ЭКОЛОГИЯ ИОХРАНА ТРУДА

УДК 614.8.084

Л.А. Шевченко, А.Н. Поздняков

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНОГО РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ, ИНЦИДЕНТОВ, НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЮЖНО-КУЗБАССКАЯ ГРЭС»

В процедуре обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов могут выделены по приоритету две основные задачи, которые непосредственно связаны с оптимизационным выбором и ранжированием мер предупреждения и ликвидации последствий техногенных происшествий [1]:

1) при фиксированных ресурсах выбрать и реализовать такой набор мер безопасности из возможных, внедрение которого максимально снижает риск (средний ожидаемый ущерб) техногенного происшествия;

2) минимизировав затратные ресурсы, выбрать такой набор мер безопасности из возможных, внедрение которого снижает риск техногенного происшествия до приемлемого.

Очевидно, что при решении второй задачи возникает необходимость нормирования приемлемого риска техногенного происшествия. При количественном прогнозе и оценивании приемлемости техногенного риска важное место должно быть уделено корректному выбору количественных показателей, а также соответствующих методов их прогноза и оценки.

Обоснование состава таких показателей следует проводить с учетом следующих основных требований [1]:

1) четкий физический смысл и универсальность;

2) связь с качеством и продолжительностью функционирования системы «источник опасности – потенциальная жертва», учет всех существенных свойств ее основных компонентов, чувствительность к изменению параметров каждого из них;

3) возможность оценки объективными методами;

4) пригодность к использованию в качестве оптимизируемых параметров, ограничений и критериев оптимизации.

Введение принципа свободного взаимодействия рыночных субъектов, обеспечение здоровой рыночной конкуренции неизбежно повышают неопределенность и коммерческий риск. В этих условиях чрезвычайно трудно выбирать оптимальные решения и предвидеть их последствия в сфере бизнеса. Поэтому экономический риск в системе рыночных отношений представляется объективно необходимой категорией, которая требует совершенствования теории и практики хозяйственного анализа.

В современной экономической науке интенсивно развивается теория управления рисками предприятия на основе экономико-математических методов и информационных технологий. Применение этой теории на практике позволит сохранить жизнедеятельность предприятий в ры-

Таблица 1. Термины и определения

Термин	Определение
Риск	Сочетание вероятности события и его последствий
Последствие	Результат события
Вероятность	Мера того, что событие может произойти
Событие	Возникновение специфического набора обстоятельств, при которых происходит явление
Критерии риска	Правила, по которым оценивают значимость риска
Оценка риска	Общий процесс анализа риска и оценивания риска
Анализ риска	Систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска
Идентификация риска	Процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска
Количественная оценка риска	Процесс присвоения значений вероятности и последствий риска
Оценивание риска	Процесс сравнения количественно оцененного риска с данными критериями риска для определения значимости риска

Таблица 2. Качественная оценка последствий

Тяжесть последствий	Категория	Описание потенциальной опасной ситуации
Пренебрежимая	1	Микротравма, изменения функционального состояния организма, восстанавливающиеся за период регламентируемого (межсменного) отдыха, пренебрежимо малый ущерб собственности и окружающей среде
Ощутимая	2	Легкий несчастный случай, функциональные изменения организма, восстанавливающиеся за более длительный период, чем межсменный отдых, ощутимый ущерб собственности и окружающей среде
Некритическая	3	Тяжелый несчастный случай с полным выздоровлением, легкие формы профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), значительный ущерб собственности и окружающей среде
Критическая	4	Тяжелый несчастный случай (инвалидность либо постоянный перевод на другую работу), тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), критический ущерб собственности и окружающей среде
Катастрофическая	5	Смертельный несчастный случай, острые профессиональные поражения с угрозой для жизни, катастрофический ущерб собственности и окружающей среде

Таблица 3. Вероятность потенциальных опасных событий

Характеристика опасной ситуации по вероятности	Вероятность возникновения, в год	Класс	Описание потенциальной опасной ситуации
Практически невероятная	10^{-6}	1	Настолько невероятно, что может быть исключено из рассмотрения
Редкая	$10^{-4} – 10^{-6}$	2	Невозможно, но полностью исключить из рассмотрения нельзя
Возможная	$10^{-2} – 10^{-4}$	3	Возможно будет иметь место
Вероятная	$1 – 10^{-2}$	4	Может происходить в течение жизненного цикла ЧМС
Частая	> 1	5	Может происходить часто

Таблица 4. Матрица оценки рисков

Класс вероятности возникновения опасной ситуации	5	$СР_5$	$ВР_{10}$	$ОВР_{15}$	$ОВР_{20}$	$ОВР_{25}$
	4	$НР_4$	$СР_8$	$ВР_{12}$	$ОВР_{16}$	$ОВР_{20}$
	3	$ОНР_3$	$НР_6$	$СР_9$	$ВР_{12}$	$ОВР_{15}$
	2	$ОНР_2$	$НР_4$	$НР_6$	$СР_8$	$ВР_{10}$
	1	$ОНР_1$	$ОНР_2$	$ОНР_3$	$НР_4$	$СР_5$
	*	1	2	3	4	5
	Категория тяжести последствий					

Примечание: * подстрочное число у категории риска является произведением класса вероятности возникновения опасной ситуации на категорию тяжести последствий.

ночных условиях, увеличить продолжительность их жизненных циклов, повысить устойчивость к внешним воздействиям, а также улучшить результаты их финансово-хозяйственной деятельности. Управление рисками позволяет контролировать развитие ситуации и благодаря принятию тех или иных мер максимизировать положительные и минимизировать отрицательные последствия наступления рисковых событий. Для любого бизнеса важным является не избежание риска вообще (это практически невозможно), а предвидение, и по возможности, его максимальное снижение.

Формирование системы управления рисками предприятия основывается на выборе и установлении приемлемого риска. Концепция такого риска возникла в противовес концепции «абсолютной безопасности», применявшейся в основном в различных отраслях техники и технологии. В соответствии с концепцией «абсолютной безопасности» или так называемой концепцией нулевого риска считается практически возможным исключить любую вероятность возникновения негативного воздействия рисков, какой-либо опасности для инженерных, технических систем, населения за счет организационных мер, создания абсолютных систем безопасности и т.п. Концепция «абсолютной безопасности», ориентированная на нулевую вероятность возникновения риска, не соответствует условиям функционирования любого субъекта, внутренним законам природы, которые также имеют вероятностный характер.

Концепция приемлемого риска базируется на вероятностном анализе риска, позволяет оценить воздействие риска, концентрировать и распределять ресурсы, средства не только на предотвращение воздействия рисков, но и на заблаговременную подготовку к действиям в условиях повышенного негативного воздействия.

Риск-менеджмент это система управления риском и экономическими (прежде всего финансовыми) отношениями, возникающими в процессе этого управления включающая стратегию и такти-

ку управленческих действий.

Риск-менеджмент предусматривает следующие основные приемы минимизации риска:

1) перевод риска на страховую компанию;

2) перевод фактора, порождающего данный риск, на третью сторону;

3) снижение вероятности наступления неблагоприятного события;

4) снижение величины потерь, связанных с неблагоприятными событиями;

5) абсолютный запрет на деятельность, которая порождает риск.

Выше представлены основы методологии риск-менеджмента. Целью рассмотрения указанной теории являлось подтвердить возможность ее использования для проектирования безопасности труда энергетических предприятий.

Прежде, чем приступить к количественной оценке риска в ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» (ОАО «ЮК ГРЭС») дадим определения основным понятиям, используемым при разработке и развитии методики (табл. 1.) [2]:

Анализ риска различных ЧМС в ОАО «ЮК ГРЭС» завершается процедурой ранжирования. Модель ЧМС включает человека (Ч), машину (М), рабочую среду (С), взаимодействующих между собой по установленной технологии (Т). Под «человеком» подразумевается персонал ОАО «ЮК ГРЭС»; «машиной» – технологическое оборудование энергопредприятия; «рабочей средой» – пространство электростанции, в котором они функционируют; «технологией» – совокупность приемов, используемых для изменения предмета труда и включающих мероприятия по обеспечению его безопасности; внешней среды – то, что не входит в ЧМС, но может влиять на ее функционирование или изменяться из-за нее. Ранжирование рисков для внедряемой в ОАО «ЮК ГРЭС» системы управления охраной труда и промышленной безопасностью (СУОТ и ПБ), с учетом рекомендаций, приведенных в [3-5], можно произвести в зависимости от тяжести последствий и вероятности опасного события. В табл. 2. представлен вариант качественной оценки последствий, а в табл. 3 показано, как можно классифицировать вероятность потенциальных опасных событий.

Используя табл. 2 и 3, можно построить матрицу оценки рисков (табл. 4.).

В табл. 5. приведено руководство по управлению рисками в ОАО «ЮК ГРЭС».

Расчет комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологического ущерба (R) в ОАО «ЮК ГРЭС» предлагается выполнять по формуле:

$$R = \frac{У_{\sum \text{факт.}} \; К_т \; К_в}{(У_{\sum \text{пред.}} + У_{\sum \text{факт.}} \; К_т \; К_в)}, \qquad (1)$$

где

$У_{\sum \text{пред.}} = У_{\text{нс пред.}} + У_{\text{ав. пред.}} + У_{\text{экол. пред.}}$ – суммарный предотвращенный ущерб от аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологический ущерб за год, тыс. руб.;

$У_{\sum \text{факт.}} = У_{\text{нс факт.}} + У_{\text{ав. факт.}} + У_{\text{экол. факт.}}$ – суммарный фактический ущерб от аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологический ущерб за год, тыс. руб.; $К_т$ – коэффициент, соответствующий категории тяжести последствий (табл. 2.); $К_в$ – коэффициент, соответствующий классу вероятности возникновения опасной ситуации (табл. 3.).

Для оценки комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологического ущерба (R) в ОАО «ЮК ГРЭС» в соответствии с разработанной методикой необходимы следующие исходные данные:

1) предотвращенный экономический ущерб за год (тыс. руб.) от: несчастных случаев,

Таблица 5. Руководство по управлению рисками

Категория профессионального риска	Приемлемость: Руководство по необходимым действиям и срокам
Очень низкий риск (ОНР)	Эти риски считаются допустимыми. Не требуются дополнительные действия. Необходимо поддержание средств управления риском в работоспособном состоянии.
Низкий риск (НР)	Не требуются дополнительные средства управления риском; действиям по дальнейшему снижению этих рисков дается низкий приоритет. Организации необходимо провести мероприятия, которые позволяют убедиться, что средства управления риском поддерживаются в работоспособном состоянии.
Средний риск (СР)	Необходимо планировать мероприятия по снижению риска и определять сроки выполнения данных мероприятий. Мероприятия по снижению риска должны быть выполнены в установленные сроки. Возможно, должны быть выделены значительные ресурсы на дополнительные меры по управлению риском.
Высокий риск (ВР)	Эти риски являются недопустимыми. Необходимы значительные улучшения в средствах управления риска, чтобы риск был снижен до приемлемого или допустимого уровня. Данная деятельность должна быть остановлена до тех пор, пока не будут приведены в действие средства управления риском, делающие уровень риска ниже очень высокого. Если снижение риска невозможно, работа должна быть запрещена.
Очень высокий риск (ОВР)	Абсолютно недопустимый риск. Категорически запрещается работа в данных условиях до тех пор, пока уровень риска не станет допустимым.

Таблица 6. Результаты расчетов комплексного риска *R*

Годы	Показатели							
	Число несчастных случаев	Число инцидентов	$У_{\Sigma\ факт.}$, тыс. руб.	$У_{\Sigma\ факт.}$ с учетом инфляции* тыс. руб.	$У_{\Sigma\ пред.}$, тыс. руб.	$З_{\Sigma}$, тыс. руб.	$З_{\Sigma}$ с учетом инфляции*, тыс. руб.	***R***
2000	4	17	2279,2	3646,7	66426,3	131603	210564,8	0,3544
2001	4	17	2994,7	4611,9	75447,1	186428	287099,1	0,3794
2002	2	13	1485,4	2198,4	84468,0	282066	417457,7	0,2065
2003	1	10	1010,2	1434,5	93488,8	705451	1001740,4	0,1330
2004	2	17	2610,9	3550,8	102509,6	302292	411117,1	0,2573
2005	0	14	600,6	780,8	111530,5	262938	341819,4	0,0654
2006	1	9	11345,0	14067,7	120551,3	256359	317885,2	0,5385
2007	1	14	5782,3	6823,1	129572,2	297180	350672,4	0,3449
2008	1	45	18116,0	20289,9	138593,0	329400	368928	0,5942
2009	3	40	27701,8	29363,9	147613,8	350185	371196,1	0,6655
2010	3	53	77862	77862	156634,6	431694	431694	0,8325

Примечание: * В целях приведения расчетов к единому масштабу цен $У_{\Sigma\ факт.}$ и $З_{\Sigma}$ переведены в цены 2010 г. из расчета уровня инфляции (в среднем 6% в год).

($У_{нс\ пред.}$); аварий и инцидентов ($У_{ав.\ пред.}$); экологических нарушений ($У_{экол.\ пред.}$); суммарный от аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологических нарушений ($У_{\Sigma\ пред.}$);

2) фактический экономический ущерб за год (тыс. руб.) от: несчастных случаев, ($У_{нс\ факт.}$); аварий и инцидентов ($У_{ав.\ факт.}$); экологических нарушений ($У_{экол.\ факт.}$); суммарный от аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологических нарушений ($У_{\Sigma\ факт.}$).

Для расчета $У_{нс\ факт.}$ произведем перевод человеко-дней нетрудоспособности по несчастным случаям за год в рубли по следующему правилу: средняя заработная плата (для ОАО «ЮК ГРЭС» в 2010 г. – 25000 руб./мес.) делим на 20 (число рабочих дней в месяц) и умножаем на количество потерянных дней, приведенных в [6].

Фактов возникновения аварий и экологических нарушений в ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000-2010 гг. зафиксировано не было, поэтому ущерб по ним равен нулю. Фактический экономический ущерб по инцидентам в ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000-2010 гг. приведен в [7].

Данные по предотвращенному экономическому ущербу возьмем из декларации [8]. Декларация [8] прошла процедуру экспертизы промышленной безопасности в 2009 г. и зарегистрирована в Центральном аппарате Ростехнадзора за №08-ДБ-(Х)0184-2009. Величина предотвращенного экономического ущерба в ОАО «ЮК ГРЭС» по составляющим в ценах 2009 г. приведена в [8]. Обо-

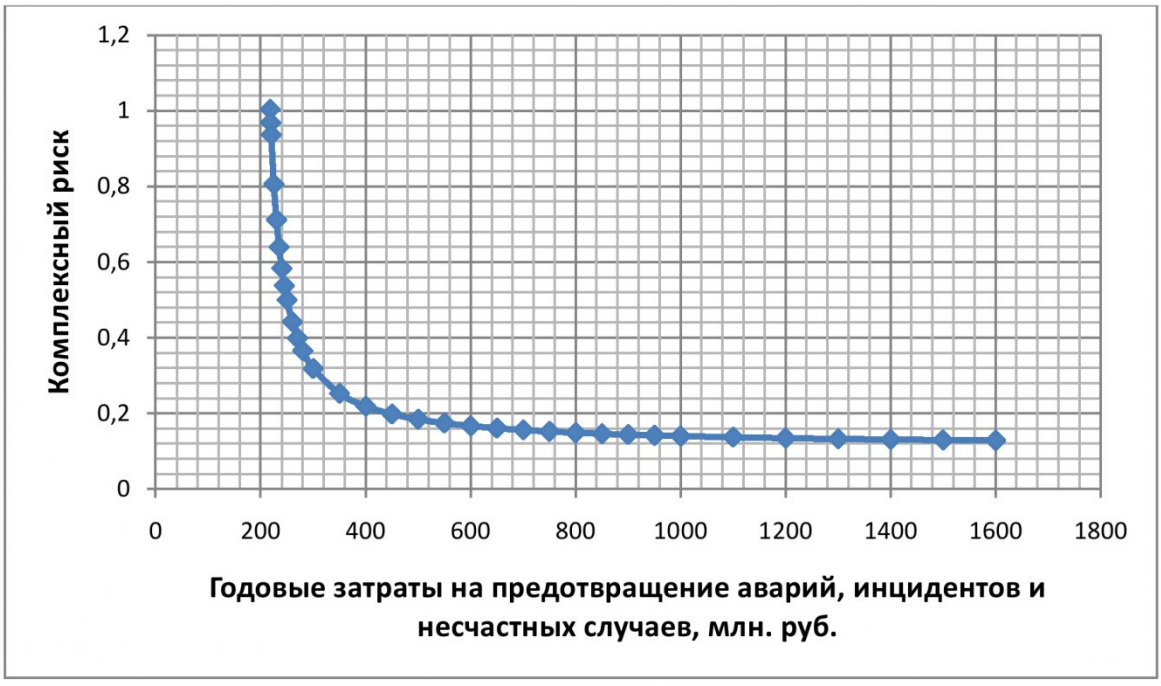

Рис.1– Эмпирическая зависимость R от $З_{\Sigma}$, в млн. руб., в ОАО «ЮК ГРЭС».

рудование, здания и сооружения ОАО «ЮК ГРЭС» со временем устаревают, поэтому количество его отказов, и, как следствие, вероятность возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологического ущерба увеличивается. Для расчета предотвращенного экономического ущерба в ОАО «ЮК ГРЭС» по составляющим примем, что оборудование, здания и сооружения ежегодно устаревают на 5%, (средний процент амортизации). Проведем ретроспективный (2000-2008 гг. – минус 5% ежегодно) и перспективный (2010-2015 гг. – плюс 5% ежегодно) расчет предотвращенного экономического ущерба (табл. 6.).

Результаты расчетов комплексного риска R по (1) приведены в табл. 6. В расчетах $К_т$ = 2 (ощутимая тяжесть последствий), а $К_в$ = 5 (частая вероятность потенциальных опасных событий).

В целях количественной оценки и нормирования комплексного риска R в ОАО «ЮК ГРЭС» по годовым данным за 2000-2010 гг. [6-7] выполним линеаризующие преобразования и методом наименьших квадратов [9] получим эмпирическую зависимость R от суммарных затрат на мероприятия по предотвращению аварий, инцидентов, несчастных случаев $З_\Sigma$, в млн. руб. :

$$R = \frac{З_\Sigma}{(8{,}83\ З_\Sigma - 1707)}, \qquad (2)$$

Коэффициент парной корреляции $r_{yx} = 0{,}785$, коэффициент детерминации $d_{yx} = 61{,}7\%$. Проверку выполняем сравнением расчётного значения r_{yx} с табличным при выбранном уровне значимости α [9]. В нашем случае расчетное значение $2{,}48 > r_{табл.\ 0{,}05;10} = 0{,}576$. Значимость коэффициента парной корреляции r_{yx} оцениваем также с помощью *t*-критерия Стьюдента [9]. В нашем случае расчетное значение $3{,}81 > t_{табл.\ 0{,}05;9} = 2{,}26$. Таким образом, гипотеза о статистической значимости выборочного коэффициента корреляции r_{yx} подтверждается. Зависимость (2) представлена на рис.1.

Выводы

1) Разработана методика оценки комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев, а также экологического ущерба в ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС».

2) Получена математическая модель, основанная на статистике аварийности и травматизма в ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» за 2000-2010 гг., предназначенная для вычисления комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев, а также экологического ущерба в ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС», в зависимости от годовых затрат на их предупреждение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные принципы оценивания и нормирования приемлемого техногенного риска / И.Л. Можаев, А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – №8. – С. 45-50.

2. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

3. РД 03-418-01. «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (утв. постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 10 июля 2001 г. N 30) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

4. Руководство Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ, Первым заместителем Министра здравоохранения РФ 24 июня 2003 г.). [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

5. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г.). [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

6. *Поздняков А.Н., Лежава С.А.* Анализ травматизма на предприятиях электроэнергетической отрасли на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» // Вестник КузГТУ . – 2013. – №3. – С. 69-74.

7. *Поздняков А.Н., Лежава С.А.* Технический контроллинг как функция поддержки управления аварийностью // Вестник СибГИУ. – 2013. – №2. – С. 33-39.

8. Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов открытого акционерного общества «Южно-Кузбасская ГРЭС» / Д.З. Хасанов, П.О. Посаженников, А.Н. Поздняков и др., – Калтан, 2009. – 565 с.

9. *Пинчук С.И.* Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: Учебное пособие / Национальная металлургическая академия Украины. – Днепропетровск, 2008. – 284 с.

□Авторы статьи:

Шевченко
Леонид Андреевич.
докт. техн. наук, профессор,
зав. каф. аэрологии, охраны труда и природы КузГТУ
Тел. 8-903-907-14-91.

Поздняков
Алексей Николаевич
аспирант («Сибирский Государственный индустриальный университет».) Email:
PozdnyakovAN@gtknk.ru