании данного предприятия; Q_{kc} , Y_{kc} – вероятности возникновения происшествия каждого типа за время τ и размеры обусловленного ими среднего ущерба; $l = 1...n$ – число типов непрерывных энергетических (шум, вибрации, тепло...) и материальных (дым, шлаки...) вредных выбросов; $Q_{ln} = 1$, Y_{ln} – вероятности появления за время τ выбросов каждого типа и размеры обусловленного ими среднего ущерба.

Далее используем термин «зона поражения», понимая под ним объем пространства или площадь поверхности, в пределах которых располагаются людские, материальные и природные ресурсы, подвергнутые воздействию вредных выбросов предприятия и получившие дозы большие, чем DP_2 [2]. В этом случае априорную оценку ве-

личины риска (среднего ущерба таким ресурсам) удобно рассчитывать по следующей формуле:

$$R_{\tau_v} = M_{\tau} [Y] = \sum_{k=1}^3 Q_{kd} S_{kd} F_k C_k + \sum_{k=1}^3 S_{kd} F_k C_k, \quad (3)$$

где Q_{kd} – вероятность причинения людским, материальным и природным ресурсам ущерба заданной степени тяжести за время τ ; S_{kq} , S_{kd} – соответственно площади зон вероятного и достоверного уничтожения рассматриваемых ресурсов поражающими факторами; F_k , C_k – средняя плотность и стоимость единицы каждого ресурса в зонах вероятного и достоверного поражения.

Таким образом, использование предложенных методов и разработанных авторами технических средств с использованием математических моделей повышает, информационную насыщенность экологического мониторинга, что способствует решению вопросов по эффективности управления экологической безопасностью и комплексной оценке влияния промышленных объектов на окружающие экосистемы горно-перерабатывающего комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
2. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2005. – 352 с.
3. Соколов А.А. Разработка новых методов и средств анализа обработки информации и управления сложными природно-техническими системами // Доклады Мо-

сковского общества испытателей природы (МОИП). – 2010. – Т. 44.

4. Босиков И.И., Аликов А.Ю. Математические модели и способы их построения при проведении геологоразведочных работ // Перспективы науки. – 2013. – № 6[45].

5. Босиков И.И., Аликов А.Ю. Исследование закономерностей функционирования ГПС горно-перерабатывающего комплекса с помощью математических моделей // Перспективы науки. – 2012. – № 1. **ПИАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кожиев Хамби Хадзимурзович – доктор технических наук, профессор,

проректор по экономическим и социальным вопросам,

Босиков Игорь Иванович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: igor.boss.777@mail.ru,

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет).

MODELLING OF DANGEROUS PROCESSES OF THE MOUNTAIN OVERWORKING COMPLEX AT THE ENTERPRISES

Kozhiev Kh.Kh.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice Rector for Economical and Social problems,
Bosikov I.I.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: igor.boss.777@mail.ru,

¹ North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University), 362021, Vladikavkaz, Russia.

The article describes researches and the analysis of occurring dangerous processes in technological sphere and an estimation of efficiency of its functioning with application of mathematical models.

Key words: the system analysis, mathematical modeling, safety, complex estimation, efficiency, dangerous processes.

REFERENCES

1. Moiseev N.N. *Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza* (Mathematical problems of the system analysis), Moscow, Nauka, 1981, 488 p.
2. Rykov A.S. *Modeli i metody sistemnogo analiza: prinyatie reshenii i optimizatsiya*: Uchebnoe posobie dlya vuzov (Models and methods of the system analysis: Decision-making and optimization, Higher educational aid), Moscow, Izdatel'skii dom «Ruda i metally», 2005, 352 p.
3. Sokolov A.A. *Doklady Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody*. 2010, vol. 44.
4. Bosikov I.I., Alikov A.Yu. *Perspektivy nauki*. 2013, no 6[45].
5. Bosikov I.I., Alikov A.Yu. *Perspektivy nauki*. 2012, no 1.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

КАРТА БОЯ С ОПАСНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИТУАЦИЯМИ. ПРИЛОЖЕНИЕ № 1 К ПРАКТИЧЕСКОМУ ПОСОБИЮ «БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА (ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ АСПЕКТ)»

Артемьев Владимир Борисович – доктор технических наук, заместитель генерального

директора – директор по производственным операциям ОАО «СУЭК»,

Галкин Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор,

Председатель Правления ООО «НИИОГР»,

Кравчук Игорь Леонидович – доктор технических наук,

директор ООО «НИИОГР» по безопасности горного производства,

Макаров Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор,

исполнительный директор ООО «НИИОГР»,

Галкин Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, научный сотрудник ООО «НИИОГР».

Авария и травма практически всегда являются следствием неэффективной СИСТЕМЫ обеспечения промышленной безопасности и охраны труда. В очередном выпуске Библиотеки горного инженера-руководителя изложены практические решения, представления и знания, обеспечивающие высокую степень безопасности персонала, эксплуатирующего опасные производственные объекты.

Ключевые слова: безопасность производства, охрана труда, опасная производственная ситуация, карта рисков, реестр рисков, производственный контроль.

MAP OF THE BATTLE WITH DANGEROUS PRODUCTION SITUATIONS. ANNEX NO 1 TO THE PRACTICAL MANUAL «PRODUCTION SAFETY (ORGANIZATIONAL ASPECT)»

Artemyev V.B., Doctor of Technical Sciences, Deputy General Director –

Director for Production Operations of OJSC «SUEK», Russia,

Galkin V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, the Chairman of the Board of LLC «NIAR», Russia,

Kravchuk I.L., Doctor of Technical Sciences, Director for Safety in Mining Industry, LLC «NIAR», Russia,

Makarov A.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Executive Director of LLC «NIAR», Russia,

Galkin A.V., Candidate of Technical Sciences, Researcher, LLC «NIAR», Russia.

The accident and injury are almost always the result of inefficient SYSTEM of industrial safety and labor protection. In the next issue of the Library of the engineer-Manager set out practical solutions, ideas and knowledge, providing a high degree of safety of personnel operating hazardous production facilities.

Key words: industrial safety, occupational safety, hazardous production situation, risk map, risk register, and production control.