

УДК 539.172

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РИСКА<sup>4</sup>

Бегун В.В., к.т.н.

Институт государственного управления в сфере гражданской защиты, Украина

*В статье подчеркнута необходимость коренных изменений в управлении безопасностью. Управление безопасностью должно рассматриваться как составляющая общего менеджмента, базирующаяся на основе принципов риск-ориентированного подхода, дающего рекомендации и сценарии процедур управления в чрезвычайных ситуациях, значимость которых должна быть заранее количественно оценена на основе расчетов вероятностными методами.*

(Поступила в редакцию 29 октября 2008 г.)

В Украине до настоящего времени, кроме области ядерной энергетики, не введены современные принципы управления безопасностью, использующие анализ и расчет рисков. Это приводит к чрезмерным расходам бюджета, большим потерям материальных ресурсов, ложится тяжелым бременем на общество, часто приводит к гибели людей [1]. Общие государственные принципы управления безопасностью не изменяются со второй половины прошлого века, более того, не ставятся образовательные вопросы по управлению риском ни для специалистов МЧС, ни для специалистов, получающих высшее образование для работы в опасных областях производства. В итоге «предотвращение опасностей», хотя и отражено законодательно как основной принцип управления безопасностью, не стало еще нормой действия специалистов по безопасности; между тем это стало нормой для ряда стран Запада. Следствием этого являются печальные результаты, чему, к сожалению, можно привести немало примеров. Один из них – большой паводок в Закарпатье в конце лета 2008 года. Характерно, что после предыдущих паводков в Закарпатье НАТО прислало в качестве помощи методiku управления противопаводковыми мерами, которая разработана на основе технологий управления риском. Были даже разработаны соответствующие мероприятия, направленные два года тому назад на утверждение в Кабинет Министров [2], их смета составляла 80 млн гривен. Однако снова все так и осталось в режиме ожидания чрезвычайной ситуации, в том числе из-за привычного порядка не тратить деньги на *предотвращение* ЧС, в итоге – вновь десятки погибших, сотни пострадавших, миллиарды убытков. По минимальным подсчетам, равнодушие при внедрении новых технологий управления безопасностью только в этом случае стоило, не учитывая человеческие жизни, почти в 100 раз дороже. Заметим, что обычно технологии «предотвращения аварий» дешевле в 7–15 раз технологий «ликвидации аварий».

Анализ опыта промышленно развитых стран свидетельствует, что регулирование безопасности осуществляется на основе оценок возникновения рисков и управления безопасностью как составной части общего менеджмента. Необходимо подчеркнуть, что при таком подходе исходят из понимания того, что безопасность – это не абсолютное отсутствие опасности, а «отсутствие недопустимого риска, связанное с возможностью проявления любого вредного (опасного) фактора» [3]. Такой метод регулирования (и саморегулирования) безопасности имеет название «риск-ориентированный подход» (РОП), его научной основой является вероятностный анализ безопасности. Существенно, что такая методология требует глубокого понимания случайных событий, специального обучения, использования новых технологий расчетов риска, опирающихся на компьютерные расчеты.

<sup>4</sup> Доложено на Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций», Минск, 2–3 октября 2008 г.

Европейские нормы, рекомендуемые Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), дают следующие допустимые уровни риска:

- a) незначительный риск –  $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ ;
- b) допустимый риск –  $1 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-5}$ ;
- c) высокий (терпимый) риск –  $5 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^{-4}$ ;
- d) недопустимый риск –  $\geq 5 \cdot 10^{-4}$ .

Украина отстает от промышленно развитых стран в направлении регулирования безопасности и даже в методологии ее обеспечения. Как и в других странах СНГ, опасные события чаще называют «несчастными случаями». Слово «случай» представляет явление как случайное, т. е. такое, которое подчиняется стохастическим (вероятностным) законам. Однако если событие происходит постоянно, его уже нельзя классифицировать как случайное, скорее оно неизбежное, так как в ситуации, которая складывается при многих нарушениях правил безопасности, существует одна возможность, которая имеет только печальный исход, реализующийся в виде ЧС.

С развитием точных наук (вспомним квантовую механику!), изменивших понятия «случайность» и «необходимость», стало понятным, что всякая возможность неизбежно переходит в действительность, однако этот процесс нельзя понимать упрощенно, помня о вариации начальных данных (их неопределенности). Есть причины, которые дают одну, несколько или много возможностей. Там, где реализуется одна и только одна возможность, наличествует *необходимая* связь. Если же реализуется несколько возможностей – перед нами *случайная* связь. Можно сказать, что необходимость и случайность – это категории, которые отражают связь событий, в которых реализуется соответственно одна или несколько возможностей. Необходимые связи называют динамическими закономерностями, а случайные связи – вероятностными или статистическими.

Для необходимых связей характерна строгая однозначность («твердость»). Более сложно обстоит дело со случайными связями. Но именно их анализ – ключ к пониманию происходящих событий. При этом, зная ситуацию с несколькими возможностями (случайными событиями), нетрудно понять ситуацию с реализацией единичных возможностей, которые сменяют одна другую. *Явление называют случайным, если оно является следствием одной из возможных причин, которая вызвала это явление.* Причина-возможность выступает многоликой, но всякий раз реализуется лишь одна: чаще всего та, которая имеет наибольшую вероятность. Эти достаточно общие рассуждения помогают понять, почему в современном технически опасном мире (производстве) необходимо изучение закономерностей случайных процессов.

Необходимо подчеркнуть, что, как и полстолетия назад, в технической, производственной и экологической сферах предъявляются требования обеспечения 100-процентной безопасности, что с точки зрения вышеприведенных позиций представляется методологически неверным. Здесь уместно напомнить, что с 70-х годов прошлого века европейские страны отошли от такого рода принципов по причинам их нереальности и невозможности их выполнения. Научное, законодательное и учебное обеспечение сферы безопасности этих стран коренным образом изменилось и базируется на принципах регулирования безопасности на основе определения уровней риска [3]. Ошибочное представление о безопасности вообще, и в частности техногенной и экологической безопасности, привело к тому, что фактический уровень риска на производстве для населения Украины не уменьшается по крайней мере 30 (!) лет и находится в диапазоне недопустимого, с европейской точки зрения, что подтверждается ежегодными отчетами МЧС и комитета Госгорпромнадзора [4] (рисунок 1).

Даже основополагающие термины (безопасность, риск) в действующем законодательстве [5], кроме нового Закона о надзорной деятельности, противоречат мировому опыту, а вопрос управления безопасностью не может быть качественно решен по причинам отсутствия достаточного математического, а также программного обеспечения.

Риск производства

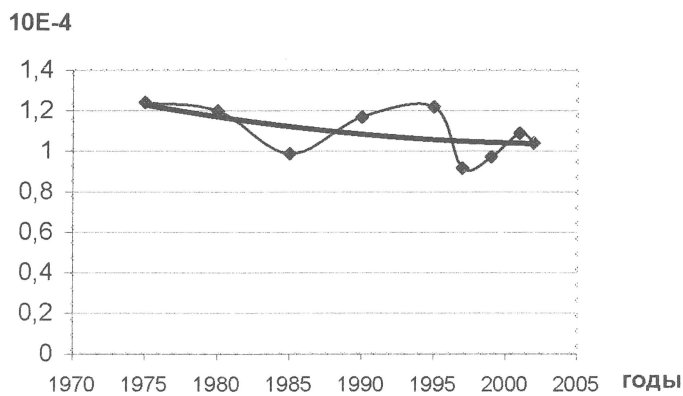


Рисунок 1 – Риск производства в Украине

Только в области ядерной энергетики, где почти все специалисты по безопасности прошли обучение в США, Германии, Франции и получили расчетные коды (пакеты прикладных программ вероятностного анализа безопасности), в последние годы выполнены полноценные анализы безопасности АЭС, что оказало огромное влияние на ее развитие [5].

В Украине концепция управления безопасностью на основе РОП разработана почти три года назад, но не внедрена до настоящего времени. Основные принципы государственного управления безопасностью в рыночных условиях, которые изложены в концепции управления рисками [6], суть:

- 1) приемлемость;
- 2) превентивность (предотвращение);
- 3) минимизация (АЛАРА<sup>5</sup>);
- 4) полнота;
- 5) адресность (кто создает риск, тот и платит);
- 6) целесообразные значения приемлемых уровней;
- 7) информирование (декларирование).

Эти семь принципов действительно обеспечивают надлежащий уровень безопасности.

Дадим краткое пояснение этим принципам.

*Принцип приемлемости* риска состоит в определении и достижении в государстве социально, экономически, технически и политически обоснованных нормативных значений рисков для населения, окружающей природной среды и объектов экономики.

*Принцип превентивности* предусматривает максимально возможное и заблаговременное выявление опасных значений параметров состояний, или процессов и инициирующих (исходных) событий, которые создают угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций, и разработку упреждающих мероприятий, направленных на нейтрализацию этой угрозы и/или смягчение ее последствий.

*Принцип минимизации* риска, согласно которому риск чрезвычайной ситуации необходимо снижать настолько, насколько это возможно, добиваясь достижения разумного компромисса между уровнем безопасности и размером затрат на ее обеспечение;

*Принцип полноты*, в соответствии с которым риск для жизнедеятельности человека или функционирования любого объекта является интегральной величиной, которая должна определяться с учетом всех угроз возникновения аварий и/или чрезвычайных ситуаций и с учетом человеческого фактора.

<sup>5</sup> АЛАРА – (англ. ALARA – as low as reasonably achievable) – так низко, как разумно достижимо.

*Принцип адресности*, который заключается в том, что риском должен (обязан) управлять тот, кто его создает.

*Принцип выбора целесообразного значения* риска, согласно которому субъект управления риском обеспечивает в пределах от минимального до предельно допустимого такое значение риска, которое он считает целесообразным, исходя из имеющихся у него экономических, технических и материальных ресурсов и существующих социальных и политических условий; субъект хозяйствования, выбирая целесообразное значение риска, гарантирует определенный уровень безопасности для населения и выплату страховых сумм, если авария произошла.

*Принцип обязательности информирования* заключается в том, что каждый субъект управления риском обязан регулярно предоставлять органам государственной власти и местного самоуправления реальные значения рисков.

Можно добавить, что принцип минимизации риска (принцип АЛАРА) гласит: «Любой риск должен быть снижен настолько, насколько это практически достижимо или до уровня, который настолько низок, насколько это разумно достижимо».

Управление рисками ЧС техногенного и природного характера должно рассматриваться как неотъемлемая часть государственной политики национальной безопасности и социально-экономического развития государства, одной из важнейших функций всех органов исполнительной власти и субъектов хозяйствования всех форм собственности и может (должно) осуществляться на основе указанных выше принципов. С точки зрения РОП деление сферы управления безопасностью на привычные – «охрану труда», «промышленную безопасность», «техногенную безопасность» и другие виды опасностей условно. В качестве доказательства последнего рассмотрим пример процесса развития аварий на промышленном предприятии.

На рисунке 2 отображено 5 возможных стадий аварий: 1) возникновение исходных событий, 2) срабатывание (или отказ) защитных барьеров, 3) аварийные действия персонала, 4) успешное прекращение аварий или переход аварий на уровень ЧС, 5) ликвидация ЧС. Как видно, аварийная цепь начинается с возникновения исходных событий и заканчивается или успешным прекращением аварийных событий обслуживающим персоналом, или действиями спасательных подразделений в худшем случае. Действия спасательных подразделений – одно из пяти звеньев взаимосвязанных событий. При этом, если срабатывают системы безопасности или персонал имеет достаточные знания и навыки для предотвращения развития аварии, подразделения МЧС не нужны. Поэтому современная теория безопасности рекомендует рассматривать для каждого риска все возможные стадии возникновения и развития аварий в их связи, поскольку они являются одной цепью. Прочность цепи зависит от каждого звена, и если, предположим, вкладываются большие средства в количество, обучение и технические средства (оснащение) спасательных подразделений, не обращая внимания на предыдущие условия возникновения и развития аварий, то тем самым уровень безопасности нельзя улучшить коренным образом. В лучшем случае результатом станут меньшие или большие последствия (большее или меньшее число погибших и пострадавших).

Современное законодательство, базирующееся на риск-ориентированном подходе, требует просмотра всех возможных сценариев аварий и всех возможных исходных событий как целостной системы обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды. Такой просмотр сценариев возможно осуществить только в рамках оценок и анализа риска на основе вероятностных методов.

Следует указать на необходимость проведения оценок на количественном уровне, которые позволяют определить вероятности возникновения аварий, вероятности перехода аварии из одной стадии в следующую, условия такого перехода, математическую (стохастическую) важность всех случайных событий, что позволяет в итоге оптимальным образом распределить средства на предотвращение аварий и ликвидацию последствий. Таким образом, количество нужных подразделений МЧС в регионе, их оснащение, силы и

средства становятся зависимыми от типа возможных аварий и вероятности их возникновения – *риска (рисков)*, которые создают предприятия региона для населения и окружающей среды. Поскольку риск в каждом конкретном случае зависит от параметров безопасности предприятия, то из этого следует, что и силы, и средства реагирования также зависят от этих параметров. С математической точки зрения вышесказанное можно описать в следующем виде: риск  $R$  представляет собой функцию 5 переменных:

$$R = F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5),$$

- где  $x_1$  – возможные сценарии аварий для всех режимов работы;  
 $x_2$  – все возможные исходные события, в том числе природного характера;  
 $x_3$  – изношенность основного оборудования и статистика его отказов;  
 $x_4$  – типы защитного оборудования и его состояние;  
 $x_5$  – обученность (подготовка) персонала.

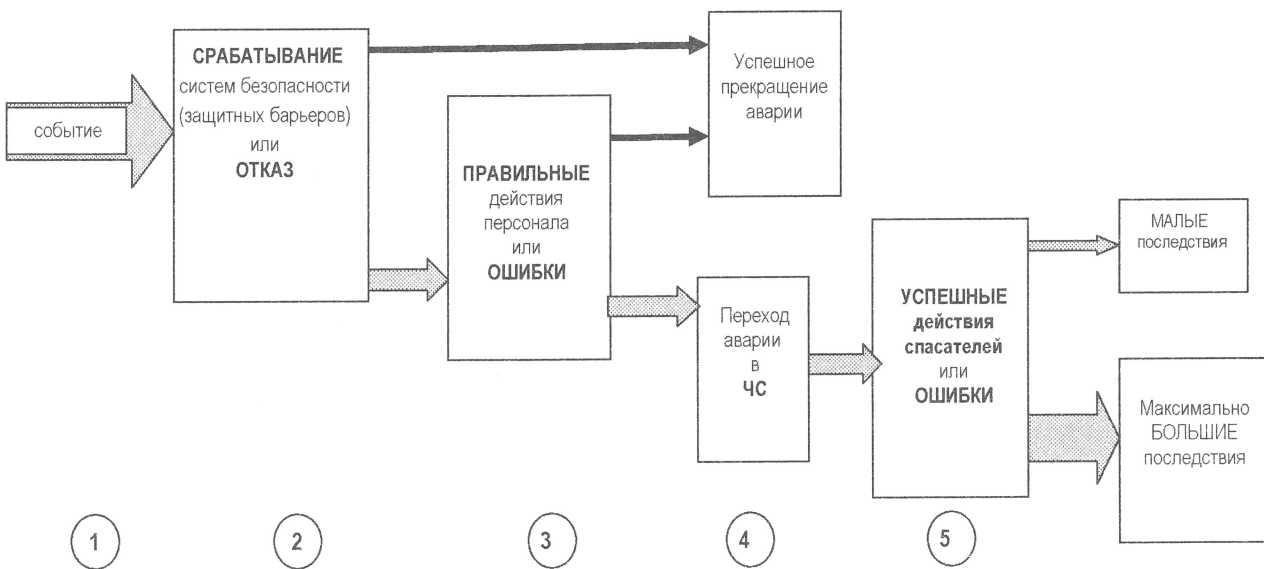


Рисунок 2 – Стадии возникновения и развития аварий

Если ввести функцию  $У_{ЧС}$ , которая характеризует силы и средства спасательных подразделений МЧС, то на основе предыдущих выводов следует обоснованное предположение, что  $У_{ЧС}$  также является функцией тех же параметров:

$$У_{ЧС} = \Phi(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5).$$

Отсюда получаем принципиально важный вывод, что техногенная безопасность предприятия (параметры  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ) влияет на действия спецподразделений МЧС. Это, однако, традиционно не считалось задачами МЧС. Следовательно, в системе МЧС для координации и управления спасательными подразделениями нужно иметь все вышеназванные сведения, иметь подробный анализ всех сценариев аварий предприятий региона и проводить постоянный мониторинг промышленной безопасности. Следующим интегральным шагом управления риском в регионе должно быть объединение расчетов по отдельным предприятиям. Кроме того, для контроля текущего состояния риска должен быть алгоритм наблюдения за названными параметрами  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ , осуществляемого со стороны МЧС. К сожалению, такая работа в Украине не проводится, и тем самым она

существенно отстает от западных стран по современному научному уровню обеспечения МЧС, о чем неоднократно шла речь на научных конференциях и семинарах [7].

Как уже было сказано, в странах Запада детальный анализ всех стадий аварий (см. рисунок 2) и возможных рисков стал нормой. Более того, после доведения надежности техники до очень высоких показателей, на основе проведения таких анализов, которые отвечают условиям современных техногенных нагрузок, были определены последующие шаги повышения безопасности на основе внедрения систем управления качеством, управления окружающей средой и воспитания культуры безопасности.

Приведем описание еще одного существенного технического принципа – многоступенчатости контроля, важного для безопасности параметра, который, подчеркнем, давно используется в атомной отрасли [8]. Весь диапазон возможных изменений параметра (например, концентрации метана) делится на четыре отрезка (части). Если замеренное значение параметра находится в первом диапазоне, то срабатывает предупредительная сигнализация, во втором – аварийная, в третьем – проводится отключение (блокирование) оборудования, которое не используется в аварийном режиме, четвертый диапазон автоматически включает системы аварийной защиты. Этот принцип безопасности используется также и в другой опасной области – транспортировке газа. Согласно отраслевому документу [9], при появлении в воздухе цеха минимальных концентраций газа (запаха) срабатывает предупредительная сигнализация, при нарастании концентрации горючих газов в воздухе до значения 10 % от нижней концентрационной границы взрываемости (НКГВ) срабатывает аварийная сигнализация и автоматически включается аварийная вытяжная вентиляция. Работа компрессорного цеха или газоперекачивающего агрегата (ГПА) в отдельном помещении должна быть аварийно остановлена, если содержимое горючих газов в воздухе превышает 20 % НКГВ. Аварийная вытяжная вентиляция и автоматическая остановка ГПА в данном случае выступают как система аварийной защиты. Дальнейшие действия операторов также отвечают известному в области атомной энергетики принципу «глубоко эшелонированной защиты», а именно: не допускается в случае аварийной остановки (отключения) оборудования повторный пуск его в работу без выявления и устранения причины аварийной остановки. Эти действия можно отнести к административным мероприятиям защиты, относящимся к названному принципу (глубоко эшелонированной защиты). Представляется достаточно очевидным, что использование этих принципов было бы весьма необходимым для контроля содержания метана в воздухе шахты.

Для упомянутых областей атомной энергетики и снабжения газом подчеркнем еще один важный принцип безопасности – надлежащую подготовку персонала. Положение с подготовкой персонала здесь наилучшее, и отношение к безопасности соответствует значимости этого вопроса для отрасли. Например, на соответствующих кафедрах вузов изучаются вопросы обеспечения безопасности в современных условиях рыночного хозяйства, включая культуру безопасности. Однако анализ дипломных работ кафедр с иной специализацией показывает, что часто встречаются расчеты «освещения», «вентиляции» и т. п. по методическим руководствам 50–30-летней давности. Конечно, студент должен уметь выполнять и такие расчеты, однако в соответствии с международным и украинским законодательством, безопасность на предприятии определяется уровнем риска для персонала, населения и окружающей среды, что и должно быть отображено в современной дипломной работе.

Присоединение Украины к Европейскому образовательному пространству требует реформирования системы образования, результатом которого должно стать органическая интеграция национальной системы образования в мировую. Основным путем развития системы образования должно быть постоянное обновление содержания высшего образования с целью более полного обеспечения потребностей общества, в том числе и будущих. Представляется также очевидным, что системным нарушением в вопросах обучения персонала в условиях переходного периода, в котором находится украинское

государство, является доверие подготовки и переподготовки персонала (кадров) предприятий частным фирмам. Недостатком здесь является излишняя коммерциализация, причем в условиях, когда система ответственности за качественное обучение не отработана.

В заключение приведем некоторые данные из отчетов о состоянии охраны труда в Украине за 2006 г. [4] (таблица).

Таблица – Данные из отчетов о состоянии охраны труда в Украине за 2006 г.

Область производства	Среднее количество работающих	Общее количество несчастных случаев (с тяжелыми травмами)	Риск несчастного случая
Производство электроэнергии атомными электростанциями	32 800	3	$9,1 \cdot 10^{-5}$
Трубопроводный транспорт	20 800	6	$2,9 \cdot 10^{-4}$
Подземная добыча каменного угля	20 900	12 718	0,6

Как видно, наиболее опасные области существенно отличаются по уровням риска, которые они создают для персонала, а также населения. Лучшие результаты там, где следуют передовым принципам безопасности, а так называемые несчастные случаи выглядят совсем как несчастные случаи.

Таким образом, современный уровень техногенного развития требует внедрения современного уровня научного обеспечения безопасности на основе риск-ориентированного подхода, что в свою очередь требует переподготовки специалистов в сфере гражданской защиты и изменения учебных программ вузов. Повышение уровня безопасности – комплексная проблема, которая не может быть решена усовершенствованием только одного составляющего ее звена, необходимо равномерно поддерживать на современном уровне все составляющие управления безопасностью, в первую очередь ее научное обеспечение. Необходимо в полной мере использовать накопленный опыт развитых стран и опыт передовых областей отечественного производства, в частности, в области ядерной энергетики в вопросах анализа риска и безопасности, а также поиска коренных причин возникновения рисков.

Автор выражает благодарность доктору физико-математических наук В.А. Кузьмицкому за обсуждение материала настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акт специального расследования аварий 1-й категории с групповыми несчастными случаями, которые произошли 18 нояб., 1 и 2 дек. 2007 г. на арендном предприятии «Шахта им. О.Ф. Засядько». – Донецк. 14.01.08. (Укр.)
2. Интернет издания о паводке 2008 г. в Закарпатье.
3. Бегун, В.В. Риск-ориентированный подход / В.В. Бегун, И.М. Науменко // Чрезвычайная ситуация. – 2003. – № 1. – С. 18–19.
4. Исследование комплексной и системной оценок уровня промышленной безопасности на основании анализа производственных рисков: отчет о НИР. – Киев, ННДЮП, 2007.
5. Об объектах повышенной опасности: Закон Украины от 18.01.2001 г., № 2245-III.
6. Концепция управления рисками [Электронный ресурс] / <http://www.mns.gov.ua/> – офіційний сайт МНС (Укр.).

7. Осипенко, С.И. Законодательное, научно-методическое и программное обеспечения работ по декларированию и обучению специалистов по безопасности / С.И. Осипенко // Сб. тез. докл. на науч.-метод. семинаре «Декларирование безопасности объектов повышенной опасности как средство регулирования безопасности региона (государства)». – Киев, 2007.
8. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций: ОПБ-88. – Введ. в 1989 г.
9. Правила безопасной эксплуатации магистральных газопроводов Украины: НПАОП 1.1.23-1.03-2004.