

## О подходах к формированию критериев допустимости рисков аварии на опасных производственных объектах

*RiskProm.ru, © 2014*

### **Введение**

Каждая проблема допустимости чего-либо предполагает первоначальное установление субъект-объектных отношений взаимодействия при реализации каких-либо решений и последующий обоснованный выбор показателей недопустимости возможных негативных воздействий. Иными словами, должны быть даны достаточно прозрачные ответы на вопросы: кто, чем, почему и на кого негативно может воздействовать, и допустимо ли это в рамках сохранения устойчивости системы «источник опасности – жертвы». В сфере обеспечения промышленной безопасности это подразумевает удержание функционирующих опасных объектов в состояниях, когда обеспечивается защищенность личности и общества от аварий на ОПО.

Категории «защищенность», «личность» и «общество» весьма многогранны, многослойны и многозначны. Для сокращения разнотолков необходимо эти понятия предварительно оговаривать в контексте практической проблемы. Так в сфере анализа риска аварий под «личностью» чаще понимают отдельных людей, как из числа персонала ОПО, так и иных физических лиц, которые могут попадать в зону действия поражающих факторов возможных аварий на ОПО. Категория «общество» грубо разделяется обычно на бизнес-сообщество, эксплуатирующее источник опасности ОПО, и сообщество т.н. «потенциальных жертв» промышленных аварий. Четко идентифицировать принадлежность человека к этим различным социальным группам не всегда удается, но их сформулированные интересы и неоформленные чаяния, обычно противоречивые и зачастую взаимоисключающие, умело взвешивает и во многом согласованно выражает государственная власть в своих управленческих решениях. В противном случае легитимность власти падает, от чего страдают все, даже самые разнонаправленные сообщества, т.к. нарушается симбиоз частей общества, в том числе, например, и из-за снижения защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на ОПО. Категория «защищенность» предполагает динамический характер парирования стохастических опасностей аварий для потенциальных жертв, а также установление недопустимого уровня негативного воздействия – т.е. должны быть сохранены их долгосрочные «жизненно важные интересы» (как указано в ФЗ-116).

## ***О критериях допустимости рисков аварии на опасных производственных объектах***

Хотя понятия «допустимый» и «приемлемый» часто используют как синонимы, но в сфере анализа риска аварий и обеспечения промышленной безопасности им следует придать вполне определенные смысловые оттенки. Так понятие «допустимости» предполагает активность в исполнении решения и принятии ответственности за последствия того или иного опасного воздействия. Напротив, понятие «приемлемость» акцентировано на защитном внутреннем согласии в принятии тех или иных внешних решений. Иными словами, «допустимость» определяется в основном легальностью (т.е. законностью), а «приемлемость» – легитимностью (т.е. деятельным согласием потенциальных жертв) каких-либо проектных решений при обосновании защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на ОПО.

В отечественной практике риск-менеджмента пока известны только непродуктивные попытки установления «жестких» критериев допустимого техногенного риска (обычно в кратных микродолях). Продуктивность в данном случае определяется не столько законностью установления «допустимых рисков» с подачи активистов бизнес-сообщества, сколько деятельным принятием объявленных значений допустимого риска в качестве приемлемых со стороны рискующих. Так, например, в РФ законодательно установлен допустимый уровень риска гибели в пожарах для населения за год в одну микродолю ( $10^{-6}$ ), а фоновый риск гибели населения примерно на два арифметических порядка выше – ежегодно в пожарах гибнет в среднем 12-14 тыс. человек, а не 143 человека, как предписывает установленным законом критерий допустимости. Такое резкое несоответствие допустимого и фонового пожарного риска в лучшем случае никак не влияет на обеспечение пожарной безопасности и на приемлемость гражданами России результатов формальных расчетов пожарного риска по «жестким» узаконенным методикам. Этот опыт обязательно нужно использовать в сфере промышленной безопасности, и не повторять уже хорошо изученных методических ошибок и известных конъюнктурных манипуляций критериями допустимого пожарного риска.

Еще одним ярким примером сомнительной гармонизации отечественных норм о допустимости рисков в России и за рубежом, служит ГОСТ Р 51901.10-2009/ISO/TS 16732:2005 «Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии» – обложечный перевод ISO/TS 16732:2005 «Risk management. Fire risk management in enterprise. Fire safety engineering - Guidance on fire risk assessment». Несмотря и так на противоречивое действующее законодательство о техническом регулировании в сфере пожарных рисков, гармонизированный ГОСТ Р 51901.10-2009/ISO/TS 16732:2005 только усугубляет положение. Вот, что в нем сказано:

«3.11. Допустимый пожарный риск <\*> (firerisk, acceptable): риск, удовлетворяющий установленным критериям допустимости и не требующий внесения изменений в объект защиты.

-----  
<\*> При применении настоящего стандарта необходимо учитывать, что определение данного термина не в полной мере соответствует определению термина по ФЗ N 123-ФЗ от 22.07.2008 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (Прим. - пер.), а именно: допустимый пожарный риск - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий (Прим. – авт.).

3.22. Индивидуальный пожарный риск (riskindividual): пожарный риск, характеризующий последствия для отдельного человека с учетом его особенностей.

Пример - Если под пожарным риском понимают вероятность нежелательного последствия, например смерти, тогда можно провести количественную оценку индивидуального пожарного риска. Обычно ее представляют в виде количества событий за период времени, за который оценивают вероятность возникновения нежелательных последствий для конкретного человека. Риск может быть выражен в виде условий подверженности опасности, например, нахождение в опасном месте. Индивидуальный пожарный риск не зависит от количества людей, в противоположность социальному пожарному риску.

3.23. Социальный пожарный риск (risksocietal): пожарный риск, характеризующий последствия для каждого человека и/или группы в целом.

Примечания. 1. Комбинация последствий для всех вовлеченных сторон связана с общей вероятностью возникновения инцидента. Социальный пожарный риск обычно равен сумме индивидуальных пожарных рисков всех вовлеченных лиц, но может быть представлен в виде отношения интенсивности к количеству подверженных пожару людей или людей, находящихся в опасных условиях, в этом случае социальный пожарный риск выражают в форме, непосредственно сопоставимой с индивидуальным пожарным риском.

2. При подсчете социального пожарного риска следует учитывать, что некоторые последствия для одного человека могут отменять последствия для другого человека. Например, потери, связанные с непрерывностью бизнеса, испытанные одной компанией, могут вызвать увеличение дохода конкурента, не затронутого пожаром ...».

Следует отметить, что ГОСТ Р 51901.10-2009/ISO/TS 16732:2005 типичный пример контрпродуктивного переложения методов анализа рисков из финансовой в техническую сферу. Плачевные результаты управления финансовыми рисками в череде недавних мировых экономических кризисов хорошо известны. В том числе и поэтому эти методы напрямую не подходят для обеспечения безопасности в техносфере, и тем более в промышленной безопасности, где в последние годы серьезно нарастают опасности крупных промышленных аварий.

Вопросы установления критериев допустимого и приемлемого риска аварий в сфере промышленной безопасности активно и публично обсуждаются в российском экспертном сообществе со времен принятия первого в России нормативного методического документа по анализу опасностей и оценке риска РД 08-120-96 «Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов» [16]. Значительный отечественный научно-практический опыт и знания в постановке и вариантах решения проблемы измерения допустимости опасности промышленных аварий были накоплены при реализации с 1997 г. российской процедуры декларирования опасных производственных объектов [43, 44, 45, 46 и др.], научно-методической основой которой стал РД 03-418-01 [5] (был введен взамен РД 08-120-96 [16]).

Опыт нормативного регулирования анализа риска в атомной энергетике и отношение к применению вероятностных оценок безопасности (ВАБ) отражен в документах Ростехнадзора [86, 87].

Условно следующий этап в развитии представлений о допустимом (приемлемом) риске аварий наступил с принятием в 2008 г и началом реализации Технического регламента о требованиях пожарной безопасности. Кратко рассмотрим, что было уже известно к тому моменту о нормировании техногенного риска.

В действовавших тогда отечественных нормативных правовых документах (в Федеральных законах от 21.7.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», от 21.7.1997 N 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», от 31.3.1999 N 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации», от 10.1.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», от 27.12.2002 года N 184-ФЗ «О техническом регулировании», в постановлениях Правительства Российской Федерации от 21.08.00 №613, от 15.04.02 №240, в Методических указаниях по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01 и др.) не только регламентировался порядок применения процедуры анализа риска, но и во многом обозначался 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 допустимости и приемлемости уже тогда нуждался в теоретическом обосновании.

Основная цель действенной системы обеспечения безопасности на опасном производственном объекте – минимизация аварийности и травматизма, иных негативных техногенных проявлений, отрицательно сказывающихся на состоянии производства. Если в первом «либеральном» приближении принять за оценку состояния производства его конкурентоспособность, то вышеприведенное условие может быть формализовано в виде:

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

где:  $M_{\tau}[Y + Z]$  - математическое ожидание суммы ущербов  $Y$  от аварий на ОПО и затрат на обеспечение безопасности  $Z$  за определенный период  $\tau$  ;

$RE_{\tau}, RE_{\tau}^{\text{lim}}$  – достигнутая и приемлемая рентабельность производства за этот же период времени.

В процедуре обеспечения безопасной эксплуатации ОПО могут быть выделены по приоритету следующие основные задачи, которые непосредственно связаны с оптимизационным выбором и ранжированием мер предупреждения и ликвидации последствий техногенных происшествий (аварий, несчастных случаев, пожаров, аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, ЧС 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 техногенного происшествия  $R_\tau = M_\tau[Y]$ :

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

где:  $\Delta R_\tau$  - снижение риска техногенного происшествия при внедрении набора мер безопасности  $\{z_i\}$  на ОПО;

$z_i$  – совокупная стоимость внедрения  $i$ -ого 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 допустимого уровня -  $R_\tau^{\text{max}}$ :

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

где обозначения аналогичны приведенным в Задаче 1 (формула (2)).

Как видно, при решении последней задачи возникает необходимость нормирования допустимого уровня риска техногенного происшествия. В 1990-2000-х в отечественных нормативных документах уже содержались отдельные примеры установления требований и рекомендаций допустимости риска пожаров и аварий, например:

- а) Согласно ГОСТ 12.1.010-76\* [48] и ГОСТ 12.1.004-91 [49] вероятность воздействия опасных факторов соответственно взрыва и пожара на людей в течение года не должна превышать  $10^{-6}$  на каждого человека;
- б) В методическом руководстве [21] 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;
- в) Согласно ОПБ-88/97 [33] вероятность тяжелых запроектных аварий не должна превышать  $10^{-7}$  на реактор в год;
- г) Согласно СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003 [18] уровень приемлемого потенциального риска в селитебных зонах, прилегающих к территории действующих ОПО, не должен превышать  $10^{-4}$  в год;
- д) Согласно ГОСТ 12.1.010-76\* [48] вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не должна превышать  $10^{-6}$ ;

- е) Согласно ГОСТ Р 12.3.047-98 [50] «эксплуатация технологических процессов является недопустимой, если индивидуальный риск больше  $10^{-6}$  или социальный риск больше  $10^{-5}$ »;
- ж) Согласно ПБ 12-609-03 [51] «технические решения при проектировании объектов СУГ должны обеспечивать уровень индивидуального риска возможных аварий при эксплуатации ОПО не более величины  $10^{-6}$ ».

Видно, что в первых четырех примерах - а), б), в) и г) - нормирование допустимости риска осуществляется по удельным показателям (на одного рискующего, на 1000 км длины, на один реактор, для определенной территории), что позволяет с высокой степенью объективности сопоставлять различные ОПО (или меры безопасности на одном ОПО) между собой по показателям риска аварии/пожара, а при необходимости сравнивать риск с допустимым значением.

В последних же примерах нормирование осуществляется по интегральным показателям - д), е), и безотносительно временного периода рассмотрения - 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 допустимости [43], и как следствие – к так называемому «управлению риском» [52].

При научном употреблении термина «управление», необходимо придерживаться общих понятий, используемых в современной теории управления. Если исходить из терминологических основ теории управления, изложенных в рекомендациях Комитета по научно-технической терминологии АН СССР [53], то управление – это процесс, включающий в себя:

- а) выработку альтернативных управляющих воздействий;
- б) принятие решения о выборе из них наиболее эффективных;
- в) осуществлений управляющих воздействий с целью достижения желаемых результатов функционирования управляемого объекта.

При этом под объектом понимают выделенную по некоторым правилам часть мира, являющуюся предметом познания, практической деятельности. Величина, характеризующая свойство объекта, значение которой определяется по качественной или количественной шкалам, называется признаком или параметром объекта, соответственно. Риск, как мера опасности объекта – не есть сам объект, и не может, следовательно, являться объектом управления. Риск не может функционировать, и у него нет результатов функционирования: управлять риском как таковым невозможно. Управлять необходимо самим объектом, а не его признаками и параметрами. К примеру, опытные автолюбители управляют самим

**РискПром.рф // Апрель-2014**

автомобилем, а не стрелкой спидометра. Формальное допущение о возможности рассмотрения меры опасности, как объекта управления, равнозначно тому, что, например, продавец при взвешивании товара займется манипулированием с весами и гирями - управлением мерой веса.

Буквальное «управление риском» не отвечает основным принципам научного познания, может приводить к серьезным просчетам в управленческих решениях в обеспечении безопасности в техносфере. Полезно различать понятия «анализ риска» и «управление риска»:

Анализ опасностей и оценка риска (анализ риска, риск-менеджмент) – взаимосвязанная совокупность процессов идентификации опасностей и оценки риска аварий на опасном производственном объекте для отдельных физических лиц, групп людей, имущества, окружающей среды, а также разработки адресных мероприятий по снижению риска аварии.

Управление риском – специальная дезинформационная технология по убеждению рискующих в том, что допустимый риск существенно меньше приемлемого.

Нормирование техногенного риска невозможно также без обоснования экономической целесообразности выбора и установления того или иного критерия допустимости (см. формулу (1)). Как представляется, приведенные выше примеры нормирования риска - а), д), е), ж), по-видимому, слабо обоснованы экономически. Значение фоновых показателей техногенного риска обуславливается в основном современным уровнем развития производительных сил. При нормировании техногенного риска фоновые показатели могут рассматриваться только в качестве нижней границы для действующих объектов, 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, пожарах, дорожно-транспортных происшествиях, чрезвычайных ситуациях и других техногенных происшествиях. Ниже в таблице 1 представлены известные на 2005 г.<sup>1</sup> данные о некоторых фоновых удельных показатели риска гибели людей на опасных производственных объектах, полученные на основании официальных данных Госгортехнадзора России.

---

<sup>1</sup> Здесь специально приведены данные начала-середины 2000-х, что бы была возможность проследить характер изменений фоновых опасностей аварий в начале 2010-х, которые представлены далее по тексту. Кроме того эти данные показывают, какие именно были фоновые значения техногенного риска накануне законодательного установления микродолей допустимого пожарного риска. Последние актуальные сведения о фоновом риске гибели людей на российских ОПО размещаются на <http://riskprom.ru/publ/19-1-0-48>

**Таблица 1 – Некоторые фоновые показатели риска гибели людей на опасных производственных объектах**

Отрасль промышленности, поднадзорные объекты	Удельный показатель риска гибели людей на единицу произведенной продукции /масштаба производства		
	размерность	в аварии (по данным за 2000-2003 гг.)	в аварии или НС (по данным за 1994-2003 гг.)
Угольная промышленность	чел/год/млн. т добытого угля	$(6,56 \pm 5,15) \times 10^{-2}$	$(5,82 \pm 2,29) \times 10^{-2}$
Горнодобывающие производства	чел/год/млн. м <sup>3</sup> добытой горной массы	$(4,25 \pm 1,43) \times 10^{-3}$	$(7,47 \pm 1,04) \times 10^{-2}$
Нефтедобывающие производства	чел/год/млн. т добытой нефти	$(1,04 \pm 0,39) \times 10^{-2}$	$(7,51 \pm 1,38) \times 10^{-2}$ *)
Газодобывающие производства	чел/год/млрд. м <sup>3</sup> добытого газа	$(2,56 \pm 0,96) \times 10^{-3}$	$(5,27 \pm 4,05) \times 10^{-3}$ *)
Магистральный трубопроводный транспорт	чел/год/тыс.км общей протяженности магистральных трубопроводов	$(1,30 \pm 0,49) \times 10^{-2}$	$(3,04 \pm 0,702) \times 10^{-2}$ **)
Химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность	чел/год/млн. т общего объема производства	$(3,47 \pm 3,42) \times 10^{-2}$	$(9,94 \pm 3,30) \times 10^{-2}$
Металлургическая промышленность	чел/год/млн. т общего объема производства	$(6,08 \pm 0,33) \times 10^{-3}$	$(2,15 \pm 0,706) \times 10^{-1}$
Котельные установки, сосуды высокого давления, трубопроводы пара и горячей воды	чел/год/тыс.шт. общего числа установок	$(2,7 \pm 0,1) \times 10^{-3}$	$(1,17 \pm 0,702) \times 10^{-2}$ ***)
Объекты подъемных сооружений	чел/год/тыс.шт. общего числа сооружений	$(1,98 \pm 0,35) \times 10^{-2}$	$(1,54 \pm 0,136) \times 10^{-1}$
Объекты газоснабжения	чел/год/тыс.км общей протяженности подземных газопроводов	$(3,07 \pm 0,06) \times 10^{-3}$	$(3,52 \pm 1,15) \times 10^{-2}$

\*) по данным за 1992-2003 гг.

\*\*) по данным за 1998-2003 гг.

\*\*\*) по данным за 1997-2003 гг.

Анализ полученных оценок показывал, что риск гибели людей в аварии на ОПО, как правило, в несколько раз меньше риска гибели при несчастном случае на ОПО.

Хорошо известны были и результаты оценок фоновых показателей среднего индивидуального риска гибели человека в типичных техногенных происшествиях, полученные на основе официально опубликованных статических данных об аварийности и



травматизме на ОПО, дорожно-транспортных происшествиях, пожарах и чрезвычайных ситуациях в Российской Федерации за 2000-2003 гг. (табл.2).

**Таблица 2 – Фоновые показатели риска гибели человека в техногенных происшествиях**

<i>Риск гибели человека в:</i>	<i>2000 г.</i>	<i>2001 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>2003 г.</i>	<i>В среднем за 2000-2003 гг.</i>
ДТП, год <sup>-1</sup>	$2,05 \times 10^{-4}$	$2,14 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$	$(2,23 \pm 0,17) \times 10^{-4}$
Пожаре, год <sup>-1</sup>	$1,13 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$	$(1,27 \pm 0,11) \times 10^{-4}$
ЧС <sup>*)</sup> , год <sup>-1</sup>	$7,9 \times 10^{-6}$	$8,6 \times 10^{-6}$	$1,48 \times 10^{-5}$	$8,0 \times 10^{-6}$	$(9,9 \pm 3,3) \times 10^{-6}$
Аварии или НС на ОПО, год <sup>-1</sup>	$3,2 \times 10^{-5}$	$3,1 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$2,7 \times 10^{-5}$	$(2,9 \pm 0,3) \times 10^{-5}$

<sup>\*)</sup> все ЧС: природного, техногенного и биолого-социального характера, террористические акты.

Важно отметить, что фоновые показатели даже в одной технической области изменяются со временем, и не могут быть зафиксированы в качестве допустимых на все случаи и на все времена. Например, показатели опасности гибели людей в техногенных происшествиях в начале 2010-х составляли уже следующие значения (табл. 3).

**Таблица 3 – Фоновые показатели риска гибели в техногенных происшествиях в России**

<i>Событие</i>	<i>Вероятность смерти, год<sup>-1</sup></i>
Риск гибели в ЧС природного характера <sup>2</sup>	$1,7 \cdot 10^{-7}$
Риск гибели в результате авиакатастрофы <sup>3</sup>	$3,0 \cdot 10^{-6}$
Риск гибели при пожаре <sup>4</sup>	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели человека в ДТП <sup>5</sup>	$2,1 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели в результате ЧС техногенного характера	$4,8 \cdot 10^{-6}$
Риск гибели в результате ЧС биолого-социального характера	$3,5 \cdot 10^{-8}$

Как видно из табл. 7 наименьший риск гибели человека в техногенных происшествиях достигался при возникновении ЧС (до  $6,6 \times 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>), а наибольший – при ДТП (до  $2,4 \times 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>). По формальному же определению большинство ДТП и пожаров – есть ЧС техногенного характера, а различие значений риска для этих происшествий более чем в 100 раз объяснялось несовершенством сбора статистических данных о ЧС техногенного характера и нечеткими критериями ЧС.

<sup>2</sup> По данным сайта <http://www.mchs.gov.ru> - Статистика чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации за 2008-2010 гг.

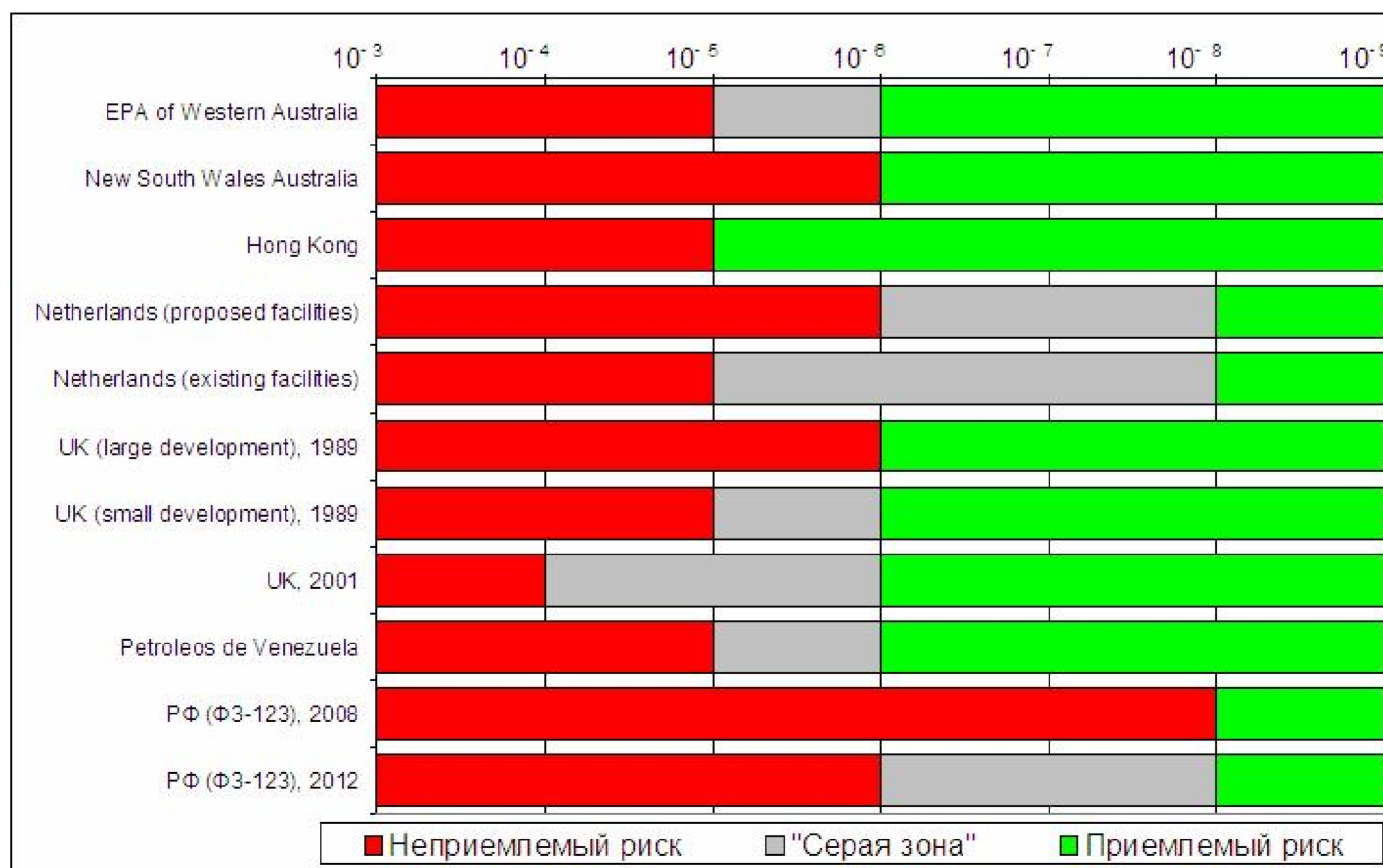
<sup>3</sup> По данным сайта <http://www.gks.ru> – Транспорт и связь за 1990 – 2009 гг.

<sup>4</sup> По данным сайта <http://www.mchs.gov.ru> - Статистика пожаров в Российской Федерации за 2005-2010 гг.

<sup>5</sup> По данным сайта <http://www.fcp-pbdd.ru/statistic/> - Статистика аварийности в Российской Федерации за 2005-2010 гг.

Хотя фоновый риск гибели человека в пожаре на 2003 г. в России достигал величины  $1,38 \times 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> (138 микродолей), однако, согласно в то еще время проекту общего технического регламента «Пожарная безопасность. Общие положения» (был опубликован на веб-сайте [www.vniipro.ru](http://www.vniipro.ru)), «пожарная безопасность жилого здания, общественного здания или сооружения считается обеспеченной», если «расчетное значение вероятности воздействия на человека опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, меньше  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>» (т.е. одна микродоля). Известно, что в большинстве своем гибель людей происходит при пожарах в жилых и общественных зданиях, поэтому для выполнения требований данного проекта технического регламента необходимо обеспечить, в том числе, и снижение числа погибших в пожарах более чем в 130 раз - с 19275 чел/год (по данным за 2003 год) до 145 чел/год. Без надлежащего экономического обоснования решение такой гуманной задачи может привести либо к утрате конкурентоспособности отечественной экономики (см. формулу (1)) со всеми вытекающими негативными последствиями, либо свестись к банальным манипуляциям с «расчетным значением вероятности» (см. подробнее [43, 52 и др.]).

Ниже (рис.1) в качестве примера приведены критерии допустимого индивидуального риска гибели человека (из числа населения) от промышленных аварий в разных странах мира [85, 47]. Из рисунка видно, что абсолютного и общепризнанного критерия допустимости индивидуального риска гибели людей не существует: оценки лежат в довольно широком диапазоне –  $10^{-4}$  -  $10^{-8}$  год<sup>-1</sup> (от 0,01 до 100 микродолей).



**Рисунок 1 – Критерии допустимого индивидуального риска для населения, установленные в разных странах**

Вероятностный характер возникновения техногенных происшествий накладывает вполне определенные ограничения и на саму процедуру оценивания допустимости и приемлемости техногенного риска. Мнение о возможности формального сравнения оцененных значений техногенного риска с точно установленным допустимым, слишком упрощенное и необоснованное, вследствие достаточно большой дисперсии прогнозных значений  $R_t$ , измеряемой в настоящее время несколькими арифметическими порядками [54, 55]. Поэтому при оценке техногенного риска необходим однозначный набор методик с четким алгоритмом их применения (подобное уже было реализовано, например, в [18, 21], и в общем виде в [49, 50]). Оценку техногенного риска 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.

Накопленный к середине 2000-х опыт, теория и практика анализа опасностей и количественной оценки риска промышленных аварий позволили сформулировать и обосновать следующие основные принципы для оценивания и нормирования техногенного риска (аварий, пожаров, несчастных случаев и т.п.):

- 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 вероятностей 1) появления наиболее крупных/типичных техногенных происшествий или 2) 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 и/или типичных техногенных происшествий или возникновения определенного прямого ущерба;
- Наличие и использование четкого и однозначного алгоритма оценки техногенного риска с соответствующими допущениями и исходными данными (соблюдение принципа «трех единств»: по одной методике, одной и той же рабочей группой или специалистами сходной квалификации, и при одном и том же источнике постулируемых исходных данных);

- 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 фоновые отечественные значения;
- Целесообразность внедрения критериев допустимого риска в документы рекомендательного характера (стандарты, методические документы), т.е. принятие разработчиками соответствующей ответственности за предлагаемые критерии допустимости техногенного риска;
- Требование об учете приемлемых и фоновых уровней техногенного риска аварий при установлении критериев допустимого риска аварий.

Восприятие опасностей в общественном сознании может существенно отличаться от реального состояния. Поэтому для определения уровней приемлемости целесообразно использовать безразмерную величину – децибел риска гибели человека (дБргЧ).

Децибелы широко применяются в различных областях техники, где требуется измерение величин, меняющихся в широком диапазоне (на несколько порядков).

Для применения децибелов и оперирования логарифмами вместо процентов или долей есть ряд причин:

- характер отображения в органах чувств человека и животных изменений течения многих физических и биологических процессов пропорционален не амплитуде входного воздействия, а логарифму входного воздействия (закон Вебера-Фехнера). Поэтому вполне естественно шкалы единиц устанавливать именно логарифмические, в том числе, используя децибелы (для адекватного относительного восприятия уровня опасности);
- удобство логарифмической шкалы в тех случаях, когда в одной задаче приходится оперировать одновременно величинами, различающимися на много порядков;
- удобство отображения и анализа величины, изменяющейся в очень широких пределах.

Децибел риска гибели человека (дБргЧ) служит для определения отношения двух величин: измеряемой величины риска (R) и фонового уровня риска (R<sub>0</sub>):

$$R_{dB} = 10 \lg \frac{R}{R_0}$$

В качестве опорного/фонового уровня ( $R_0$ ) целесообразно принять риск гибели людей в пожарах и ДТП в России за последние 5 лет (как наиболее знакомых для большинства техногенных опасностей). Оценка  $R_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ , (т.е. 288 погибших на 1 млн населения в среднем за 2008-2012 гг.). Ниже приведен пример установления критериев допустимости для объектов с присутствием людей (табл. 4).

**Таблица 4 – Пример установления критериев допустимости для объектов с присутствием людей**

<i>Характер уязвимости территории</i>	<i>Индивидуальный риск гибели человека, дБргЧ</i>	<i>Во сколько раз отличается по сравнению с фоновым риском</i>	<i>Индивидуальный риск гибели человека, год<sup>-1</sup> (*справочно)</i>
Зона с временным нахождением персонала эксплуатирующей организации	0	фоновый риск	$3 \times 10^{-4}$
Зона с постоянным (в течение рабочей смены) нахождением персонала эксплуатирующей организации	-10	меньше в 10 раз	$3 \times 10^{-5}$
Соседние промышленные и сельскохозяйственные объекты	-20	меньше в 100 раз	$3 \times 10^{-6}$
Транспортные коммуникации, отдельно стоящие жилые дома, дачные участки	-30	меньше в 1 тыс. раз	$3 \times 10^{-7}$
Населенные пункты, объекты социальной инфраструктуры, рекреационные зоны	-40	меньше в 10 тыс. раз	$3 \times 10^{-8}$

Для примера ниже представлены фоновые значения опасностей аварий в децибелах риска гибели человека для некоторых опасных отраслей промышленности (табл.5).

**Таблица 5 – Фоновый риск гибели людей на российских опасных производственных объектах<sup>6</sup>**

<i>Отрасль промышленности</i>	<i>Верхняя оценка среднего риска гибели человека за 2007-2011 гг.</i>	
	<b>дБргЧ</b>	<b>год<sup>-1</sup></b>
Производство, хранение и применение взрывчатых веществ промышленного назначения	+6,9	$1,4 \times 10^{-3}$
Угольная промышленность	+4,8	$8,6 \times 10^{-4}$
Горнорудная и нерудная промышленность	-3,1	$1,4 \times 10^{-4}$
Нефтедобывающая промышленность	-3,5	$1,3 \times 10^{-4}$
Нефтеперерабатывающая промышленность	-6,1	$7 \times 10^{-5}$
Химическая и нефтехимическая промышленность	-10,4	$2,6 \times 10^{-5}$
Металлургическая промышленность	-11,4	$2,1 \times 10^{-5}$
Газодобывающая промышленность	-18,0	$4 \times 10^{-6}$

<sup>6</sup> По данным Рискпром.рф

Эти значения нельзя сразу принимать в качестве приемлемых. Потребуется специальное обсуждение, предметом которого станет вопрос, а на сколько от текущего фонового значения должен отличаться приемлемый риск в той или иной отрасли (и даже на конкретном ОПО). Этот «коэффициент запаса» не может быть одинаковым для всех ОПО и всех отраслей – понятно, что он должен зависеть от «размещения» опасности на риск-шкале. Этот во многом социально-политический вопрос выходящий за рамки настоящего исследования.

### **Заключение**

Приведем формальные определения допустимого, приемлемого и фонового значения риска аварии, которые целесообразно использовать при разработке проектов руководств по безопасности по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах:

**Допустимый риск аварии:** риск аварии, характеризующий общественно-допустимый уровень опасности аварий для сложившихся (или будущих) социально-экономических условий и технико-технологического состояния отрасли опасного производства.

Критерии допустимого риска аварии могут задаваться нормативной документацией или определяться на этапе планирования анализа риска с учетом значений приемлемого и фонового риска аварии.

**Приемлемый риск аварии (приемлемая опасность аварии):** совокупность значений показателей и признаков опасности аварии, воспринимаемых рискующими в качестве их допустимой нормы. Первоначальной количественной оценкой приемлемого риска служат значения фонового риска аварии для различных отраслей промышленности и транспорта;

**Фоновый риск аварии:** риск аварии, характеризующий текущие проявления аварийности на опасных производственных объектах.

Сравнение рассчитанных показателей риска аварии участков и составляющих ОПО с фоновым (среднестатистическим) уровнем обычно проводится для установления степени опасности участков и составляющих ОПО

В риск-ориентрованном подходе опасность аварии на составляющих ОПО устанавливается относительным сравнением со среднестатистическим (фоновым) уровнем риска аварии по степеням «малая», «средняя», «высокая», «чрезвычайно высокая» (см. пример выше в табл. 4).

Как правило, необходимость разработки рекомендаций по снижению риска аварии безусловна только для чрезвычайно опасных участков и составляющих ОПО. Для высоко- и среднеопасных участков и составляющих ОПО необходимость разработки рекомендаций

обусловлена имеющимися ресурсами на внедрение дополнительных мероприятий (мер, групп мер) обеспечения безопасности технического и (или) организационного характера.

В сфере промышленной безопасности представляется целесообразным использовать рассчитанные показатели риска аварии на ОПО (составляющих) для обоснования приоритетов в мероприятиях по оптимальному обеспечению безопасного функционирования ОПО в условиях опасности возможного возникновения промышленных аварий (риск-ориентированный подход), а не для формального сравнения критериями допустимого риска («управление риском»).

*Рискпром.рф, апрель 2014*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г.: в действующей ред. от 04.03.2013.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта. Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 июля 2013 г. № 306.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 г. № 96 (зарегистрирован Министерством юстиции России 16 апреля 2013 г., регистрационный номер № 28138; «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», 2013, № 23).
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» (зарегистрированы Минюстом России 16.12.2013 №3065, опубликованы Бюллетене нормативных правовых актов, №1 от 06.01.2014).
5. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30).
6. РД-03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в неё сведений» (утвержден приказом Ростехнадзора от 29.11.2005 № 893)
7. РД 03-357-00 «Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта» (утверждены приказом Госгортехнадзора России 24.04.2000 № 23)
8. РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утверждена Госгортехнадзором России 26.06.2001)
9. РД-03-26-2007 «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» (утверждены приказом Ростехнадзора от 14.12.2007 № 859)
10. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утверждены Госгортехнадзором России 25.07.2000)
11. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности». Утв. Ростехнадзором 27.12.2013.
12. РД-13.020.00-КНТ-148-11 Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах (утв. ОАО «АК «Транснефть» 17.10.2011)
13. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».
14. СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром».
15. СТО Газпром 2-2.3-569-2011 Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа ОАО «Газпром».
16. РД 08-120-96. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. Утв. Госгортехнадзором России 12.07.96, Постановление № 29
17. ISO 17776 «Руководящие указания по выбору инструментов и методик для идентификации опасностей и оценки риска»
18. СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003 «Методические указания по проведению анализа риска при проектировании и эксплуатации опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»
19. ГОСТ Р 22.0.08-96: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения.
20. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения (принят постановлением Госстандарта РФ от 30 мая 2002 г. N 223-ст).
21. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах». Утв. ОАО «АК «Транснефть», пр. от 30.12.99 № 152, согл. Госгортехнадзором России 07.07.99 №10-03/418.
22. Анализ риска аварий на нефтепроводных системах БТС и МН «Дружба» / М.В. Лисанов, А.И. Гражданкин, А.В. Пчельников, А.В. Савина, С.И. Сумской // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 01. - С.34-40.
23. О расчете объемов разливов опасных жидкостей при авариях на объектах трубопроводного транспорта / С.И. Сумской, М.В. Лисанов, А.В. Пчельников // Безопасность труда в промышленности. – 2006. –№2. - С. 48-52.
24. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта / М.В. Лисанов, А.В. Савина, Д.В. Дегтярев, Е.А. Самусева // «Безопасность труда в промышленности». – 2010. – № 7.- С.16-22.
25. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности / М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина, Е.Л. Шанина и др. //Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 3. - С. 58–66.
26. Анализ риска аварий на магистральных трубопроводах при обосновании минимальных безопасных расстояний / А.В. Савина, С.И. Сумской, М.В. Лисанов // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 3. - С. 58–63.
27. Федеральный закон от 27.07.2010 № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте" (с изменениями и дополнениями)
28. Pipeline Risk Management. Manual Ideas, Techniques, and Resources. Third Edition, W. Kent Muhlbauer. Gulf Professional Publishing, 2004.



29. Концепция совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности с учетом необходимости стимулирования инновационной деятельности предприятий на период до 2020 года (одобрена Президиумом Правительства РФ 28 июля 2011 года)
30. ТР ТС 010/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности машин и оборудования. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 N 823 (ред. от 04.12.2012)
31. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы (НРБ-99/2009), утв. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47
32. СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 N 40
33. ПНАЭ Г-01-011-97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. (ОПБ-88/97), утв. Постановление Госатомнадзора РФ от 14.11.1997 N 9
34. ISO/IEC Guide 73:2002 – Управление риском. Словарь. Руководящие указания по использованию в стандартах
35. ISO 31000 «Рекомендации в отношении принципов управления факторами риска и их осуществление»
36. NORSOK Z-013 «Анализ риска и готовности к аварийным ситуациям»
37. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утверждена приказом МЧС России от 04.07.2009 № 404).
38. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
39. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска»;
40. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»
41. Сумской С.И., Ефремов К.В., Лисанов М.В., Софьин А.С. Сравнение результатов моделирования аварийных выбросов опасных веществ с фактами аварий. // Безопасность труда в промышленности.-2008.-№10.- С.38-46.;
42. Пантелеев В.А., Сумской С.И., Пчельников А.В. Развитие методов оценки риска на опасных производственных объектах. / Тезисы семинара «Об опыте декларирования промышленной безопасности и страхования ответственности», 14-15.10.03, Москва;
43. Лисанов М.В. О техническом регулировании и критериях приемлемого риска/ Безопасность труда в промышленности. - 2004. - №5
44. Можяев И.Л., Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С., Пчельников А.В., Белов П.Г. Основные принципы оценивания и нормирования приемлемого техногенного риска//Безопасность труда в промышленности. – 2004. – N08. - С.45-50.
45. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Количественная оценка риска аварий в декларациях промышленной безопасности опасных производственных объектов топливно-энергетического комплекса//Безопасность труда в промышленности. – 2005. – N1. - С.46-49
46. М.В. Лисанов Ошибки нормирования количественных критериев допустимого риска/Методы оценки соответствия. - 2009. - №9. - стр. 41-43
47. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
48. ГОСТ 12.1.010-76\* (СТ СЭВ 3517-81) Взрывобезопасность. Общие требования
49. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования
50. ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля
51. ПБ 12-609-03. Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы. (утв. пост. Госгортехнадзора России от 27.05.03 №40, зарег. Минюстом России 19.06.03 №4777)
52. Гражданкин А.И., Печеркин А.С. О влиянии «управления комплексным риском» на рост угроз техногенного характера//Безопасность труда в промышленности. – 2004. – N03. - С.38-42.
53. Теория управления. Терминология. Вып. 107. – М.: Наука. – 1988. – с. 56
54. S. Gadd, D. Keeley, H. Balmforth. Good practice and pitfalls in risk assessment. – Health & Safety Laboratory. – Research Report 151. – HSE Book. – 2003
55. Lauridsen, K.; Kozine, I.; Markert, F.; Amendola, A.; Christou, M.; Fiori, M., Assessment of uncertainties in risk analysis of chemical establishments. The ASSURANCE project. Final summary report. Ris0-R-1344(EN) (2002) 49 p. (<http://www.risoe.dk/rispubl/SYS/ris-r-1344.htm> )
56. Гражданкин А.И. Крупные промышленные аварии: из углепрома в постиндустрию// Безопасность труда в промышленности. – 8. – 2011. – с. 58-62
57. Health Effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. World Health Organization, 2006 ([http://www.who.int/ionizing\\_radiation/chernobyl/who\\_chernobyl\\_report\\_2006.pdf](http://www.who.int/ionizing_radiation/chernobyl/who_chernobyl_report_2006.pdf) )
58. <http://un.by/chernobyl/prs/05-09-05-01.html>
59. Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины. – Доклад Чернобыльского форума ООН, 2005 (<http://un.by/pdf/Chenobyl%20Legacy-Rus.pdf>)
60. Гордон Б.Г. Ядерная энергетика России: 20 лет без аварий// Бюллетень по атомной энергии. – 4. – 2006. – с.30-34.
61. Ulrich Beck: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp, Frankfurt a.M. 1986. ISBN 3-518-13326-8. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. Москва: Прогресс-Традиция, 2000.- 384 с.
62. Anthony Giddens. Fate, Risk and Security. In: A.Giddens. Modernity and Self-Identity: Self and Society in the Late Modern Age.Cambridge: Polity Press, 1991, p.109–143. Энтони Гидденс СУДЬБА, РИСК И БЕЗОПАСНОСТЬ (1991) - THESIS, 1994, вып. 5

63. Mary Douglas. Risk as a Forensic Resource. - RISK // Dædalus, Fall 1990, v.119, no.4., American Academy of Arts and Sciences Мэри Дуглас. РИСК КАК СУДЕБНЫЙ МЕХАНИЗМ. THESIS, 1994, вып.
64. Niklas Luhmann. Der Begriff Risiko. In: N.Luhmann. Soziologie des Risikos. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1991, S.9–40. Никлас Луман. ПОНЯТИЕ РИСКА (1991).- THESIS, 1994, вып. 5
65. Kates R.W. and Kasperson J.X. Comparative Risk Analysis of Technological Hazards// Proceedings of the National Academy of Science, 1983, v.80, p.7027–7038.
66. Гордон. Б.Г. О развитии атомной энергетики с позиции ее безопасности// Ядерная и радиационная безопасность. – №1. – 2006 г. – с.3-7.
67. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ "О техническом регулировании" // Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. № 52. Ст. 5140.
68. Жулина С.А., Лисанов М.В., Савина А.В. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах // Безопасность труда в промышленности - №1. - 2013
69. Council Directive 82/501/EEC of June 24 1982 on the major-accident hazards of certain industrial activities // Official Journal/ 1982/ L230.
70. Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances // Official Journal, 1997, L010, P. 0013 - 0033.
71. Лисанов М.В., Сумской С.И., Савина А.В., Самусева Е.А. Аварийность на морских нефтегазовых объектах. // Oil&Gas Journal Russia. – 2010 - № 5(39) – С.20-25
72. Самусева Е.А. Проблемы аварийных взрывов на морских нефтегазовых объектах. // Безопасность труда в промышленности. – 2011 - № 8 – С.69-73
73. Б. Пааске, М.В. Лисанов, Сафонов В.С., Петрулевич А.А. Российско-Норвежский проект «Баренц-2020»: гармонизация стандартов в области анализа риска. // Безопасность труда в промышленности. – 2011 - № 4 – С.11-15.
74. Methods for the calculation of physical effects CPR 14E. P. 2. Yellow Book. — 3-rd edn. — TNO, 2005.
75. 21. Взрывные явления. Оценка и последствия: в 2 кн./ У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн и др.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986.
76. Количественный анализ риска при обосновании взрывоустойчивости зданий и сооружений / Д.В. Дегтярев, М.В. Лисанов и др.// Безопасность труда в промышленности. — 2013. — № 6 – с. 82-89.
77. Программный комплекс по расчету последствий аварий ТОКСИ+Risk. URL: <http://safety.ru/software/toxi#risk> (дата обращения: 20.06.2013).
78. Lees F.P. Loss Prevention in the Process Industries. — 4-th edn. — Boston: Butterworth-Heinemann, 1996.
79. API RP 752. Управление рисками, связанными с расположением постоянных зданий технологической установки. URL: <http://www.api.org/environment-health-and-safety/process-safety/process-safety-standards/standard-rp-752> (дата обращения: 10.06.2013).
80. ГОСТ Р 54122-2010 «Безопасность машин и оборудования. Требования к обоснованию безопасности».
81. GS EP SAF 041. Общие технические условия. Промышленная безопасность. Методология оценки технологических рисков. Стандарт компании Тоталь. 2008 г.
82. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций НП-082-07.
83. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности атомных станций с реакторами на быстрых нейтронах" (НП-018-05).
84. О регулировании промышленной безопасности по количественным критериям допустимого риска/ М.В. Лисанов, Е.В. Ханин, С.И. Сумской // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 12. - С. 54–58.
85. Comparative Quantitative Risk Analysis of Motor Gasoline, LPG, and Anhydrous Ammonia as an Automotive Fuel// Quest Consultants Inc., Iowa State University
86. Заявление о политике "Применение вероятностного анализа безопасности действующих энергоблоков атомных станций" (рассмотрено и одобрено Коллегией Госатомнадзора РФ 27 апреля 1999 г.)
87. Руководство по безопасности "Основные рекомендации к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа ВВЭР" (РБ-044-09) (утв. МПР России, Ростехнадзором пр. от 20 июля 2009 г. N 640).