

УДК 504.064.36:004.02

**А.И. РЯЗАНЦЕВ, И.С. СКАРГА-БАНДУРОВА, М.В. НЕСТЕРОВ***Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк, Украина***МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

*В работе сформулирована научная проблема комплексного анализа уровня опасности техногенных объектов региона на основе комплексной оценки риска аварий. В статье предложено применить методы анализа опасности и оценки риска, совмещенные с методами принятия решений путем выборки и анализа вероятных аварийных ситуаций, для которых возможный ущерб превышает допустимый. Эти данные являются входными для реализации управления риском на основе методологии оценки техногенного риска аварий на промышленных объектах. Теоретически разработана и обоснована модель для оценки экологической безопасности региона, которая дает определение ключевых показателей риска.*

**Ключевые слова:** техногенный риск, метод, промышленный регион, информационная система, принятие решений.

**Введение**

В современных условиях важнейшее значение приобретает разработка методологии по оценке и обеспечению экологической безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В условиях населенных мест химическая нагрузка на население, как правило, обусловлена одновременным поступлением в организм различными путями и из разных объектов окружающей среды десятков и даже сотен химических веществ. При этом их биологическое действие может изменяться под влиянием самых разнообразных физических, климатических, биологических и других факторов. Во многих экономически развитых странах с целью решения вышеперечисленных сложных вопросов активно используется методология оценки риска, основанная на выявлении или прогнозировании вероятности развития неблагоприятных эффектов действия факторов среды обитания человека. Концепция риска включает в себя два элемента - оценку риска (Risk Assessment) и управление риском (Risk Management).

Оценка риска - научный анализ генезиса и масштабов риска в конкретной ситуации, тогда как управление риском - анализ рискованной ситуации и разработка решения, направленного на минимизацию риска. Риск для здоровья человека (или экосистемы), связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих необходимых и достаточных условиях:

– существование источника риска (физического негативного воздействия или токсичного ве-

щества в окружающей среде или продуктах питания, либо предприятия по выпуску продукции, содержащей такие вещества, либо технологического процесса и т.д.);

– присутствие данного источника риска в определенной, вредной для здоровья человека дозе или концентрации;

– подверженность человека воздействию упомянутой дозы токсичного вещества или негативного физического воздействия.

Перечисленные условия образуют в совокупности реальную угрозу или опасность для здоровья человека.

На сегодняшний день разработан целый ряд нормативных документов, при помощи которых можно выработать основные критерии управления риском [1 – 3]. Анализ зарубежного опыта и результаты применения методологии оценки техногенного риска на практике в ряде регионов Украины [4, 5] и России показали высокую перспективность этих исследований и позволяют рассматривать оценку риска как надежный инструмент, способный определять целесообразность, приоритетность и эффективность природоохранных мероприятий.

**Задача оценки техногенного риска**

Задача оценки техногенного риска формализуется следующим образом.

Пусть техногенный риск представлен кортежем векторов:

$$R_i = \langle \bar{\Theta}, \bar{P}, \bar{U}^P \rangle,$$

где  $\bar{\Theta}$  - вектор состояний системы, определяющий процесс возникновения и развития негативной ситуации техногенного и природного характера;

$\bar{P} = [P_{tr}, P_{in}, P_{sc}]^T$  - вектор вероятности реализации поражающего фактора ( $P_{tr}$  - вероятность территориального поражения;  $P_{in}$  - вероятность индивидуального поражения;  $P_{sc}$  - вероятность наступления социальных последствий определенного уровня);

$\bar{U}^P$  - вектор параметров, характеризующих уровень ущерба (прямого экономического и экологического) и число пораженных при реализации неблагоприятного события (НС).

Пусть так же, технологическая система каждого  $k$ -го территориального объекта состоит из  $j$  подсистем. Тогда для любой  $j$ -й подсистемы риск НС может быть определен как:

$$R_j = \langle \bar{\Theta}_j, \bar{P}_j, \bar{U}_j^P \rangle.$$

Предполагается, что определены:

1. Математические модели негативных процессов, которые могут быть реализованы в  $j$ -й подсистеме  $k$ -го территориального объекта при НС, представленные функцией:

$$\tau_{kijz} : \bar{W}_{kijz} \rightarrow \bar{\Phi}_{kijz},$$

( $z = 1 \dots Z$  – набор элементарных событий),

где  $\bar{W}_{kijz}$  - вектор параметров, определяющий начальное состояние  $j$ -й подсистемы;

$\bar{\Phi}_{kijz}$  - вектор фазовых переменных элементарных негативных событий, которые могут возникнуть в  $i$ -й подсистеме  $j$ -го территориального объекта при НС.

2. Статистическая модель для оценки вероятности возникновения элементарных событий представлена функцией:

$$\Gamma_{kijz} : (\bar{W}, \bar{\Theta})_{kijz} \rightarrow \bar{P}_{kijz}, z = 1 \dots Z,$$

где  $\bar{P}_{kijz} = \left[ P_{kijz}^{\text{поражений}}, P_{kijz}^{\text{эколог.потерь}} \right]$  - вектор вероятностей поражений людей, экологических потерь.

Рассматривается комплексная модель чрезвычайной ситуации на технологических объектах для анализа и предвидения последствий техногенных аварий, включающая:

– модель, основанную на байесовском подходе для оценки вероятности возникновения НС в  $j$ -й подсистеме в форме «деревьев отказов» -

$$\pi_{kj} : \left( \left\{ \bar{P}_{kijz} \right\}, \bar{\theta}_{kj} \right) \rightarrow \bar{P}_{kj};$$

– динамическую модель развития аварии в форме «деревьев событий»

$$\delta_{kj} : \left( (W, \hat{O}, \bar{P}_k)_j, \bar{\theta}_{kj} \right) \rightarrow \bar{M}_{kj},$$

где  $S = \{ \bar{S}_j \}$ ,  $W = \{ \bar{W}_j \}$ .

Необходимо найти набор сценариев с выполнением условия  $\bar{M}_{kj} > \bar{M}_{пр}$ , для которых в дальнейшем разрабатываются решения по снижению риска - приведение к условию  $\bar{M}_{kj} < \bar{M}_{пр}$ , где  $\bar{M}_{пр}$  - вектор приемлемых последствий.

Итоговой задачей исследования является разработка и применение методологии управления техногенным риском с целью сдерживания неприемлемых рисковых показателей для стохастических техногенных источников опасности, присутствующих в рассматриваемом регионе.

### Метод оценки техногенного риска региона

Структуризация риска позволила выделить основные элементы процедуры оценки:

- 1) идентификация опасности;
- 2) оценка экспозиции;
- 3) оценка зависимости "доза - ответ";
- 4) характеристика риска, включающая оценку

вероятности выявленных неблагоприятных эффектов в состоянии здоровья; оценку риска канцерогенных эффектов, установление коэффициента опасности развития общетоксических эффектов, анализ и характеристику неопределенностей, связанных с оценкой, и обобщение всей информации по оценке риска.

При принятии решений по распределению усилий, направленных на совершенствование надежности (безопасности) и повышение тактико-технических данных сложных и опасных химико-технологических систем и объектов повышенной опасности, наиболее рациональный путь – определение и анализ основных факторов совокупного риска, связанного с работой анализируемой системы.

Исходными данными для количественной оценки основных факторов риска являются частота появления негативных исходных событий и вероятность отказа средств, обеспечивающих недопущение или минимизацию последствий рисковых событий. Предполагаемая частота (вероятность при нормировании случайных отказов к заданному промежутку времени, например, к году) возникновения негативных событий, вычисляется при помощи обработки схем причинно-следственного анализа. К элементам информационной технологии, предназначенным для причинно-следственного анализа логико-вероятностных схем можно отнести методы, используемые при построении «деревьев отказов» [6]. Эффективность средств защиты и управления сложными химико-технологическими системами может быть оценена при помощи анализа «деревьев событий». Конечные события «деревья событий»

содержат количественные показатели, определяющие масштаб аварии и вероятность реализации такого масштаба. Например, основной показатель масштаба последствий при аварийном выбросе в атмосферу парогазовой смеси токсичных веществ – масса вещества выброса. Это количество вещества зависит от условий аварийной разгерметизации, скорости и надежности срабатывания запорной арматуры, средств защиты, вероятности возникновения источников зажигания в окрестности зоны загазованности и т.д. В свою очередь, масса вещества в выбросе влияет на физический процесс рассеяния примеси в атмосфере, что в свою очередь приводит к ингаляционному воздействию на людей. Для

оценки распределения концентрации опасных веществ в атмосфере рекомендуется применять известные модели процессов дисперсии парогазовой фазы в атмосфере [7-9].

Итогом построения «дерева событий» является получение двумерного массива масштабов исходов и их вероятностей.

Последовательность оценки риска и принятия решений представлена на рис. 1. Для каждого предприятия проводится отдельная оценка, далее проводится процедура обобщения ожидаемого ущерба с целью выявления областей неприемлемого риска и выработки решений по приведению суммарного риска к приемлемому.

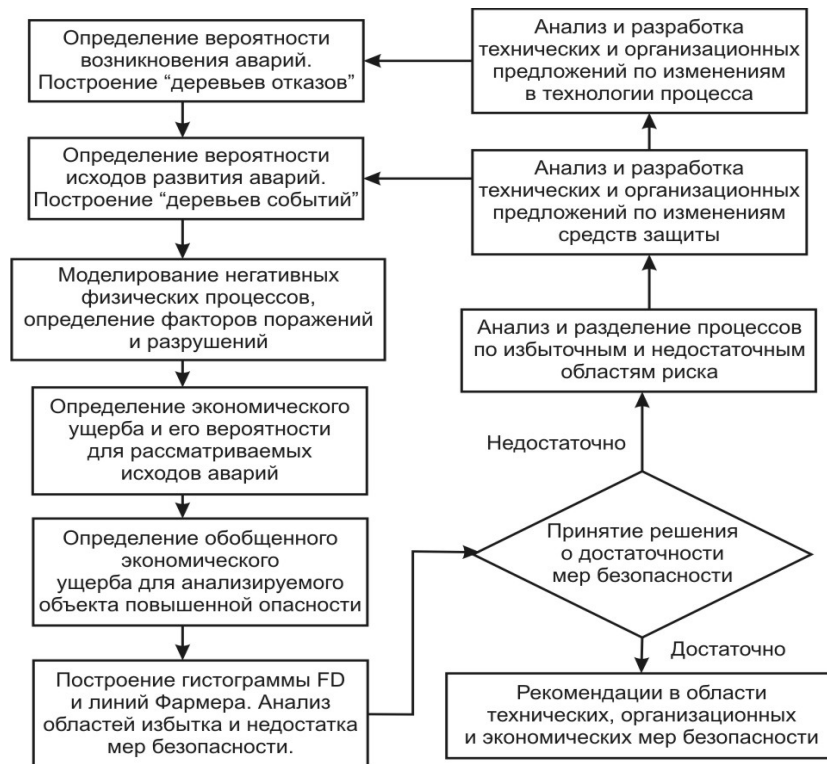


Рис. 1. Схема принятия решения управления риском

Для каждого выделенного в процессе анализа опасности объекта повышенной опасности последовательно реализуются следующие задачи:

- выполняется логико-вероятностный анализ существующего технологического процесса и на его основе проводится построение «дерева отказов», вычисляются вероятности промежуточных событий и итоговая вероятность верхнего события, выделяются события, вероятность возникновения которых превышает предельно допустимый уровень;

- для выделенных событий выполняется анализ надежности и эффективности средств защиты, строится «дерево отказов», вычисляются вероятности и масштабы аварий путем определения параметров процессов формирования аварийных ситуаций, выделяются конечные ситуации «дерева событий»,

вероятность которых превышает приемлемую;

- осуществляется моделирование опасных физических процессов для выделенных конечных ситуаций, вычисляются показатели поражающих факторов, определяются количество возможно пораженных людей (различных степеней поражений), степени материальных потерь;

- проводится экономический анализ и расчеты, позволяющие определить количественные показатели ущерба для выделенных ситуаций, определяется массив значений ущерб-вероятность на основании которого строится FG гистограмма;

- определяются значения приемлемого риска, абсолютно неприемлемого ущерба и граница неприемлемого ущерба, выделяются диапазоны ущерба, превышающие линии Фармера;

– для выделенных диапазонов проводится анализ и отбираются все аварийные ситуации, ущерб от которых лежит пределах выделенных диапазонов, принимается решение о достаточности или избыточности надежности технологических процессов и эффективности существующих мер безопасности;

– для диапазонов, при которых меры безопасности признаны недостаточными проводится анализ и разрабатываются технические и организационные мероприятия, рекомендуемые для изменения уровня безопасности, проводится экономический анализ предлагаемых мер;

– проводится дополнительный анализ и вносятся изменения в «деревья отказов» и «деревья событий», отражающие предлагаемые меры;

– расчеты и анализ продолжается в цикле до тех пор, пока решение о достаточности мер безопасности будет достигнуто.

Количественная оценка необходимых показателей получается путем математического моделирования детерминированных и стохастических процессов с использованием элементов теории подобия [10]. Описание основных этапов реализации методологии оценки техногенного риска представлено в виде отдельных шагов.

#### Шаг 1. Оценка риска аварий

При оценке риска аварии, проводится определение следующих показателей:

- вероятностей возникновения аварий;
- вероятности реализации того или иного вида аварии;
- сценариев развития возможных аварий.

При определении вероятности реализации того или иного вида аварии принимается условие равновероятности всех видов аварии.

Определение сценариев возможных аварий. Для каждого предприятия, исходя из опыта аварий на аналогичных производствах, физико-химических свойств обращающихся веществ, вида и типа используемого оборудования, характера разгерметизации, погодных и других условий, а также особенностей размещения оборудования (на открытой площадке или в помещении) определяются места и характер аварийной ситуации.

Сценарии возникновения и развития аварий, представляются в виде «деревьев отказов» и «деревьев событий».

Шаг 2. Оценка количества опасных веществ, участвующих в аварии.

При оценке количества продукта в выбросе, рассматривается разрушение оборудования в наиболее опасном варианте развития аварии. При этом должны учитываться следующие параметры:

– количество продукта, находящегося в оборудовании,

– количество продукта, поступающее по прямому и обратному потокам за время срабатывания отсекающей арматуры.

– масса выброса в случае, отказа запорной арматуры

– время, в течение которого обслуживающий персонал может оценить возникшую аварию,

– время на принятие адекватных мер.

Шаг 3. Определение вероятных зон действия поражающих факторов.

Шаг 4. Оценка возможного ущерба.

Качественная оценка возможного ущерба сводится к выявлению объектов «заботы», попадающих в возможные зоны поражения.

Количественная оценка производится на основании "Методики оценки ущерба от последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера", утвержденных постановлением Кабинета Министров Украины от 4.06.2003г. № 862.

Шаг 5. Исследование приемлемости ожидаемых последствий.

В работе [11] рассмотрен метод определения возможного и ожидаемого ущерба при производстве уранового топлива и трансураниевых элементов. В указанной работе предлагается использовать линию Фармера для анализа достаточности мер безопасности, направленных на защиты от выброса урановых элементов в окружающую среду и обеспечение радиационной безопасности. По аналогии с описанным методом, в работе предлагается строить линию Фармера из точки вероятности нулевого ущерба, стремящейся к 1 в точку выбранного уровня ущерба. Абсолютно неприемлемым ущербом можно считать величину экономических потерь, при которых существование производства экономически неоправданно. Границей неприемлемого ущерба можно принять величину экономических потерь, возмещение которых невозможно при заданном уровне страхования. В табл. 1 приведены данные для построения FG гистограммы. Гистограмма строится для ущерба, исчисляемого в тысячах условных единиц и вероятности реализации такого ущерба, нормированной к одному году. На рис. 1 представлена FG гистограмма с результатами вероятностно-экономического анализа для данных табл. 1.

В результате анализа формируется полный список сценариев аварий, для которых необходимо разработать рекомендации по приведению риска к приемлемому уровню. При получении количественных показателей ущерба должны учитываться экологические последствия от возможных аварий.

Далее, для выделенных сценариев аварий необходимо определить наиболее значимые факторы, определяющие их вероятность и разработать рекомендации по снижению риска.

Шаг 6. Составление перечня наиболее значимых факторов, влияющих на показатели риска.

Таблица 1

Пример исходных данных  
для построения FG гистограммы.

№	G, (тыс. грн)	P
1.	1000	0.12
2.	2000	0.12
3.	2500	$3.2 \times E-3$
4.	3000	$3.2 \times E-3$
5.	3900	$5 \times E-3$
6.	6000	$1 \times E-8$
7.	8000	$1 \times E-6$
8.	13000	$3.2 \times E-7$
9.	14000	$3.2 \times E-7$
10.	15000	$1.8 \times E-6$
11.	16500	$3.2 \times E-7$
12.	18000	$4.2 \times E-5$
13.	19500	$3.2 \times E-10$
14.	21000	$3.2 \times E-10$
15.	21500	$1 \times E-13$
16.	30000	$1 \times E-13$
17.	30000	$1 \times E-7$
18.	31000	$1 \times E-7$
19.	32500	$1 \times E-6$
20.	34000	$1 \times E-15$

К наиболее значимым факторам, влияющим на показатели риска, следует отнести следующие:

- большое количество опасных веществ в оборудовании;
- надежность системы контроля и автоматического регулирования;
- уровень подготовленности персонала.

Шаг 7. Оценка уровня безопасности опасного производственного объекта.

Уровень безопасности объекта определяется вероятностью выхода за пределы предприятия поражающих факторов аварии и зоны риска, превышающей нормативную величину. При этом вычисляется:

- вероятность возникновения наиболее тяжелой, по возможному числу пострадавших, аварии и воздействия ее поражающих факторов, с учетом действующих систем защиты и предусмотренных организационных мероприятий;
- социальный риск от аварий;
- максимальный индивидуальный риск для предприятий, находящихся в зоне действия поражающих факторов;
- максимальный индивидуальный риск для населенных пунктов, находящихся в зоне действия поражающих факторов.

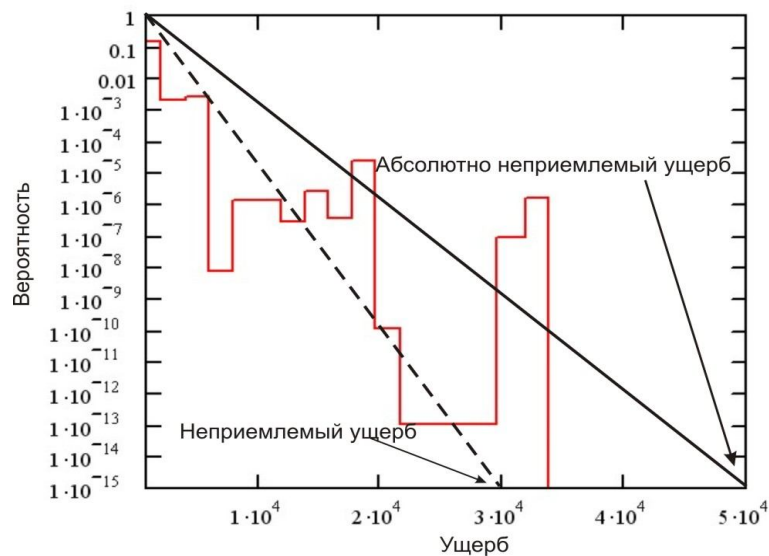


Рис. 1. Пример FG гистограммы с результатами вероятностно-экономического анализа ожидаемого ущерба предприятия

Шаг 8. Формирование предложений по внедрению мер, уменьшающих риск аварий.

Шаг 9. Оценка приемлемости риска после применения рекомендованных мер.

После внедрения предложенных технических решений, для тех сценариев, которые изменяются в результате внедрения, происходит изменение вероятности возникновения и реализации некоторых аварий.

На рис. 2 приводится пример выбора уровня риска, при котором достигается приемлемый ожи-

даемый ущерб. В данном примере ущерб в 30 миллионов гривен допустим лишь ниже вероятности  $10^{-8}$ .

Те части гистограммы, которые лежат выше уровня линии Фермера, соответствуют диапазонам неприемлемого ущерба. Те, что лежат ниже, соответствуют диапазонам ущерба, вероятность которого меньше необходимого уровня безопасности. Для диапазонов ущерба с превышением уровня безопасности однозначно необходимо проводить дополнительный анализ и разработку мер повышения безопасности соответствующих источников опасности.

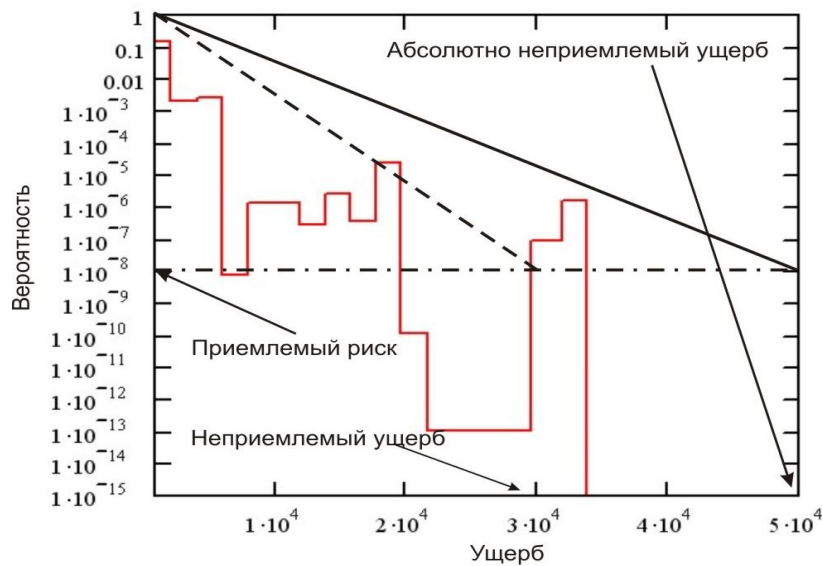


Рис. 2. Пример FG гистограммы с результатами ожидаемого приемлемого ущерба

Для диапазонов, вероятность ущерба которых лежит ниже линии Фармера можно считать меры безопасности приемлемыми или избыточными. Для объектов из этих диапазонов можно предлагать упростить уровень средств защиты. Количественный показатель риска ущерба определенного конечного события – вероятность ущерба  $P_d$  определяется вероятностью возникновения аварийной ситуации  $P_r$ , вероятностью  $P_j$  реализации  $j$ -го исхода при развитии аварии и условной вероятностью материальных потерь  $P_{m|j}$  при условии реализации  $j$ -го исхода:

$$P_d = P_r \cdot \sum_j P_j \cdot P_{m|j}$$

где  $P_r$  – вероятность возникновения аварии, рассчитанная в результате вычисления событий в «дереве отказов», построенном для данной аварии;  $P_j$  – вероятность реализации сценария в соответствии с «деревом событий», отображающим для данной аварии разделение сценариев развития аварии с учетом вероятности срабатывания или отказа средств и мер противоаварийной защиты;  $P_{m|j}$  – вероятность того, что при условии реализации  $j$ -го сценария ущерб будет попадать в определенный диапазон. Ущерб и его вероятность определяются на основании величины выброса, характеристик опасных примесей, реализации определенных условий распространения примеси и моделей определения ущерба. Данные о возможном ущербе и вероятностях реализации аварийных ситуаций представляют эксперты, разрабатывающие для данного предприятия декларацию промышленной безопасности в соответствии с требованиями законодательства [12].

Разработка предложений, влияющих на  $P_r$  и  $P_j$  в случае недостаточности мер безопасности позволяет осуществить поддержку принятия решения по техническим и организационным средствам приведения уровня безопасности к приемлемому.

Шаг 10. Исследование объединенного риска.

Объединенный риск от различных источников региона после рекомендаций по достижению приемлемого риска каждому отдельному источнику необходимо дополнительно проверить по суммарному риску. Как видно из рис. 3, область сценариев аварий от  $2 \times 10^8$  до  $6 \times 10^8$  грн. для нескольких объектов повышенной опасности региона с учетом влияния источников опасности находится в области неприемлемого риска, несмотря на то, что риски для каждого объекта является допустимыми. В связи с этим, органы местного самоуправления имеют право изменить условия формирования приемлемого риска каждым предприятием и предлагать пересмотреть рекомендуемые меры защиты каждому предприятию в области сценариев предполагаемых аварий, последствия которых могут находиться в выделенном ценовом диапазоне последствий.

На рис. 3 приводится пример анализа приемлемого суммарного риска региона.

Таким образом, возможно управление техногенного риска путем поэтапной выработки рекомендаций и проведением периодического мониторинга риска с целью снижения риска.

Следует отметить, что анализ последствий аварийных ситуаций различных масштабов представляет сложную задачу отдельного исследования. Методическое обеспечение такого анализа на данный момент недостаточно развито. Прямой экономический ущерб возможно рассчитать по методикам, изложенным в [13].

Наибольшие трудности вызывает оценка экологических последствий аварий. В любом случае при составлении массива количественных показателей потерь должны учитываться такие показатели:

- потери населения;
- потери трудовых ресурсов;

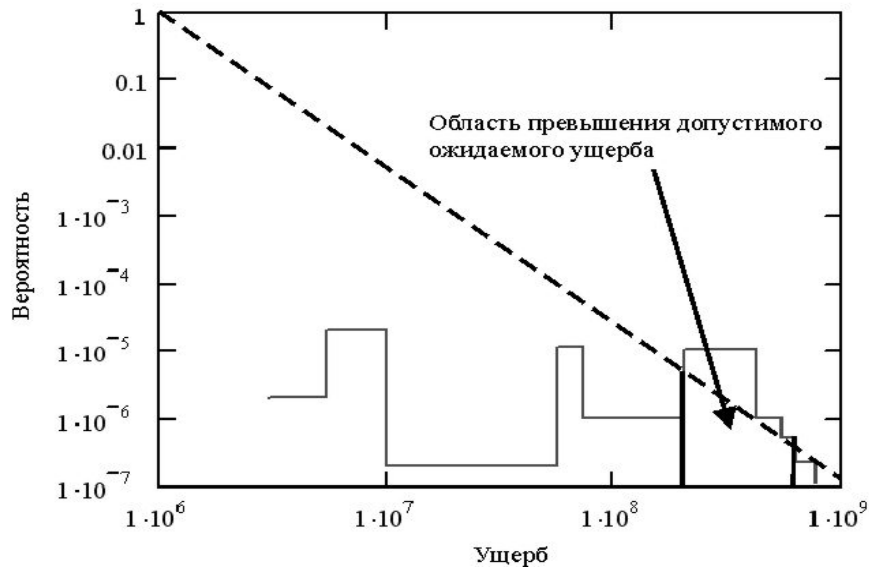


Рис. 3. Суммарный ожидаемый ущерб

- потери социальной инфраструктуры;
- объем социальных льгот и гарантий для обеспечения сохранения жизненного уровня пострадавшего населения;
- объем затрат на эвакуацию и расселение пострадавшего населения;
- объем затрат на питание пострадавшего населения;
- объем затрат на оказание медицинской помощи пострадавшему населению;
- объем затрат на оказание коммунальных услуг пострадавшему населению;
- объем затрат на оказание единовременной материальной помощи пострадавшему населению;
- объем затрат на проведение аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ;
- объем ущерба в промышленности;
- объем ущерба в транспортной системе;
- объем ущерба в топливно-энергетическом комплексе;
- объем ущерба в инфраструктуре жизнеобеспечения;
- объем ущерба по объектам сельского хозяйства;
- объем ущерба в животноводстве;
- объем ущерба в растениеводстве;
- объем ущерба в экологии;
- объем неполучения налоговых отчислений в бюджеты разных уровней.

В результате оценки последствий промышленных аварий соответствующие службы предприятий и объектов повышенной опасности региона составляют и передают органам местной власти полученные и обработанные данные в едином формате в периодичности, установленной действующим зако-

нодательством. Эти данные являются входными для реализации управления риском на основе методологии оценки техногенного риска аварий на промышленных объектах.

## Выводы

Отличительной особенностью рисков региона является то, что может возникнуть ситуация, при которой для каждого отдельного источника опасности риск потерь оказывается приемлемым, в то время как для общего ожидаемого ущерба возможны неприемлемые последствия. В работе предложено применить методы анализа опасности и оценки риска, совмещенные с методами принятия решений путем выборки и анализа вероятных аварийных ситуаций, для которых возможный ущерб превышает допустимый. Эти данные являются входными для реализации управления риском на основе методологии оценки техногенного риска аварий на промышленных объектах.

## Литература

1. Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки [Текст]. – К.: Основа, 2003. – 192 с.
2. Декларирование промышленной безопасности опасных производственных объектов: Сб. документов. Серия 27. Вып.3 [Текст]. – М.: ФГУП «НТЦ по безопасности в промышленности», 2005. – 296 с.
3. Анализ риска и его нормативное обеспечение [Текст] / В.Ф. Мартынюк, М.В. Лисанов, Е.В. Кловач, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – N 11. – С. 55 – 62.
4. Рязанцев, А.И. Технология оценки экологического риска в региональной информационной систе-

ме [Текст] / А.И. Рязанцев, И.С. Скарга-Бандурова, Т.М. Водозазкая // Зб. тез доп. IV Міжн. НПК "Моніторинг навколишнього середовища", – Коктебель, 2009. – С. 17 – 18.

5. Лыфарь, В.А. Информационная модель для оценки уровней технологического риска [Текст] / В.А. Лыфарь, А.И. Рязанцев, С.Н. Ганжа // Вісник СНУ ім. В.Даля. – 2007. – №5 (111), ч. 2. – С. 116-122.

6. Хенли, Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото [Пер. с англ. В.С. Сыромятникова] - М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.

7. Грин, Х. Аэрозоли - пыли, дымы и туманы [Текст] / Х. Грин, В. Лейн. – Л.: Химия, 1969. – 428 с.

8. Lees' Loss Prevention in the Process Industries, Third Edition: Hazard Identification, Assessment and Control by Sam Mannan, 2005. – 3708 p.

9. Methods for the calculation of physical effects. 'Yellow Book'. CPR 14E (Part 1). SduUitgevers. Committee for the Prevention of Disasters. Third edition, 1997. – Chapter 3.

10. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования : (Применительно к задачам электроэнергетики) [Учеб. для вузов по спец. "Кибернетика электр. систем"] / В.А. Веников, Г.В. Веников. – М.: Высш. шк., 1984. – 439 с.

11. Fussel, J.B. Improving System Safety Through Risk Assessment [Текст] / J.B. Fussell and others // Proceedings 1979 annual reliability and maintainability symposium. – P. 160 – 164.

12. Закон Украины "Об объектах повышенной опасности" // Ведомости Верховной Рады (ВВР). – 2001. – № 15 – С. 73,

13. Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайной ситуации. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. Ч. 1,2. – М., 2008. – 704 с.

Поступила в редакцию 11.02.2013, рассмотрена на редколлегии 13.03.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. В.М. Опанасенко, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, Київ.

## МЕТОД ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ

*О.І. Рязанцев, І.С. Скарга-Бандурова, М.В. Нестеров*

У роботі сформульована наукова проблема комплексного аналізу небезпеки техногенних об'єктів регіону на основі комплексної оцінки ризику аварій. У статті запропоновано застосувати методи аналізу небезпеки та оцінки ризику, суміщені з методами прийняття рішень шляхом вибірки та аналізу ймовірних аварійних ситуацій, для яких можливий збиток перевищує допустимий. Ці дані є вхідними для реалізації управління ризиком на основі методології оцінки техногенного ризику аварій на промислових об'єктах. Теоретично розроблена і обґрунтована на модель для оцінки екологічної безпеки регіону, яка дає визначення ключових показників екологічного ризику.

**Ключові слова:** техногенний ризик, метод, промисловий регіон, прийняття рішень

## A METHOD FOR REGIONAL ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT

*A.I. Ryazantsev, I.S. Skarga-Bandurova, M.V. Nesterov*

A scientific problem of complex analysis of the level of danger of chemical industry facilities in an industrial region on the basis of an integrated assessment of the risk of accidents is formulated. The paper proposed to apply the methods of hazard analysis and risk assessment, combined with the methods of decision making by sampling and analysis of possible emergency situations with possible damage exceeds allowable. These data are input to the implementation of risk management based on the methodology for assessing the technical risk of industrial accidents. A method for assessing the ecological safety of the region, which provides a definition of key indicators of environmental risk is theoretically grounded and developed.

**Key words:** information technology, industrial region, technogenic risk, method, decision support.

**Рязанцев Александр Иванович** – д-р техн. наук, профессор, зав. каф. компьютерной инженерии Технологического института ВНУ им. В.Даля, Северодонецк, Украина, e-mail: a\_ryazantsev@mail.ru.

**Скарга-Бандурова Инна Сергеевна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерной инженерии Технологического института ВНУ им. В.Даля, Северодонецк, Украина, e-mail: skarga-bandurova@ukr.net.

**Нестеров Максим Владимирович** – аспирант кафедры компьютерной инженерии Технологического института ВНУ им. В.Даля, Северодонецк, Украина, e-mail: nesxam@gmail.com.