

УДК 331.461.003.12

© Коллектив авторов, 2004

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНИВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ПРИЕМЛЕМОГО ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

И.Л. МОЖАЕВ (Управление Центрального промышленного округа Госгортехнадзора России),  
А.И. ГРАЖДАНКИН, канд. техн. наук, М.В. ЛИСАНОВ, А.С. ПЕЧЕРКИН, доктора техн. наук,  
А.В. ПЧЕЛЬНИКОВ, канд. физ.-мат. наук (ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность»),  
П.Г. БЕЛОВ, канд. техн. наук (МВТУ им. Н.Э. Баумана)

**И**ntenсивное развитие в последнее десятилетие методов качественного и количественного анализа риска нашло отражение в отечественной законодательной и нормативной правовой базе. В федеральном законодательстве методология анализа риска аварий — основа декларирования промышленной безопасности и разработки соответствующих технических регламентов. В нормативных правовых документах (федеральные законы «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О безопасности гидротехнических сооружений», «О газоснабжении в Российской Федерации», «Об охране окружающей среды», «О техническом регулировании», постановления Правительства Российской Федерации от 21.08.00 № 613, от 15.04.02 № 240, РД 03-418—01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов и др.) не только регламентируется порядок применения процедуры анализа риска на практике, но и во многом обозначен подход к менеджменту техногенного риска как эффективному этапу в управлении процессом обеспечения безопасности в техносфере. Вместе с тем ряд ключевых вопросов менеджмента техногенного риска, нормирования и оценивания его приемлемости нуждаются в теоретическом обосновании.

Основная цель реально действующей системы обеспечения безопасности на опасном производственном объекте (ОПО) — минимизация издержек от возможности проявления аварийности, травматизма, вредных техногенных выбросов, отрицательно сказывающихся на качестве и конкурентоспособности производства:

$$\begin{cases} M_{\tau}[Y + Z] \rightarrow \min \\ r_{\tau} = f(\dots, M_{\tau}[Y + Z], \dots) \geq r_{\tau \text{ lim}} \end{cases} \quad (1)$$

где  $M_{\tau}[Y + Z]$  — математическое ожидание суммы ущербов  $Y$  от аварий на ОПО и затрат  $Z$  на обеспечение безопасности за определенный период  $\tau$ ;  $r_{\tau}$ ,  $r_{\tau \text{ lim}}$  — соответственно достигнутая и приемлемая рентабельность производства за этот же период.

В процедуре обеспечения безопасной эксплуатации ОПО могут быть выделены по приоритету две основные задачи, которые непосредственно связаны с оптимизационным выбором и ранжированием мер предупреждения

и ликвидации последствий техногенных происшествий (аварии, несчастные случаи, пожары, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, чрезвычайные ситуации техногенного характера).

**Задача 1.** При фиксированных ресурсах  $Z_{\tau \text{ lim}}$  выбрать и реализовать такой набор мер безопасности  $\{z_i\}$  из  $m$  возможных  $\{Z_m\}$ , внедрение которого максимально снижает риск (средний ожидаемый ущерб) техногенного происшествия  $R_{\tau} = M_{\tau}[Y]$ :

$$\begin{cases} \Delta R_{\tau} = f(\dots, \{z_i\}, \dots) \rightarrow \max_m \\ z_i \leq Z_{\tau \text{ lim}} \\ \{z_i\} \in \{Z_m\} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $\Delta R_{\tau}$  — снижение риска техногенного происшествия при внедрении набора мер безопасности  $\{z_i\}$  на ОПО;  $z_i$  — совокупная стоимость внедрения  $i$ -го комплекса мероприятий по обеспечению безопасности.

**Задача 2.** Минимизировав затратные ресурсы, выбрать такой набор мер безопасности  $\{z_i\}$  из  $m$  возможных, внедрение которого снижает риск техногенного происшествия  $R_{\tau}$  до приемлемого  $R_{\tau \text{ max}}$ :

$$\begin{cases} z_i \rightarrow \min_m \\ \Delta R_{\tau} = f(\dots, \{z_i\}, \dots) \rightarrow R_{\tau \text{ max}} \\ \{z_i\} \in \{Z_m\} \end{cases} \quad (3)$$

Видно, что при решении второй задачи возникает необходимость нормирования приемлемого риска техногенного происшествия. В отечественных нормативных документах можно найти отдельные примеры установления требований и рекомендаций приемлемости риска пожаров и аварий, например:

а) вероятность воздействия опасных факторов взрыва и пожара на людей в течение года не должна превышать  $10^{-6}$  на каждого человека (ГОСТ 12.1.010—76\* (СТ СЭВ 3517—81). Взрывобезопасность. Общие требования; ГОСТ 12.1.004—91. Пожарная безопасность. Общие требования);

б) степень риска аварии «высокая» определяется ожидаемым объемом потерь нефти более 100 т/год или

ожидаемым экологическим ущербом более 10 млн. руб. на 1000 км длины магистрального нефтепровода (Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах);

в) вероятность тяжелых запроектных аварий не должна превышать  $10^{-7}$  на реактор в год (ОПБ-88/97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций);

г) приемлемый потенциальный риск в селитебных зонах, прилегающих к территории действующих ОПО, не должен превышать  $10^{-4}$  в год (СТО РД Газпром 39-1.10-084—2003. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»);

д) вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не должна превышать  $10^{-6}$  (ГОСТ 12.1.010—76\*);

е) «эксплуатация технологических процессов является недопустимой, если индивидуальный риск больше  $10^{-6}$  или социальный риск больше  $10^{-5}$ » (ГОСТ Р 12.3.047—98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля);

ж) «...технические решения... при проектировании объектов СУГ... должны обеспечивать уровень индивидуального риска возможных аварий при эксплуатации опасного производственного объекта не более величины  $10^{-6}$ » (ПБ 12-609—03. Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы).

Можно заметить, что в примерах *а, б, в, г* приемлемый риск нормируется по удельным показателям (на одного рискующего, на 1000 км длины, на один реактор, для определенной территории), что позволяет с большей объективностью сопоставлять различные ОПО (или меры безопасности на одном ОПО) между собой по показателям риска аварии (пожара), а при необходимости сравнивать риск с приемлемым значением. В остальных примерах нормирование осуществляется по интегральным показателям (примеры *д, е*) и безотнositельно временного периода рассмотрения (примеры *е, ж*). Как правило, подобный подход приводит на практике к манипуляциям с подбором размера источника и периода действия опасности для последующего искусственного подстраивания расчетов по оценке риска под некорректные критерии приемлемости [1], и как следствие — к так называемому «комплексному управлению риском» [2].

Вот почему в 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:

четкий физический смысл и универсальность;

связь с качеством и продолжительностью функционирования системы «источник опасности — потенциальная жертва», учет всех существенных свойств ее ос-

новных компонентов, чувствительность к изменению параметров каждого из них;

возможность оценки объективными методами;

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

Принимая во внимание приведенные соображения, базовым показателем, наиболее полно характеризующим меру опасности и пригодным для эффективного менеджмента техногенного риска, в частности на ОПО, может служить математическое ожидание социально-экономического ущерба техногенного характера от возможных в течение определенного времени  $\tau$  происшествий и непрерывных штатных вредных выбросов  $M_\tau[Y]$ . Другими показателями, необходимыми для оценки результативности функционирования систем как обеспечения безопасности ОПО, так и менеджмента техногенного риска, могут быть:

$Q(\tau)$  — вероятность возникновения хотя бы одного происшествия конкретного типа (авария, несчастный случай и др.) за время  $\tau$ ;

$M_\tau[Z]$  — ожидаемые в это же время средние затраты на предупреждение и снижение тяжести происшествий и непрерывных вредных энергетических и материальных выбросов.

Учитывая массовый характер однотипных процессов на ОПО, а также наличие централизованной системы сбора информации об аварийности и травматизме, использование выбранных показателей для апостериорной количественной оценки техногенного риска и принятия решения о степени его приемлемости, как правило, не вызывает принципиальных трудностей. Для этого достаточно регистрировать интенсивность и длительность проводимых процессов, расходы и трудозатраты на обеспечение безопасности, число и тяжесть имевших место происшествий, а затем проводить расчеты по статистическому оцениванию выбранных показателей и сравнивать их с требуемыми или желаемыми значениями.

Значительно сложнее выполнять априорную оценку предложенных показателей, поскольку это требует использования комплекса моделей, связывающих выбранные показатели не только с параметрами конкретных ОПО, представляемых в качестве человеко-машинных систем, но и окружающей их внешней средой. Для преодоления этих трудностей иногда целесообразно оперировать понятием «средний ожидаемый ущерб» от конкретного техногенного происшествия. С учетом подобных допущений средний ожидаемый ущерб людским, материальным и природным ресурсам за некоторый период  $\tau$  эксплуатации ОПО может быть оценен по «источнику опасности» по следующей формуле:

$$R_\tau = M_\tau[Y] = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^k Q_{ab1} Y_{ab1} + \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^k Q_{ab11} Y_{ab11} + \sum_{v=1}^n Q_v Y_v, \quad (4)$$

где  $a$  — число типов возможных техногенных происшествий ( $a = 1$  — авария,  $a = 2$  — несчастный случай,  $a = 3$  — пожар и т.д.), т.е. форм причинения прямого и косвенного ущерба людским, материальным и природным

ресурсам;  $b$  — число предполагаемых сценариев возникновения и развития техногенных происшествий различного типа;  $Q_{abI}, Q_{abII}$  — вероятность возникновения за время  $\tau$  происшествия конкретного вида соответственно с прямым и косвенным ущербом;  $Y_{abI}, Y_{abII}$  — размер соответственно прямого и косвенного ущерба, обусловленного происшествием конкретного вида;  $v$  — число видов непрерывных и (или) систематических вредных энергетических (шум, вибрация, электромагнитные излучения и др.) и материальных (опасные и вредные вещества, отходы и т.д.) выбросов при эксплуатации ОПО;  $Q_v$  — вероятность появления за время  $\tau$  каждого типа непрерывных или систематических вредных выбросов;  $Y_v$  — размеры возможного ущерба (прямого и косвенного) от вредных выбросов;

В основе другого способа приближенного прогноза среднего ожидаемого ущерба техногенного характера при эксплуатации ОПО лежит рассмотрение возможных зон поражения (объемы пространства или площади поверхности), в пределах которых располагаются незащищенные людские, материальные и природные ресурсы. Это позволяет оценивать риск техногенного происшествия по «потенциальным жертвам» по формуле

$$R_{\tau} = M_{\tau}[Y] = \sum_{l=1}^3 (Q_{lI} \Pi_{lQ} F_l S_l) + \sum_{l=1}^3 (\Pi_l F_l S_l) + \sum_{l=1}^3 Q_{lII} Y_{lII}, \quad (5)$$

где  $Q_{lI}$  — вероятность причинения людским ( $l=1$ ), материальным ( $l=2$ ) и природным ( $l=3$ ) ресурсам прямого ущерба заданной степени тяжести за время  $\tau$ ;  $\Pi_{lQ}, \Pi_l$  — площади (объемы) зон соответственно вероятного и достоверного причинения ущерба людским, материальным и природным ресурсам поражающими факторами внезапных и непрерывных выбросов энергии и (или) вещества;  $F_p, S_l$  — средние соответственно плотность и стоимость единицы каждого ресурса в зонах вероятного и достоверного причинения ущерба;  $Q_{lII}$  — вероятность возникновения косвенного ущерба вследствие происшествия конкретного типа, а также непрерывных или систематических вредных выбросов за время  $\tau$ ;  $Y_{lII}$  — возможные средние размеры ущерба от происшествия или систематических или непрерывных выбросов.

Для прогнозирования параметров формул (4) и (5) требуется совокупность дополнительных моделей и методов, которые с определенной условностью можно разделить на три довольно крупных класса:

1. Логико-вероятностные модели, интерпретирующие различные варианты возникновения и развития происшествий, в виде диаграмм причинно-следственных связей типа «дерево» (отказа, событий), «граф» (поточный либо состояний и переходов), «сеть» (стохастической структуры К. Петри или GERT). После формализации они позволяют получать математические соотношения (структурные функции алгебры событий и расчетные вероятностные многочлены), удобные для проведения системного анализа процесса возникновения техногенного ущерба и прогноза техногенного риска [3].

2. Аналитические модели: параметрические формулы типа полуэмпирического уравнения М. Садовско-

го для перепада давления на фронте воздушной ударной волны при взрыве конденсированного взрывчатого вещества или гауссова модель рассеяния вредных веществ в атмосфере; интегральные модели, базирующиеся на законах сохранения массы и энергии и описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями; модели, построенные на представлении параметров состояния или энергообмена в их оригинальном виде и реализуемые системами дифференциальных уравнений в частных производных.

3. Методы логико-лингвистического, имитационного, статистического и численного моделирования, основанные на использовании случайных, в том числе нечетко определенных, распределений параметров совокупности различных моделей и учете непрерывно меняющихся факторов человеко-машинных систем и окружающей их среды.

С точки зрения предназначения или области применения вышеперечисленные модели и методы могут быть распределены по следующим основным этапам причинения техногенного ущерба: возникновение и развитие причинной цепи предпосылок происшествия, необходимых и достаточных для начала неконтролируемого выброса энергии и (или) вещества; истечение, распространение и трансформация соответствующих потоков энергии и (или) вещества в окружающей среде; воздействие поражающих факторов, обусловленных неконтролируемыми потоками энергии и (или) вещества, на незащищенные людские, материальные и природные ресурсы. Наибольший практический интерес для прогноза риска аварий на ОПО представляют модели: образования причинной цепи предпосылок аварии, источника выброса опасного вещества; истечения газообразных, жидких или двухфазных опасных веществ; распространения и межсреднего переноса опасного вещества; физико-химического превращения опасных веществ с интенсивным энерговыделением и образованием полей поражающих факторов; рецептов поражающих факторов; поражения вида «доза-эффект»; разрушения искусственных объектов (здания, сооружения, технические устройства).

Вероятностный характер возникновения техногенных происшествий накладывает вполне определенные ограничения и на саму процедуру оценивания приемлемости техногенного риска. Распространенное в настоящее время формальное сравнение оцененных значений техногенного риска с приемлемым представляется слишком упрощенным и необоснованным [4].

Исходя из общепринятого представления о техногенном риске  $R_{\tau}$ , как о среднеожидаемых потерях (интегральных или удельных) от техногенных происшествий за время  $\tau$ , наиболее целесообразным способом принятия решения о приемлемости следовало бы считать соблюдение условия о «накрытии» (с выбранной доверительной вероятностью  $\gamma$ ) интервальной оценкой  $[R_{\tau\gamma}, R_{\tau\gamma}]_{\gamma}$  техногенного риска  $R_{\tau}$ , заданного (или желаемого) значения  $R_{\tau\max}$ . Однако вследствие достаточно большой дисперсии прогнозных значений  $R_{\tau}$ , измеряемой в настоящее время несколькими арифме-

тическими порядками [5], обоснованность такого решения не всегда можно признать удовлетворительной. Дело в том, что стандартный доверительный интервал  $[R_n, R_b]_{\gamma=0,9}$  также будет оцениваться этим арифметическим порядком, а потому и «накрывает» все значения  $R_{\tau \max}$  из столь широкого диапазона, что совершенно недопустимо из-за низкой степени достоверности тех решений о приемлемости риска, которые могут быть приняты на основе найденных оценок  $R_{\tau}$ .

Учитывая данное обстоятельство, при принятии решений о степени приемлемости техногенного риска целесообразно оперировать не интервальной оценкой среднеожидаемых потерь  $R_{\tau}$ , а доверительным интервалом  $[Q_n, Q_b]_{\gamma}$ , влияющим на риск вероятностей  $Q_{\tau}$  появления заранее оговоренных, как правило, наиболее крупных или типичных происшествий (например, наиболее опасный и вероятный сценарий аварии) или причинения при эксплуатации ОПО прямого ущерба конкретной тяжести (например, вероятность гибели человека от аварии, вероятность наступления группового несчастного случая со смертельным исходом, вероятность аварийного разлива нефти от 500 до 1000 т и т.п.).

Дополнительным способом уменьшения дисперсии и сужения доверительных интервалов  $[Q_n, Q_b]_{\gamma}$  и  $[R_n, R_b]_{\gamma}$  может служить введение требования об использовании при оценке техногенного риска минимально необходимого набора методик с четким и однозначным алгоритмом их применения (подобное реализовано, например, в Методическом руководстве по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах, СТО РД Газпром 39-1.10-084—2003 и в общем виде в ГОСТ 12.1.004—91, ГОСТ Р 12.3.047—98). Оценку техногенного риска в этом случае целесообразно проводить с соблюдением принципа «трех единств», т.е. по одной методике, одной и той же рабочей группой (или специалистами сходной квалификации) и при одном и том же источнике постулируемых исходных данных.

Предпочтительность принятия статистических решений (и последующих управленческих) на основе оценок вероятностей техногенных происшествий  $Q_{\tau}$ , с заранее оговоренным ущербом обусловлена тем, что стандартный доверительный интервал  $[Q_n, Q_b]_{\gamma}$  в сотни раз меньше, чем  $[R_n, R_b]_{\gamma}$ , а нормирование техногенного риска путем обоснования приемлемой вероятности появления происшествий с конкретной тяжестью (но не величины причинения ущерба от них) оказывается более строгим и легче воспринимается обществом.

Особо подчеркнем, что предлагаемый способ оценивания техногенного риска по критериям допустимой вероятности происшествий конкретного типа на определенных объектах  $Q_{\tau}$ , а не социально-приемлемого ущерба  $M_{\tau}[Y]$  от них, не исключает целесообразности заблаговременного прогноза значения последнего. Напротив, использование полученных при этом результатов позволяет оптимизировать менеджмент техногенного риска, несмотря на невысокую достоверность его прогноза в данном случае. А достигается это применением не абсолютных значений подобных оценок, а относительного, а значит и более достоверного, прогноза

их изменения  $\Delta M_{\tau}[Y]$ , которое ожидается от совершенствования качества соответствующих человеко-машинных систем вследствие внедрения мероприятий (мер обеспечения безопасности), улучшающих свойства их компонентов.

Нормирование техногенного риска невозможно также без обоснования экономической целесообразности выбора и установления того или иного критерия приемлемости (см. формулу (1)).

Как представляется, некоторые из приведенных выше примеров нормирования риска (а, д, е, ж), по-видимому, совершенно не обоснованы экономически. Значения фоновых показателей техногенного риска обуславливаются в основном развитием производительных сил. При нормировании техногенного риска фоновые показатели могут рассматриваться для действующих объектов только в качестве нижней границы, а для вновь создаваемых — с использованием определенного коэффициента запаса.

Существующие фоновые показатели техногенного риска могут быть оценены на основе статистических данных об аварийности и травматизме на ОПО, о пожарах, чрезвычайных ситуациях, дорожно-транспортных и других техногенных происшествиях. В табл. 1 представлены данные о некоторых фоновых удельных показателях риска гибели людей на ОПО, полученные на основании официальных материалов Госгортехнадзора России.

Анализ показывает, что риск гибели людей в аварии на ОПО, как правило, в несколько раз меньше риска гибели при несчастном случае на ОПО: доля погибших в авариях на ОПО, по данным за 2000–2003 гг., составляет  $0,1 \pm 0,05$  общего числа несчастных случаев со смертельным исходом. Кроме того, в последние четыре года для большинства промышленных отраслей наблюдается относительная стабильность удельных (на масштаб производства) показателей риска гибели людей в авариях на ОПО (см. рисунок).

В табл. 2 представлены результаты оценок фоновых показателей среднего индивидуального риска гибели человека в типичных техногенных происшествиях, полученные на основе официально опубликованных статистических данных об аварийности и травматизме на ОПО, о дорожно-транспортных происшествиях, пожарах и чрезвычайных ситуациях в Российской Федерации за 2000–2003 гг. Как из нее видно, наименьший риск гибели человека в техногенных происшествиях (до  $6,6 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>) достигается при возникновении чрезвычайных ситуаций, а наибольший (до  $2,4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>) — при дорожно-транспортном происшествии. По формальному же определению большинство дорожно-транспортных происшествий и пожаров — чрезвычайные происшествия техногенного характера, а различие значений риска для этих происшествий более чем в 100 раз объясняется, по-видимому, несовершенством сбора статистических данных о чрезвычайных ситуациях и нечеткими критериями (подробнее см. в работе [2]).

В настоящее время фоновый риск гибели человека при пожаре в России достигает  $1,38 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, однако, согласно проекту общего технического регла-

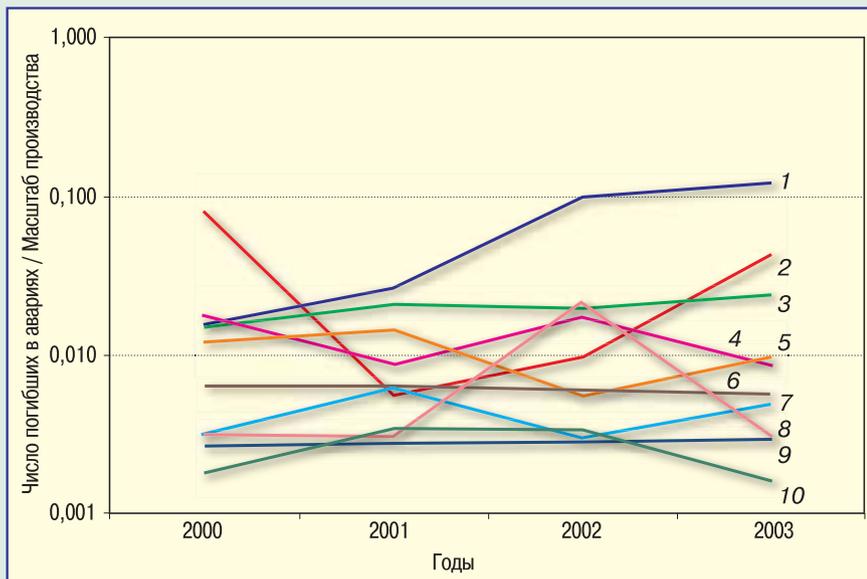
Таблица 1

| Поднадзорные объекты  | Фоновые удельные показатели риска гибели людей за год       |   |   |
|---|---|---|---|
|   | размерность   | в аварии<br>(по данным за<br>2000–2003 гг.) | в аварии или несчастном<br>случае (по данным<br>за 1994–2003 гг.) |
| Угольная промышленность   | чел/млн. т добытого угля                                    | $(6,56 \pm 5,15) \cdot 10^{-2}$             | $(5,82 \pm 2,29) \cdot 10^{-2}$                                   |
| Горнодобывающие производства  | чел/млн. м <sup>3</sup> добытой горной массы                | $(4,25 \pm 1,43) \cdot 10^{-3}$             | $(7,47 \pm 1,04) \cdot 10^{-2}$                                   |
| Нефтедобывающие производства  | чел/млн. т добытой нефти                                    | $(1,04 \pm 0,39) \cdot 10^{-2}$             | $(7,51 \pm 1,38) \cdot 10^{-2*}$                                  |
| Газодобывающие производства   | чел/млрд. м <sup>3</sup> добытого газа                      | $(2,56 \pm 0,96) \cdot 10^{-3}$             | $(5,27 \pm 4,05) \cdot 10^{-3*}$                                  |
| Магистральный трубопроводный транспорт  | чел/тыс. км общей протяженности магистральных трубопроводов | $(1,30 \pm 0,49) \cdot 10^{-2}$             | $(3,04 \pm 0,70) \cdot 10^{-2**}$                                 |
| Химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность                      | чел/млн. т общего объема производства                       | $(3,47 \pm 3,42) \cdot 10^{-2}$             | $(9,94 \pm 3,30) \cdot 10^{-2}$                                   |
| Металлургическая промышленность   | чел/млн. т общего объема производства                       | $(6,08 \pm 0,33) \cdot 10^{-3}$             | $(2,15 \pm 0,71) \cdot 10^{-1}$                                   |
| Котельные установки, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды | чел/тыс. шт. общего числа установок                         | $(2,70 \pm 0,10) \cdot 10^{-3}$             | $(1,17 \pm 0,70) \cdot 10^{-2***}$                                |
| Объекты подъемных сооружений  | чел/тыс. шт. общего числа сооружений                        | $(1,98 \pm 0,35) \cdot 10^{-2}$             | $(1,54 \pm 0,14) \cdot 10^{-1}$                                   |
| Объекты газоснабжения   | чел/тыс. км общей протяженности подземных газопроводов      | $(3,07 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$             | $(3,52 \pm 1,15) \cdot 10^{-2}$                                   |

\* По данным за 1992–2003 гг.

\*\* По данным за 1998–2003 гг.

\*\*\* По данным за 1997–2003 гг.



**Динамика удельных показателей риска гибели людей за год в авариях на ОПО за 2000–2003 гг.:**

1 — угольная промышленность; 2 — химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая промышленность; 3 — подъемные сооружения; 4 — магистральный трубопроводный транспорт; 5 — нефтедобывающие производства; 6 — металлургическая промышленность; 7 — горнодобывающие производства; 8 — объекты газоснабжения; 9 — котельные установки; 10 — горнодобывающие производства

мента «Пожарная безопасность. Общие положения» ([www.vniipro.ru](http://www.vniipro.ru)), «пожарная безопасность жилого здания, общественного здания или сооружения считается обеспеченной», если «расчетное значение индивидуального пожарного риска составляет меньше  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>». Следует отметить, что в большинстве своем гибель людей происходит при пожарах в жилых и общественных зданиях, поэтому для выполнения требований данного проекта технического регламента необходимо обеспечить, помимо прочего, и снижение числа погибших при пожарах более чем в 130 раз, т.е. с 19 275 (данные за 2003 г.) до 145 чел/год. Без надлежащего экономического обоснования решение такой гуманной задачи может привести либо к утрате конкурентоспособности отечественной экономики со всеми вытекающими негативными последствиями, либо свестись к банальным манипуляциям с «расчетным значением вероятности» [1, 2, 6–8].

Таблица 2

| Техногенное происшествие            | Фоновые показатели риска гибели человека в техногенных происшествиях, год <sup>-1</sup> |                      |                      |                      |                                 |
|-------------------------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
|                                     | 2000 г.   | 2001 г.              | 2002 г.              | 2003 г.              | В среднем за 2000–2003 гг.      |
| Дорожно-транспортное происшествие   | $2,05 \cdot 10^{-4}$  | $2,14 \cdot 10^{-4}$ | $2,29 \cdot 10^{-4}$ | $2,45 \cdot 10^{-4}$ | $(2,23 \pm 0,17) \cdot 10^{-4}$ |
| Пожар                               | $1,13 \cdot 10^{-4}$  | $1,27 \cdot 10^{-4}$ | $1,37 \cdot 10^{-4}$ | $1,33 \cdot 10^{-4}$ | $(1,27 \pm 0,11) \cdot 10^{-4}$ |
| Чрезвычайная ситуация*              | $7,90 \cdot 10^{-6}$  | $8,60 \cdot 10^{-6}$ | $1,48 \cdot 10^{-5}$ | $8,00 \cdot 10^{-6}$ | $(9,90 \pm 3,30) \cdot 10^{-6}$ |
| Авария или несчастный случай на ОПО | $3,20 \cdot 10^{-5}$  | $3,10 \cdot 10^{-5}$ | $2,60 \cdot 10^{-5}$ | $2,70 \cdot 10^{-5}$ | $(2,90 \pm 0,30) \cdot 10^{-5}$ |

\* Все чрезвычайные ситуации природного, техногенного и биолого-социального характера, террористические акты.

Таким образом, при оценивании и нормировании техногенного риска следует принимать во внимание следующие основные принципы:

приоритетность нормирования удельных показателей техногенного риска (индивидуальный риск гибели работника и третьего лица, ожидаемый ущерб на единицу произведенной продукции, масштаб производства и др.) над интегральными (коллективный (социальный) риск гибели персонала, общий ожидаемый ущерб, вероятность аварии или несчастного случая на ОПО и др.);

целесообразность нормирования вероятности появления наиболее крупных (типичных) техногенных происшествий или причинения прямого ущерба конкретной тяжести (гибель человека при аварии, аварийный разлив нефти от 500 до 1000 т и др.). При принятии решений о степени приемлемости техногенного риска следует оперировать не точечными оценками среднеожидаемых потерь, а доверительными интервалами вероятностей появления наиболее крупных (или) типичных техногенных происшествий или возникновения опеределенного прямого ущерба;

наличие и использование четкого и однозначного алгоритма оценки техногенного риска с соответствующими допущениями и исходными данными (соблюдение принципа «трех единств»);

нормирование показателей техногенного риска с учетом фоновых значений и экономической эффективности установления более жестких критериев приемлемости. Основным методом нормирования показателей риска появления техногенного ущерба следует считать оптимизацию по минимуму суммарных социально-экономических издержек от объективно существующих в отрасли опасностей, а ограничениями — соответствующие показатели наиболее благополучных стран и отечественные фоновые значения;

целесообразность включения критериев приемлемого риска в документы рекомендательного характера (стандарты, методические документы).

Предложенная концепция прогноза, оценивания и оптимизации техногенного риска может быть использована при разработке интегрированной системы менеджмента техногенного риска в организации, эксплуатирующей ОПО.

#### Список литературы

1. Лисанов М.В. О техническом регулировании и критериях приемлемого риска // Безопасность труда в промышленности. — 2004. — № 5. — С. 11–14.
2. Гражданкин А.И., Печеркин А.С. О влиянии «управления комплексным риском» на рост угроз техногенного характера // Безопасность труда в промышленности. — 2004. — № 3. — С. 38–42.
3. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. — М.: Академия, 2003. — 512 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Высш. шк., 1998. — 576 с.
5. Assessment of uncertainties in risk analysis of chemical establishments / K. Lauridsen, I. Kozine, F. Markert и др. // The ASSURANCE project. Final summary report. National Laboratory, Roskilde, 2002. — 49 p.
6. Гражданкин А.И. Управление риском: миф или реальность // Безопасность труда в промышленности. — 2004. — № 1. — С. 48–49.
7. Гражданкин А.И. Оценка техногенного риска: техническое регулирование, стандартизация, критерии приемлемости // Безопасность труда в промышленности. — 2004. — № 7. — С. 59–61.
8. Гражданкин А.И., Лисанов М.В. Анализ результатов оценок риска аварий, представленных в декларациях промышленной безопасности опасных производственных объектов // Тез. докл. семинара «Об опыте декларирования промышленной безопасности и страхования ответственности. Развитие методов оценки риска аварий на опасных производственных объектах», 14–15 окт. 2003 г. — М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. — С. 29–35.

УДК 622.831.32

© И.Ю. Рассказов, О.И. Чернышов, В.М. Марач, 2004

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ НА ХАРАКТЕР ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ В УДАРООПАСНОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

И.Ю. РАССКАЗОВ, канд. техн. наук (Институт горного дела ДВО РАН),  
О.И. ЧЕРНЫШОВ, В.М. МАРАЧ (Управление Приамурского округа Госгортехнадзора России)

**П**одземная разработка рудных месторождений занимает важное место в горнодобывающей промышленности Дальневосточного региона. Здесь действует ряд крупных и средних рудников, ведущих горные работы в разнообразных, в том числе в

сложных горно-геологических и удароопасных условиях. Результаты геомеханических исследований на Николаевском, Южном и Хинганском месторождениях свидетельствуют, что их склонность к горным ударам во многом определяется высокими действующими