

## Научные аспекты анализа риска в промышленной безопасности

Москалец В.М.

Донецкий национальный технический университет

moskaletsvm@list.ru

### Abstract

*Moskalets V. "Scientific aspects of the risk evaluation of the industrial safety"*

*The risk control & risk evaluation questions of the enterprise are observed by the hazardous exposure system analysis.*

*Key words: risk analysis, accident, complex system, productivity index.*

### Введение

Анализ и управление рисками являются на сегодняшний день основополагающими мероприятиями в области промышленной безопасности.

Эти процедуры позволяют анализировать процессы реализации нежелательных событий, планировать и осуществлять меры по их предотвращению.

Сегодня в промышленной и экологической безопасности понятие риска стало слишком емким, при этом специалисты часто трактуют его по-разному, забывая, что в базовом определении риск является вероятностью нанесения вреда с учетом тяжести последствий [1].

По данным Международной организации труда [2] в 1998 г. опасность реализовалась в смертельные случаи на производстве, риск возникновения которых составлял: в Европе –  $8,6 \cdot 10^{-5}$  (1 случай на 11636 работающих); в Америке –  $1,4 \cdot 10^{-4}$  (1:6974); в Азии –  $1,5 \cdot 10^{-4}$  (1:6746); в Африке –  $1,8 \cdot 10^{-3}$  (1:547); в бывших социалистических странах Европы –  $1,3 \cdot 10^{-4}$  (1:7567); в Индии –  $1,1 \cdot 10^{-4}$  (1:8709); в Китае –  $1,05 \cdot 10^{-4}$  (1:9506); в мире в целом –  $1,6 \cdot 10^{-4}$  (1:6102). В 2001 г. в Украине опасность реализовалась в смертельные случаи с частотой  $9,6 \cdot 10^{-5}$  (1 случай на 10425 работающих).

Анализ приведенных данных показывает, что показатели смертельного травматизма в Европе – наименьшие, в Африке – наибольшие, в Украине – близки к Европейским, однако реальную оценку может дать только обработка достоверных статистических данных за достаточно большой промежуток времени.

Динамика аварийности и смертельного производственного травматизма в Германии представлена на рис. 1 [3], соответственно в России – на рис. 2.

Распределение риска возникновения смертельных несчастных случаев по основным отраслям национальной экономики (по состоянию на 2005г.) приведено в таблице 1 [4].

Таблица 1. – Распределение риска возникновения смертельных несчастных случаев по отраслям экономики Украины

Отрасль экономики	Вероятность смертельного случая
Металлургическая	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Химическая	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Угольная	$8,8 \cdot 10^{-4}$
Энергетическая	$2,3 \cdot 10^{-4}$
Строительная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Машиностроительная	$7,1 \cdot 10^{-5}$
Транспортная	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Связь	$1,6 \cdot 10^{-5}$
ЖКХ	$8,1 \cdot 10^{-5}$
АПК	$1,9 \cdot 10^{-4}$

При анализе риска возникновения смертельных случаев с учетом рекомендуемых приемлемых норм рисков, предложенных Национальным научно-исследовательским институтом охраны труда (ННИИОТ) [4], можно сделать вывод о том, что из отечественных отраслей только угольная работает в границах недопустимого риска ( $8,8 \cdot 10^{-4}$  при неприемлемом риске  $5,001 \cdot 10^{-4}$ ). Величины приемлемых рисков в Украине в настоящее время законодательно не установлены.

Динамика смертельного производственного травматизма и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в Украине представлена на рис. 3. Приведенные данные отражают тенденцию снижения смертельного производственного травматизма и техногенных ЧС [5].

Динамика смертельного производственного травматизма и техногенных аварий в мире неоднозначна. Наряду с относительно постоянными и невысокими показателями в странах ЕС (например, в Германии – в период с 1995÷2003 – от 13 до 26 крупных аварий в год, при этом число погибших составляло от 1 до 10 чел./год [3]) наблюдается высокий уровень аварийности и травматизма в странах с развивающейся экономикой. Особенно высокими показателями отличается угольная отрасль КНР и Украины.

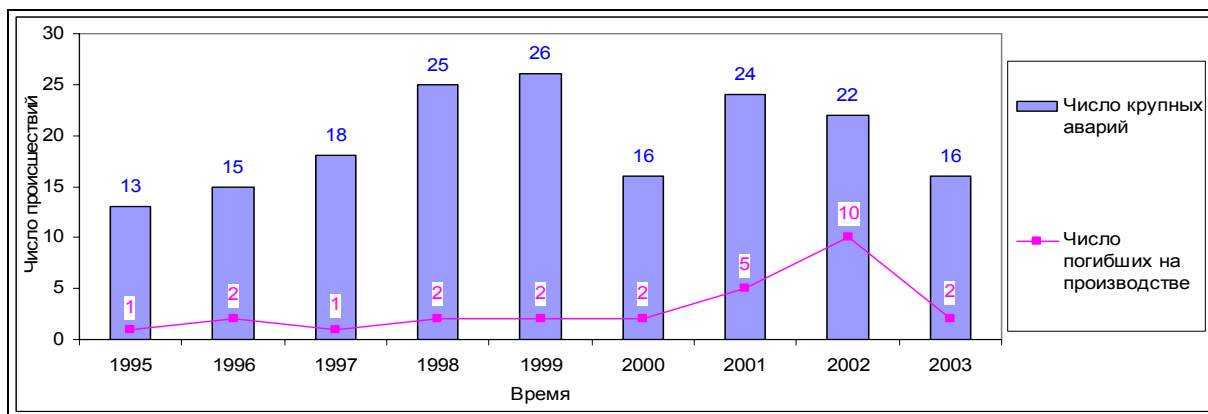


Рисунок 1. – Динамика аварийности и смертельного производственного травматизма в Германии

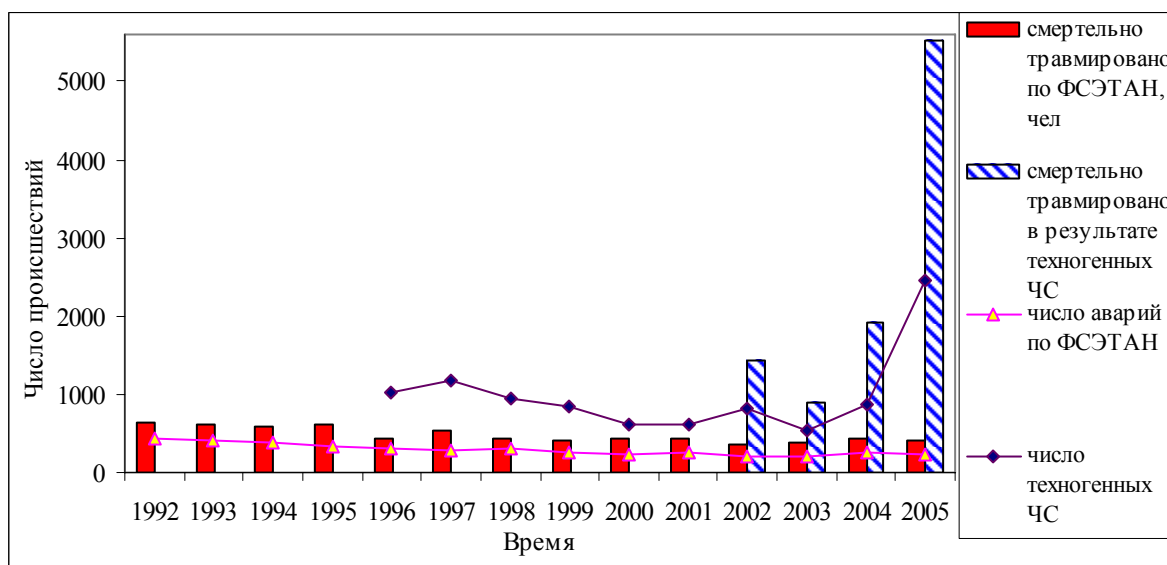


Рисунок 2. – Динамика аварийности, смертельного производственного травматизма и техногенных ЧС (ТЧС) в России (в т.ч. по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору – ФСЭТАН)

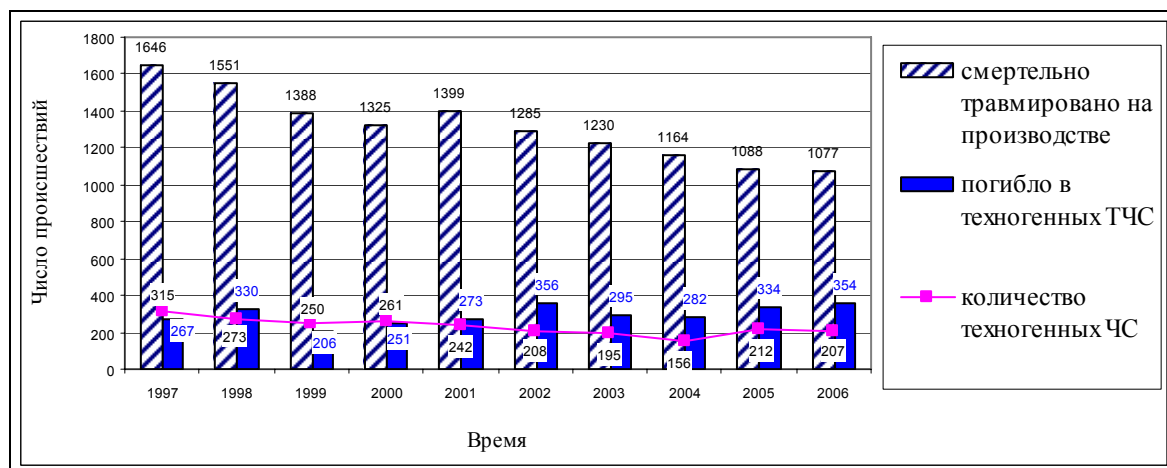


Рисунок 3. – Динамика смертельного производственного травматизма и техногенных ЧС в Украине

Для динамики смертельного производственного травматизма на предприятиях металлургической отрасли в Украине и России, а также ЕС и др. развитых стран характерна тенденция снижения смертельного производственного травматизма.

В основе оценки риска в промышленной безопасности лежит системный анализ технологического объекта вместе с окружающей средой, в которой он находится, и с которой взаимодействует (воздействует, загрязняет, является угрозой и т.д.).

Риск присутствует в любой деятельности человека. Он может относиться к здоровью и безопасности (учитывая, например, как немедленные, так и долгосрочные последствия для здоровья от воздействия токсичных химических веществ или других опасных воздействий). Риск может быть экономическим, например, приводящим к уничтожению оборудования и продукции вследствие пожаров, взрывов или других аварий. Он может учитывать неблагоприятные воздействия на окружающую среду и соответствующие негативные последствия. Задачей управления рисками является контроль, предотвращение или сокращение случаев гибели людей, снижение заболеваемости, уменьшение ущерба, а также предотвращение неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Результаты анализа риска могут использоваться специалистами, принимающими решение при оценке допустимости риска, а также при выборе между потенциальными мерами по снижению или устранению риска [6].

Общей задачей анализа риска является обоснование решений, касающихся риска. Эти решения могут приниматься как часть более крупного процесса управления рисками посредством сопоставления результатов анализа риска с критериями допустимого риска. Во многих ситуациях возникает необходимость оценивания преимуществ того или иного решения. В целом установление критериев допустимого риска является сложной задачей, особенно в социальной, экономической и производственной сферах.

Анализ риска применяется на различных стадиях жизненного цикла технологического объекта: проектирование, строительство, эксплуатация и техническое обслуживание, прекращение эксплуатации и его ликвидация.

В процессе анализа риска устанавливают пределы и эффективные границы риска, выявляют закономерности и определяют вероятность появления и воздействия неблагоприятных событий.

Цель оценки риска состоит в том, чтобы проанализировать и оценить идентифицированные виды риска и определить, требуются ли мероприятия по минимизации риска.

Анализ риска может быть проведен каче-

ственными или количественными методами. Предварительный качественный анализ может быть выполнен на ранних этапах проектирования, когда отсутствуют необходимые данные или их очень мало. Количественный анализ применяют, когда имеется большое количество необходимых данных.

На практике используют следующие методы анализа риска:

- анализ «дерева событий»;
- анализ видов и последствий отказов, а также анализ видов, последствий и критичности отказов;
- анализ «дерева неисправностей»;
- анализ опасности и работоспособности;
- анализ влияния человеческого фактора;
- предварительный анализ опасности;
- структурная схема надежности;
- классификация групп риска по категориям;
- ведомости проверок;
- общий анализ отказов;
- модели описания последствий;
- метод Делфи;
- индексы опасности;
- метод Монте-Карло и другие методы стохастического моделирования;
- парные сопоставления;
- обзор данных по эксплуатации;
- анализ скрытых процессов;
- Марковские методы анализа надежности.

В промышленной безопасности на сегодняшний день наметились два принципиальных подхода для управления рисками: оценка риска профессиональной деятельности и оценка риска аварий и их последствий для объектов повышенной опасности и потенциально-опасных объектов.

### **Системный анализ опасных воздействий предприятия**

Реализация процедур системного анализа применительно к опасным воздействиям промышленных предприятий осуществляется в декларациях безопасности объектов повышенной опасности с использованием вышеуказанных методов анализа риска. В настоящее время методы анализа риска промышленных производств отличаются исключительно высокой трудоемкостью, существенной неопределенностью данных, наличием субъективных оценок и требуют достаточно высокой квалификации экспертов. Несмотря на значительное количество методов анализа риска, объективные подходы в области оценки риска, основанные на эмпирических данных, развиваются крайне слабо. Для решения данной проблемы необходимо определить структуру и связи возможных опасных воздействий на предприятиях и оценить имеющийся объем опытных данных.

При анализе риска в промышленной безопасности чаще всего опираются на теорию эргатических систем, которая, в общем, сводится к рассмотрению свойств человеко-машинной системы [7,8]. Это только одна из составляющих риска промышленного предприятия, однако, для анализа его риска необходим комплексный учет наиболее характерных его опасных свойств. Решением этой задачи может стать применение принципов общей теории систем при анализе опасностей предприятия, которые получают развитие в последнее время.

На рис. 4 представлена упрощенная схема



Рисунок 4. – Упрощенная схема опасного предприятия как сложной системы

Современное промышленное предприятие — это сложная система, все звенья которой тесно связаны между собой единством производственного процесса, конкретизированного в плане предприятия, планах его конкретных подразделений, графиках выпуска продукции, технических и технологических условиях производства и т.д. В этой связи исследование процесса функционирования предприятия требует применения системного подхода, фокусирующего внимание не только на самом предприятии, но и на окружающей его среде, и на его производстве.

В этом случае предприятие рассматривается не как изолированная и независимая структура, а как открытая экономическая система и как органическая часть общества, отдающая в процессе своей деятельности приоритет потребителю и постоянно находящаяся в динамическом развитии.

функционирования опасного предприятия как сложной системы [9]. Применительно к промышленному предприятию можно использовать следующие определения. Система (от греч. σύστημα, «составленный») – это объект или совокупность объектов, выделенных для исследования, множество взаимосвязанных объектов и ресурсов, организованных процессом системогенеза в единое целое и противопоставляемое окружающей среде. Система в системном анализе – совокупность сущностей (объектов) и связей между ними, выделенных из среды на определенное время и с определенной целью.

Для построения системной модели опасного предприятия необходимо выделить его опасные свойства и состояния, в процессе которых могут возникать качественно новые неблагоприятные эффекты.

В качестве свойств опасного предприятия (например, металлургического или коксохимического производства) можно выделить следующие: «персонал», «жизненный цикл», «опасность», «технология» и «территория предприятия» (в т.ч. санитарно-защитная зона - СЗЗ).

Персонал определяет интенсивность производства, размеры предприятия, экономическую эффективность его деятельности. Для его оценки применяется параметр «численность».

Жизненный цикл определяет такие параметры как «время существования предприятия» и «количество оборудования», в т.ч. оборудования повышенной опасности.

Опасность предприятия определяют такие параметры, как количество хранимых и пе-

перерабатываемых взрывопожароопасных и токсичных веществ, выбросов в окружающую среду, расстояние до населенных пунктов, соседних предприятий, объектов «заботы» общества и т.п. так называемых «третьих лиц».

Такое свойство системы как технология производства является довольно обширным понятием. Вид технологии определяет практически все параметры опасного предприятия, перечисленные на рис. 4, при этом конечным результатом применения любой технологии является «производительность по выпускаемой продукции».

В территориальном отношении промышленное предприятие занимает определенное пространство, используя земельные и природные ресурсы. В техническом отношении предприятие состоит из промышленных объектов, использующих различную энергоёмкую технику и оборудование. В ориентационном плане работа предприятия обеспечена единством технологического процесса и производственного цикла при участии производственного персонала. Территория опасного предприятия определяет такие параметры, как его площадь, в т.ч. площадь СЗЗ, расстояние до «третьих лиц».

На потенциально опасном предприятии существуют определенные качественные состояния, по которым можно судить о возможности его перехода в опасное состояние.

Персонал характеризуется такими качественными признаками, как «стаж и опыт работы», «квалификация», «профессионализм». Они являются важными составляющими при анализе опасности предприятия, т.к. влияют на поведение персонала в опасной или критической ситуации или на провоцирование возникновения самой ситуации.

Эти качественные признаки можно определять некоторыми событиями, которыми как индикаторами можно оценивать риск того или иного производства. Так качества персонала, наряду и в тесном взаимодействии с остальными качествами (в т.ч. человеко-машинной системы), влияют на вероятность или интенсивность возникновения всех опасных событий, представленных на рис. 4.

Реализация связи «События ↔ Качества» выражается определенным риском – вероятностью нанесения ущерба с учетом его тяжести [1]. Аналогичным образом существует связь «Параметры ↔ Свойства».

Например, вероятность возникновения аварии связана с частотой (интенсивностью при показательном распределении):

- допускаемых ошибок персонала, которая определяется стажем, опытом, квалификацией, профессионализмом и культурой производства (нарушения правил безопасности и т.п. – человеческий фактор)
- отказов оборудования, определяющей износ основных фондов.

*Риск аварии* – мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий [10]:

$$R = \sum_{i=1}^n P(B_i) \cdot y_i, \quad (1)$$

где  $P(B_i)$  – вероятность причинения ущерба  $y_i$  при эксплуатации ОПО.

Оценка риска аварии – процесс определения вероятности (или ожидаемой частоты) и степени тяжести последствий аварий для здоровья человека, имущества и/или окружающей природной среды [10].

При рассмотрении рисков событий (рис. 4) определены следующие основные моменты. Составляющими риска аварии являются технический, индивидуальный, коллективный, территориальный, социальный риски и математическое ожидание величины ущерба от аварии. Вероятность аварий с учетом вероятности спровоцированного ими травматизма и негативного воздействия на окружающую среду определяет также риски травматизма и негативного воздействия на окружающую среду от аварий. При этом они являются составной частью общих рисков травматизма и негативного воздействия на окружающую среду, поскольку их причиной далеко не всегда могут оказаться аварии. В свою очередь последние являются составляющими риска промышленного предприятия (рис. 5).

Планировка предприятия наряду с видом производства (рис. 4) определяет вероятность индивидуума оказаться в зоне влияния негативных факторов аварии, определяя его индивидуальный риск гибели или травматизма от аварии. Для двух и более индивидуумов риск гибели или травматизма от аварии уже становится коллективным [1], составляя, наряду с другими рисками добровольный (профессиональный) риск персонала, который, в свою очередь, является составляющей частью риска промышленного предприятия, или принудительный риск для «третьих лиц» – населения и др.

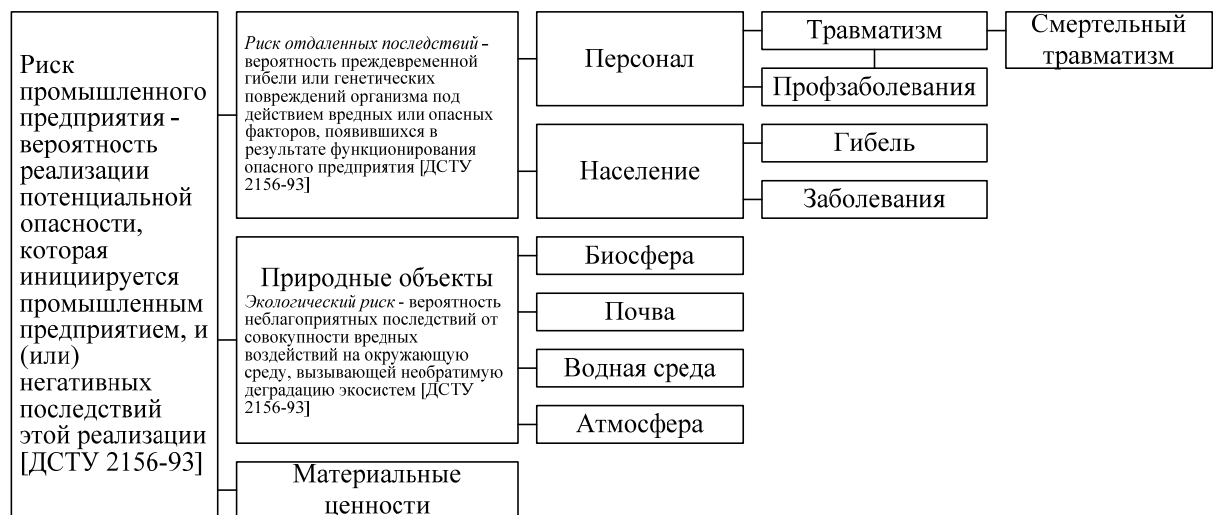
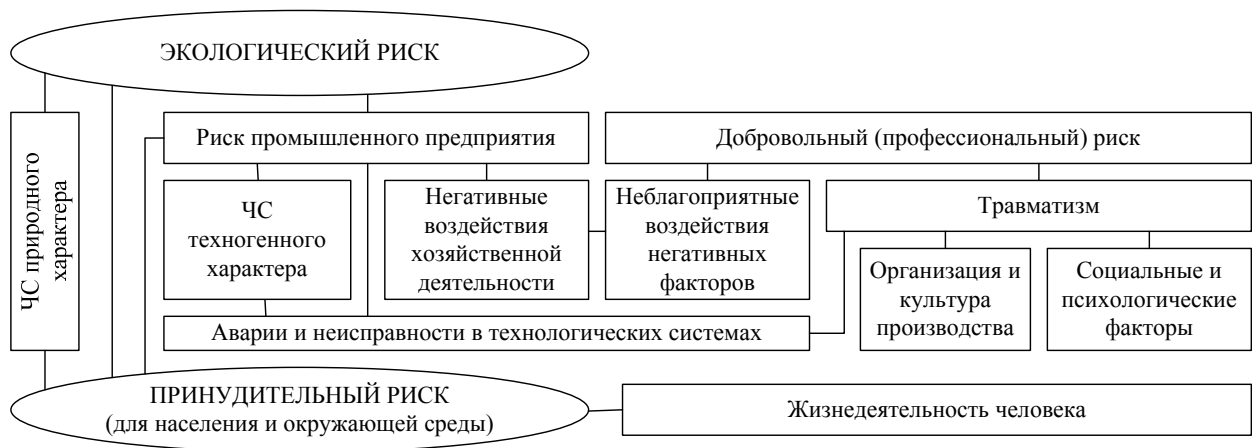


Рисунок 5. – Риск промышленного предприятия

На сегодняшний день оценка риска промышленного предприятия производится частично, в узкой специализации: необходимость выполнения количественной оценки рисков законодательно закреплена только для объектов повышенной опасности 1-го класса опасности. При этом разработанные декларации практически не учитывают воздействие на окружающую среду при возникновении аварий, отсутствуют требования анализа таких воздействий и методики оценки экологических рисков.

Оценка профессиональных рисков входит в задачи СУОТ, однако реализуется на практике только за рубежом, а методология [11] учитывает множество факторов типа наличия инструкций и журналов, однако не учитывает коллективного риска гибели или травмирования персонала при авариях, и др. факторы влияния, представленные на рис. 4.

Проследим возможное влияние «параметров», представленных на рис. 4, на «события». Учет факторов влияния на риск промышленной безопасности предприятия можно реализовать с помощью введения определенных индексов по каждому фактору. Исходя из совокупного влияния факторов друг на друга возможно определить общий показатель (индекс) опасности и безопасности предприятия и отрасли в целом.

Для реализации расчета по каждому индексу воспользуемся методикой [12]:

$$I = \frac{\text{фактическое\_значение} - \text{минимальное\_значение}}{\text{максимальное\_значение} - \text{минимальное\_значение}}, \quad (2)$$

где  $I$  – индекс по определенному параметру.

С учетом наличия собранных статистических данных по металлургическим и коксохимическим предприятиям Донецкой области был реализован расчет индексов таких «событий», как интенсивность возникновения аварий, смертельного травматизма и травматизма без летального исхода в результате аварий, а также совокупного показателя «аварийности-травматизма» (среднее арифметическое индексов) за 1995÷2007г.г. Результаты расчетов в виде диаграмм приведены на рис. 6.

Путем сравнения показателей можно сравнивать уровень опасности предприятия с общим показателем по отрасли. Например, в 1998г. для Авдеевского коксохимического завода, на котором в результате произошедшей аварии в коксовом цехе погиб 1 и травмировано 24 работника, индекс опасности предприятия составил 0,61, в то время как по отрасли он составлял в 1998г. – 0,26, а в период 1995÷2007 – 0,21.

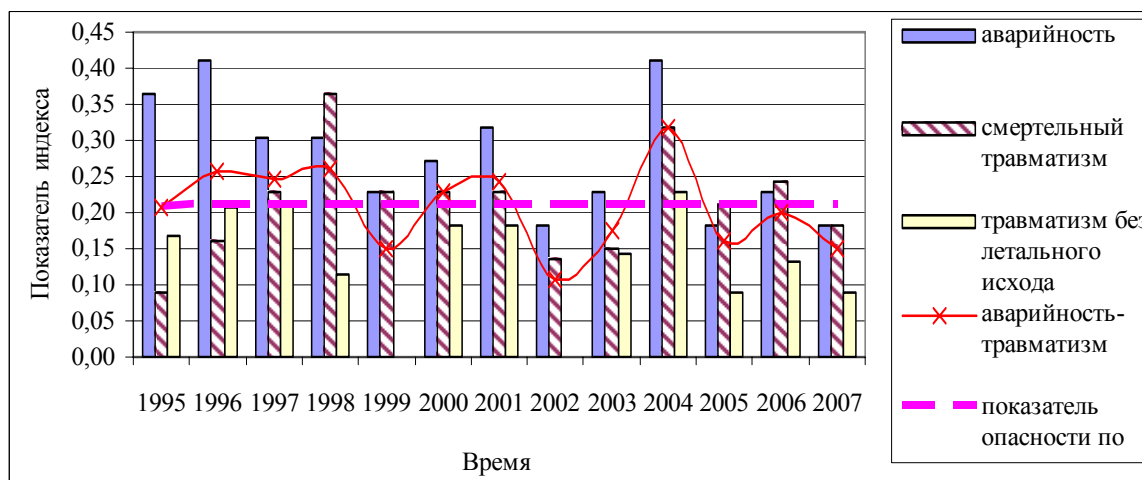


Рисунок 6. – Динамика изменения показателей (индексов) аварийности и травматизма на предприятиях металлургической отрасли Донецкой области

Значение отраслевого индекса «аварийности-травматизма» 0,21 (рис. 6) можно использовать как опорную точку отсчета для оценки опасности предприятий отрасли, приняв ее за 1 (100%). Исходя из этого, опасность Авдеевского коксохимического завода в 1998г. по отношению к отраслевому индексу была превышена на 93,5%.

Статистический анализ полученных индексов подтверждает наличие зависимости ава-

рийности от травматизма (рис. 6). Определена полиномиальная регрессионная зависимость со степенью точности модельного описания процесса  $R$ -квадрат = 0,9, что говорит о высокой точности аппроксимации (модель хорошо описывает явление). Достоверность по уровню значимости 0,004 указывает на значимость модели. Регрессионная зависимость может быть выражена формулой:

$$I_A = 0,43 - 2,53 \cdot I_{CT} + 5,54 \cdot I_{CT}^2 - 0,04 \cdot I_T + 4,69 \cdot I_T^2, \quad (3)$$

где  $I_A$  – индекс «аварийности»;

$I_{CT}$  – индекс «смертельного травматизма»;

$I_T$  – индекс «травматизма без летального исхода».

Проследим изменение совокупных индексов опасности предприятий по «событиям» в зависимости от факторов опасности, определяющих «параметры» опасности (см. рис. 4). В

результате сбора информации о таких «параметрах», как численность персонала, время существования, печной фонд (количество доменных печей или коксовых батарей), количество опасных веществ, расстояние до «третьих лиц», производительность по выпускаемой продукции (чугуну и коксу) и площади предприятий по описанной выше методике были определены индексы по каждому «параметру». Результаты представлены на рис. 7.

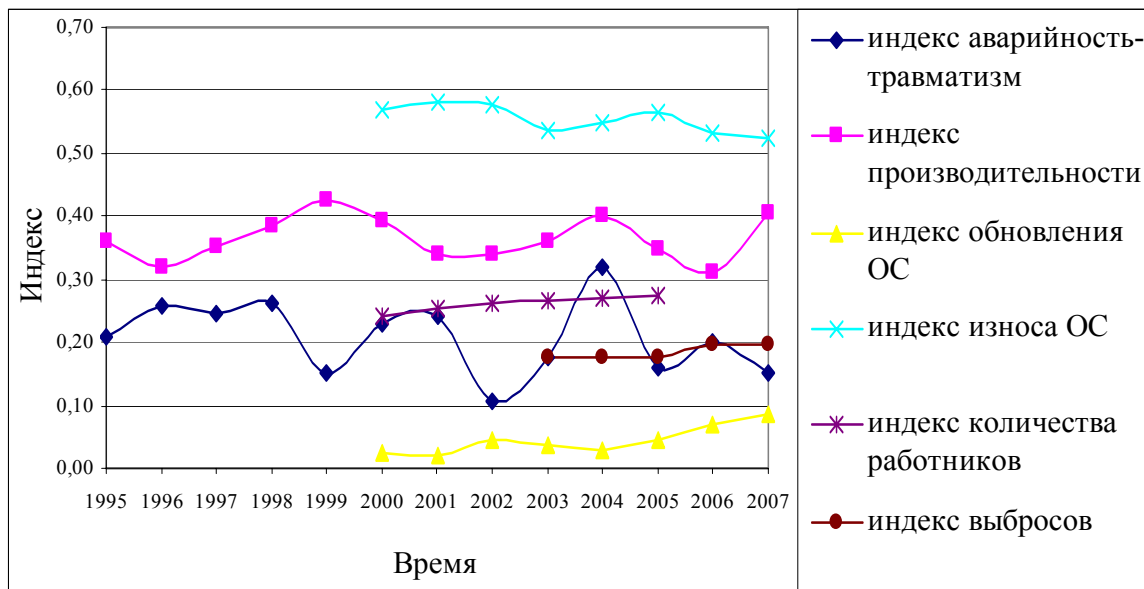


Рисунок 7. – Динамика изменения показателей (индексов) на предприятиях металлургической отрасли Донецкой области

При помощи статистической обработки данных исследовалась регрессионная зависимость совокупного показателя «аварийности-травматизма» (по «событиям») от индексов таких изменяющихся во времени «параметров», как среднегодовая производительность, обновление и износ основных средств, количество работников, количество выбросов веществ. Получена полиномиальная регрессионная зависимость со степенью точности модельного описания процесса  $R$ -квадрат = 1, что говорит о высокой точности аппроксимации. Достоверность по уровню значимости 0 указывает на значимость модели. Предиктором (определяющей переменной) модели выявлен «параметр» (индекс) производительности. Регрессионная зависимость может быть выражена формулой:

$$I_{AT} = 5,0218 - 28,7905 \cdot I_p + 42,5848 \cdot I_p^2, \quad (4)$$

где  $I_{AT}$  – совокупный показатель «аварийности-травматизма»;

$I_p$  – индекс «производительности».

Показатель (индекс) безопасности можно принять равным:

$$I_6 = 1 - I_o, \quad (5)$$

где  $I_6$  – показатель «безопасности»;

$I_o$  – показатель «опасности».

Для предприятий металлургической отрасли Донецкой области показатель безопасности  $I_6 = 1 - 0,21 = 0,79$ . В данный индекс уже можно закладывать наличие инструкций, журналов [11] и др. мероприятий по охране труда и промышленной безопасности, а значение показателя может четко определять эффективность функционирования СУОТ на предприятии.

К сожалению, автор данной статьи не располагал статистическими данными по всем выше обозначенным факторам («параметрам» – рис. 4), влияющим на опасность предприятия. Количество выбросов веществ в окружающую среду учтено в период 2003÷2007, износа и обновления основных средств – в период 2000÷2007, количества работников – в период 2000÷2005, не учтено количество всего функционирующего в определенный год опасного оборудования (рис. 7). Поэтому рассчитанные показатели (индексы) не являются окончательными. Однако даже по имеющимся данным прослежена зависимость аварийности и травматизма от определенных «параметров», и при



наличии достоверной информации возможно более четкое представление об опасности предприятий и отрасли в целом для принятия дополнительных мер по улучшению состояния безопасности.

Проследим зависимость индекса производительности от вероятности возникновения нежелательных событий для каждого из рассматриваемых предприятий металлургической области за определенный период времени (13 лет – с 1995 по 2007 г.г.).

Статистическая обработка данных позволила получить регрессионные зависимости индекса производительности от вероятностей возникновения аварий, вызванного ими смертельного травматизма и травматизма без летальных последствий при достаточной точности аппроксимации и значимости моделей.

Зависимость вероятности возникновения аварий от индекса производительности может быть выражена следующей формулой:

$$NobrFa = -1,2186 + 0,45 \cdot I_p, \quad (6)$$

где  $NobrFa$  – инверсная функция для нормального распределения вероятности возникновения аварий.

Зависимость вероятности возникновения смертельного травматизма при авариях от индекса производительности может быть выражена следующей формулой:

$$NobrFs = -3,5528 - 0,3228 \cdot I_p, \quad (7)$$

где  $NobrFs$  – инверсная функция для нормального распределения вероятности смертельного травматизма при возникновении аварии.

Зависимость вероятности возникновения травматизма без летальных последствий при авариях от индекса производительности может быть выражена следующей формулой:

$$NobrFt = -3,1344 - 0,759 \cdot I_p, \quad (8)$$

где  $NobrFt$  – инверсная функция для нормального распределения вероятности травматизма без летальных последствий при возникновении аварии.

Графическое отображение зависимости производительности от вероятностей возникновения нежелательных событий представлено на рис. 8.

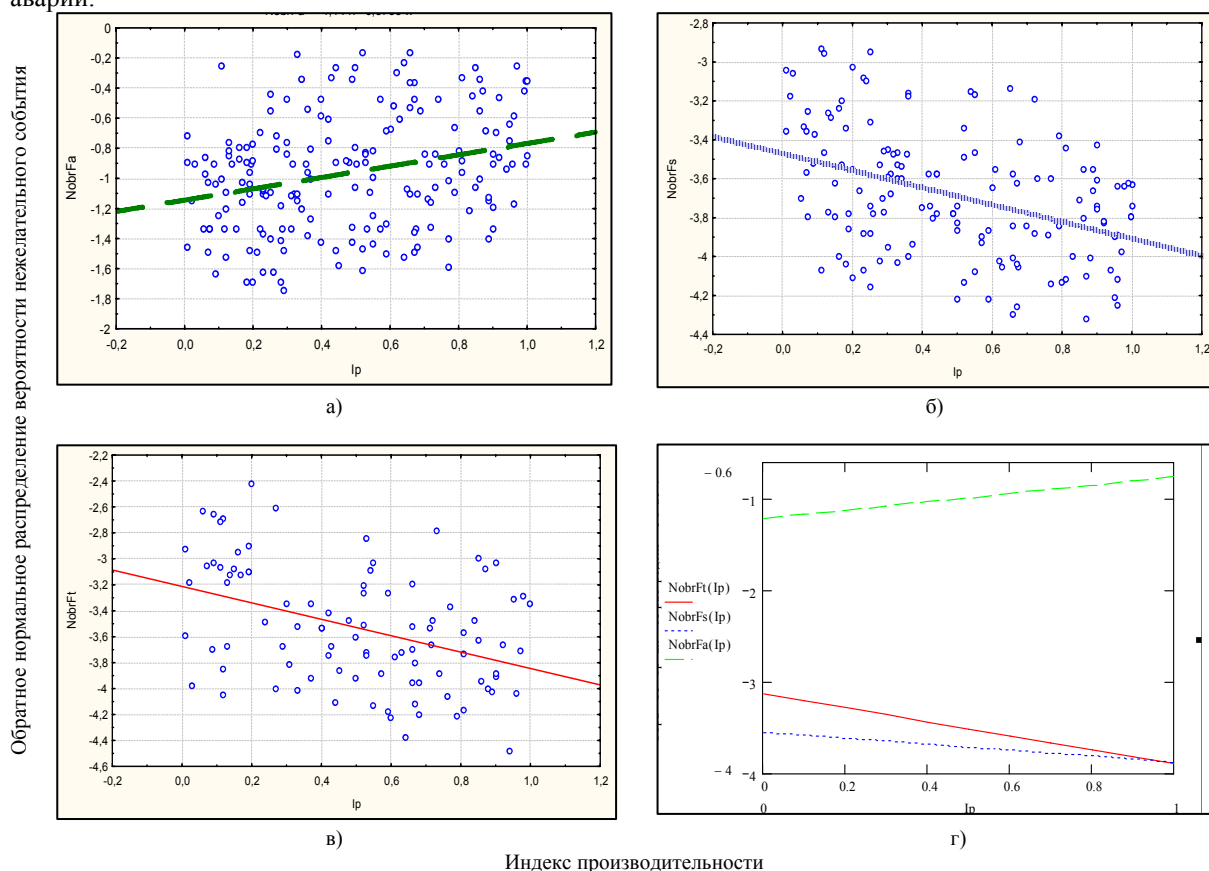


Рисунок 8. – Зависимости производительности от вероятностей возникновения нежелательных событий на предприятиях металлургической отрасли Донецкой области: а) возникновения аварий; б) смертельного производственного травматизма, возникшего в результате аварий; в) производственного травматизма без летального исхода, возникшего в результате аварий; г) обобщенные графики зависимостей

Анализ графиков зависимостей показывает линейную возрастающую зависимость вероятности возникновения аварий от производительности. При этом анализ зависимости количества аварий от производительности также указывает на линейную возрастающую зависимость, т.е. с ростом производительности увеличивается количество возникающих аварий.

Если проследить зависимость вероятностей смертельного травматизма и травматизма без летальных последствий, вызванных возникновением аварий, от производительности, наблюдается линейная убывающая зависимость. При этом анализ зависимости количества травмируемых при авариях от производительности указывает на линейную возрастающую зависимость. В данном случае прямая убывающая зависимость отражает более реальную картину, т.к. численное значение вероятности травматизма приведено к общему количеству персонала на предприятии. Т.е. при увеличении производительности на единицу персонала более крупного предприятия приходится меньшее количество травмируемых, чем для менее крупного завода. В итоге укрупнение производства приводит к уменьшению количества травмируемых при авариях. Также данная зависимость объясняется тем, что опыт персонала крупных производств в большей степени обеспечивает его готовность к локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий.

### **Вывод**

Системный анализ опасных воздействий предприятия применим не только для аварий, но и для оценки риска профессиональной деятельности в целом, равно как и для оценки риска негативных воздействий на окружающую среду.

Поскольку при расчете индексов опасности учтены факторы, которые могут влиять на масштабы причиненного предприятием ущерба, данные индексы теоретически могут быть применены при расчете риска аварий с учетом их последствий.

Без учета всех факторов и составляющих невозможно установить риск промышленного предприятия для возможности его оценки и управления рисками.

Анализ статистических и экспериментальных данных подтверждает реалии более точного прогнозирования аварийности на производстве с помощью экспертных методов. Пока не появится возможность регистрации и централизованной обработки всех аварийных случаев и отклонений от регламентируемых параметров, экспертный анализ будет оставаться единственным инструментом оценки опасно-

стей. Совершенствование методологии экспертной оценки безопасности производственных систем в настоящее время – одна из главных задач экспертов в области технологической безопасности.

### **Литература**

1. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
2. Лесенко Г. Професійний ризик виробництва та виробничий травматизм // Охорона праці. – 2003. – №4. – С. 36 – 38.
3. Азаров Н.И., Давидюк О.В., Лисанов М.В. Предупреждение промышленных аварий на основе директив Севезо // Безопасность труда в промышленности – 2006. – №12. – С. 42 – 47.
4. Система попередження нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. Методичний посібник ННДІОП. 2005 р. – 64 с.
5. Аверин Г.В., Москалец В.М. Закономерности опасных производственных процессов в техносфере Украины // Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки – 2007. – №1. – С. 378 – 383.
6. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
7. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Петр Григорьевич Белов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 512 с.
8. Павлов В.В. Системы человек – машина: проблемы и синтез: – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 55 с.
9. Л. фон Берталанфи. Общая теория систем – критический обзор (L. von Bertalanffy, General System Theory – A Critical Review, «General Systems», vol. VII, 1962, p. 1 – 20. Перевод Н.С. Юлиной), <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi.htm>.
10. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01: утв. Госгортехнадзором России Постановлением от 10.07.2001 №30: введ. в действие с 01.09.01.
11. Лесенко Г. Підготування документів для оцінки ступеню професійного ризику виробництва // Охорона праці. – 2004. – №5. – С. 39 – 40.
12. Доклад о развитии человека 2006. Что кроется за нехваткой воды: власть, бедность и глобальный кризис водных ресурсов / Пер. с англ. – М.: Весь Мир, 2006. – 440 с.