

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

А.А. Евдокимов, В.В. Кисс

**ВВЕДЕНИЕ
В ТЕОРИЮ РИСКА**

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

2015

УДК 658.382.3(075)

Евдокимов А.А., Кисс В.В. Введение в теорию риска: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 39 с.

Рассмотрены основные положения теории риска, даны рекомендации по снижению травматизма и т. д.

Предназначено для студентов всех специальностей всех форм обучения, а также слушателей ИДПО.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Т.В. Меледина

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Евдокимов А.А., Кисс В.В., 2015

Вместо предисловия

Каждому из нас приходилось впервые оценивать свои шансы, например, выиграть автомобиль, купив один лотерейный билет.

Изучив азы математики, мы теперь легко можем подсчитать, что из девяти известных цифр (при одинаковых условиях отбора) вероятность выпадения каждой – одна девятая. Если выигрышный номер состоит из шести цифр, и определение каждой из них из десяти возможных вариантов осуществляется в равных условиях, то вероятность случайного выпадения шестизначного номера купленного вами билета при розыгрыше автомобиля составит

$$(1/10)^6 = 10^{-6} \text{ (один шанс из миллиона),}$$

$$\text{а любого другого, соответственно,} - 1 - 10^{-6} = \mathbf{0,99999999}.$$

Понимая бесперспективность внезапной удачи, «знатоки математики» в подобных лотереях не участвуют.

Но жизнь и деятельность – не лотерея, где всё можно просчитать заранее. Во-первых, наша деятельность не ограничивается лотереями, авантюрами или спортивными соревнованиями. Довольно часто нам приходится рисковать жизнью и здоровьем родных и близких. А во-вторых, на результат нашей деятельности влияют не только случайность выбора и наша целеустремлённость, но и многие другие факторы, анализу влияния которых посвящена настоящая работа.

1. Как оценить собственную безопасность

Вся наша жизнь представляет собой планирование и реализацию каких-то событий. Мы планируем не только свою трудовую деятельность, но и досуг, включая поездки, закупки, питание, ночлег, общения, соревнования, игры и разрешение конфликтных ситуаций. Насколько полно и успешно суждено нашим планам реализоваться, зависит от того, все ли значимые факторы нами были учтены и насколько эффективны принятые нами защитные меры. Чтобы учесть все значимые факторы, целесообразно построить схему, учитывающую все варианты развития событий и ожидаемых результатов (дерево событий). Зная вероятность достижения результата на каждом из рассматриваемых этапов, можно рассчитать вероятность реализации всех возможных вариантов развития событий (ветвей дерева событий) и определить наиболее вероятный. Как это делают на практике?

Факторы, которые могут воспрепятствовать достижению желаемого результата, называют опасностями. Наши знания и жизненный опыт позволяют более или менее полно идентифицировать и количественно оценить каждую из опасностей.

Дисциплина безопасность жизнедеятельности (БЖД) рассматривает только те опасности, которые угрожают жизни и здоровью человека.

Уровень грозящей опасности определяется **интенсивностью воздействия**, однако, конечный результат такого воздействия зависит также и от физиологических характеристик воспринимающего объекта (пределов толерантности человека).

Для нормальной жизнедеятельности организма ему необходимы три условия:

- материальный поток (воздух, вода, одежда, кров, орудия труда);
- энергетический поток (обогрев и освещение жилища, транспорт, механизация трудоёмких работ);

- информационный поток (идентификация и оценка уровня опасностей, знание способов и средств защиты, умение их использовать).

Различают три уровня соотношения действующих потоков с пределами толерантности: оптимальный (комфортный), приемлемый (допустимый) и опасный (недопустимый при длительном воздействии).

В случае угрозы **физического** характера ***интенсивность воздействия*** определяется ***скоростью высвобождения энергии*** при её проявлении. Действительно,

- падение с высоты 5 м спиной на асфальт гарантирует летальный исход, а на батут – лишь лёгкий испуг;
- выпуск сжатого воздуха из газгольдера за долю секунды (взрыв) может привести к разрушению здания, а за несколько часов – может остаться незамеченным.

Опасности **химического** характера изучены наиболее полно. Классификация веществ по характеру и опасности воздействия на живой организм дана в ГОСТ 12.1.007 –99 [6]. Предельные значения концентраций веществ в воздухе, не представляющие опасности для человека, приведены в ГН 2.2.5.1313 – 2003 [7].

Уровень опасности **психофизического** воздействия в большей степени зависит от качественных характеристик действующего электромагнитного или акустического поля (частота, длина волны, интенсивность).

Сложнее дать оценку опасностей **биохимического** характера, результат действия которых в наибольшей степени ***зависит от состояния иммунной системы человека*** и её реакции на тот или иной штамм микромира и продукты его метаболизма (токсины).

Наличие опасностей – неотъемлемый признак жизнедеятельности. Обеспечить полную безопасность – невозможно.

Можно сократить номенклатуру и общий уровень опасностей, например, отказаться от использования электроэнергии (тогда опасность поражения людей электротоком была бы полностью исключена). Но при этом пришлось бы отказаться от важнейших благ цивилизации (электроосвещение, электроотопление, телефонная и факсимильная связь, телевидение, автоматическая стирка, мойка посуды, электроавтоматика, транспорт). Такой способ защиты от опасностей едва ли следует рассматривать всерьёз.

Другая сторона опасностей – вероятность их проявления. Вероятность пострадать от *природного катаклизма* можно оценить *только по статистическим данным*. Так, если известно, что в рассматриваемом регионе за последние 100 лет пострадали 2000 человек, то, вероятнее всего, в текущем году пострадают

$$2000/100=20 \text{ чел.}$$

Если при этом в указанном регионе проживают 200 тыс. чел., то вероятность оказаться пострадавшим для каждого из них можно оценить величиной

$$R = 20/200000 = 10^{-4}.$$

Если вы предполагаете находиться в указанном регионе не весь год, а только две недели, то риск пострадать от землетрясения именно для вас окажется

$$R^* = 10^{-4} \cdot 14/365 \approx 0,38 \cdot 10^{-5},$$

т.е. в 26 раз меньше, чем у местного жителя.

В указанном примере рассматривается *индивидуальный* риск, как *численное выражение вероятности проявления опасности* (в долях единицы).

В широком смысле слова *риск характеризует вероятность получения отрицательного результата* в случае *принятия определённой программы действий (выбор)*, пусть даже не связанного с угрозой жизни и здоровью субъекта: промахнуться в

тире, проиграть в шахматы, не сдать экзамен, опоздать на автобус. А вероятность достижения желаемого результата в рассматриваемой ситуации называют шансом, или надёжностью (**Н**). И риск, и надёжность никогда не бывают *полными*. Понимая, что результат может быть либо достигнут, либо нет (третьего варианта быть не может), всегда соблюдается тождество

$$R + H = 1. \quad (1)$$

Оценить вероятность реализации какого либо замысла несложно. Если нами учтены все значимые факторы (их число K), и надёжность каждого из них (H_i) нам известна, то вероятность реализации замысла (надёжность решения) можно рассчитать по формуле

$$H_{\Sigma} = \prod_{i=1}^K H_i. \quad (2)$$

Например, вы запланировали турпоход, включающий три значимых этапа: подъём на скалу высотой более 1000 м, глубоководное погружение и исследование знаменитой пещеры. Требуется оценить риск предстоящего турпохода, располагая следующей статистикой несчастных случаев за всё время наблюдений:

1) попытки подняться на скалу предприняли 200 человек, из них пострадал один;

2) глубоководное погружение предприняли 500 человек, из них пострадали два;

3) исследование пещеры предприняли 160 человек, из них пострадал один.

Определяем доли участников, успешно прошедших каждый из этапов.

Успешно завершили

- подъём на скалу – $H_1 = 199/200$;
- глубоководное погружение – $H_2 = 498/500$;
- спуск в пещеру – $H_3 = 159/160$.

Долю участников, которые могут успешно преодолеть весь маршрут, можно определить по формуле 2

$$H_{\Sigma} = (199/200) \cdot (498/500) \cdot (159/160) = 0,995 \cdot 0,996 \cdot 0,99375 = 0,984826125,$$

а риск пострадать во время похода

$$R = 1 - 0,984826125 = 0,015173875.$$

Если теперь сравнить риски на каждом из этапов:

$$R_1 = (1/200) = 0,005; R_2 = (2/500) = 0,004; R_3 = (1/160) = 0,00625,$$

то обнаружим, что $0,015173875 \approx 0,005 + 0,004 + 0,00625$, или

$$R \approx R_1 + R_2 + R_3. \quad (3)$$

Поэтому при определении суммарных значений рисков от различных опасностей, *когда величина каждого намного меньше единицы (более чем на порядок)*, с допустимой погрешностью можно пользоваться уравнением 3.

Например, при поездке из пункта А в пункт Д на трёх видах транспорта: самолётом до пункта Б ($P_1 = 10^{-5}$), далее поездом до пункта С ($P_2 = 10^{-4}$), а затем автобусом до пункта Д ($P_3 = 3 \cdot 10^{-4}$) – риск попасть в аварийную ситуацию можно оценить величиной

$$R_{\Sigma} \approx 10^{-5} + 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} \approx 0,00041.$$

Той же величиной можно оценить риск возвращения по тому же маршруту, а суммарный риск перемещения по замкнутому маршруту составит

$$R_{2\Sigma} \approx 0,00041 + 0,00041 = 0,00082.$$

Приведённый расчёт учитывает опасность только транспортных средств. Но безопасность круиза определяется не только этим. Чтобы оценить безопасность круиза более полно, необходимо оценить вероятность проявления и других видов опасностей природного (землетрясения, наводнения) и социального характера (отравление некачественной пищей, террористический акт).

2. Как оценить техногенный риск

При анализе опасностей, характеризующих техносферу, в общем случае следует рассматривать причины не только техногенного, но и экологического, и социального характера. Строго оценивая любую аварийную ситуацию, можно обнаружить человеческий фактор не только при ошибочных действиях оператора, но и как результат ошибок проектировщиков, изготовителей и монтажников оборудования, некачественно проведённой приёмки оборудования, строительных конструкций здания и систем жизнеобеспечения, а также происков конкурентов.

На современном промышленном предприятии, где технологические процессы полностью автоматизированы, а регламенты отработаны, роль операторов сводится только к контролю над работой автоматики. В таком случае ошибочность в действиях оператора и другие факторы социального характера, как причину аварии, с допустимой погрешностью можно исключить.

Проявление техногенных опасностей на современном высокотехнологичном предприятии, в основном, является следствием неисправности технических систем.

Нештатная (аварийная) ситуация возникает, как правило, только в случае ***отказа технической системы*** (машины, установки, линии, производства). При этом вероятность такого отказа (риск) можно определить заранее, если знать надёжность всех используемых её (системы) элементов.

Надёжность элементов технических систем определяется по результатам опыта его использования. Для ***нового оборудования***, выпускаемого небольшими партиями, проводятся предварительные испытания нескольких его образцов на специальном экспериментальном стенде. Эксплуатируются исследуемые образцы до полного их отказа. И данные об отказах используются, как

предварительные статистические сведения о надёжности. Состояние **серийно выпускаемого оборудования** контролируется заводом изготовителем уже в процессе его эксплуатации потребителем. Одной из форм такого контроля является **изучение статистики и причин рекламаций**.

Если из 20 тыс. изделий, выпущенных моторным заводом в 1990 году, первая рекламация была в связи с отказом в 1998 г., вторая в 2005, а третья в 2008, то риск (Р) отказа своих изделий в течение первые 8 лет завод оценивает величиной

$$R = 1/(8 \cdot 20000) = 0,00000625 \text{ или } (6,25 \cdot 10^{-6}),$$

$$\text{а надёжность} - H = 0,99999375.$$

В последующие 7 лет эксплуатации (от 8 до 15) риск отказа возрастает в 2 раза, а в следующие 3 (от 15 до 18) – в 3 раза. Соответствующим образом **снижается и его надёжность в связи с износом**. В качестве показателя надёжности потребителю продукции можно использовать сведения о гарантийном сроке эксплуатации изделия, при котором риск его отказа и компенсация ущерба предприятие изготовитель считает незначительным.

Простая техническая система представляет собой неразветвлённую цепочку её элементов. Отказ любого из элементов неизбежно вызывает отказ всей цепочки (по аналогии с неразветвлённой электрической цепью). Рассмотрим пример: техническая система – аммиачная холодильная установка. Простейшая исполнительная схема такой установки предусматривает использование компрессорного агрегата, конденсатора, испарителя и дроссельного вентиля. Не допускается эксплуатация установки без аппаратов, обеспечивающих безопасность: линейного ресивера (ёмкость с запасом жидкого аммиака), каплеотбойника, устанавливаемого между испарителем и компрессором, и маслоотделителя, устанавливаемого между компрессором и конденсатором [3]. Основные приборы контроля:

манометры, термометры, реле протока воды через рубашку компрессора, мановакууметр перед входом паров аммиака в компрессор, и насос-лубликатор с капельницами для контроля подачи смазки на трущиеся части компрессора. Надёжность элементов рассматриваемой установки предположительно оценивается так:

- компрессорного агрегата $H_1 = 0,99$,
- дроссельного вентиля $H_2 = 0,999$,
- конденсатора и испарителя $H_3 = 0,9999$.
- всё остальное оборудование (3 шт) характеризуется надёжностью $H_4 = 0,99999$.
- надёжность каждого из приборов (всего 10 шт.) можно оценить величиной $H_5 = 0,9999$.

С учётом приведённых исходных данных риск отказа простейшей аммиачной холодильной установки приближённо можно рассчитать по формуле 3

$$R_{\Sigma} = 1 - H_1 + 1 - H_2 + 2(1 - H_3) + 3(1 - H_4) + 10(1 - H_5) = \\ 0,01 + 0,001 + 0,0002 + 0,00003 + 0,001 = 0,01223.$$

Надёжность такой установки не превысит 0,98777 – весьма невысока!

Наибольшим риском отказа характеризуется компрессорный агрегат (0,99). Поэтому для увеличения надёжности установки важнее всего либо заменить его на более надёжное изделие, либо иметь второй аналогичный агрегат в резерве, чтобы использовать его в случае отказа первого.

В случае использования резерва, риск одновременного отказа двух компрессорных агрегатов составит

$$R_1^* = R_1 \cdot R_1 = 0,0001,$$

что резко снизит риск отказа установки $R_{\Sigma} = 0,00323$ и повысит её надёжность почти в 10 раз ($H_{\Sigma} = 0,99677$).

Дальнейшее повышение надёжности установки возможно как за счёт использования резервного дроссельного вентиля, так и за счёт сокращения числа КИП, обеспечивающих работу установки.

Риск одновременного отказа двух дроссельных вентилях составит

$$R_2^* = R_2 \cdot R_2 = 0,000001.$$

А сокращение числа КИП от 10 до 5 позволит снизить риск отказа одного из оставшихся приборов до

$$R_5^* = 5 \cdot 0,0001 = 0,0005.$$

В результате проведения намеченных мероприятий нам удастся снизить риск отказа аммиачной холодильной установки почти до

$$R_{\Sigma}^* \approx 0,0001 + 0,000001 + 0,0002 + 0,00003 + 0,0005 = 0,000831.$$

Надёжность усовершенствованной установки будет значительно выше $H_{\Sigma}^* \approx 0,999169$, и риск её отказа уменьшится почти в 100 раз.

Рассчитать ожидаемую надёжность усовершенствованной установки можно более точно с использованием уравнений 1 и 2. *Учащимся предлагается выполнить этот расчёт самостоятельно.*

3. Термины. Определения. Классификации [1]

Безопасность жизнедеятельности — наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека с техносферой. (Понятие «безопасность жизнедеятельности» формализовано впервые в России в 1990 г. решением Коллегии Государственного комитета СССР по народному образованию от 27 апреля 1990 г. № 8/3 «О мерах по созданию системы непрерывного образования в области безопасности жизнедеятельности».)

Цель БЖД — создание защиты человека в техносфере от внешних негативных воздействий антропогенного, техногенного и естественного происхождения. *Объектами* науки о БЖД являются человек, коллективы людей.

Предмет исследований в науке о БЖД — это опасности и их совокупности, действующие в системах «человек — источник опасности», а также методы и средства защиты от опасностей.

Современные научные и практические знания, используемые в БЖД, обычно направлены только на защиту человека от опасностей в техносфере. Это сужает круг знаний и компетенций специалиста, призванного решать задачи комплексного обеспечения БЖД человека в техносфере, поскольку обеспечение человека качественными природными ресурсами рассматривается в БЖД весьма ограниченно, так как входит в задачи специалистов по защите окружающей среды от негативного влияния техносферы. На современном этапе развития человеко- и природозащитной деятельности становится все более очевидным, что эти задачи следует рассматривать совместно как на научном, так и на практическом уровнях, создав учение о техносферной безопасности.

Техносферная безопасность — сфера научной и практической деятельности, направленная на создание и поддержание техносферного пространства в качественном состоянии, исключая его негативное влияние на человека и природу.

Отметим, что учение о **техносферной безопасности** представляет собой **систему научных знаний и практических мер, разработанных и применяемых для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека** в техносфере и защиты природной окружающей среды.

Переход к единой системе обеспечения человеко- и природозащитных мер в рамках понятия о **техносферной безопасности** логичен и оправдан, поскольку в БЖД и ЗОС источники негативного воздействия соответственно на человека и природу практически всегда неразделимы. Так, например, негативное влияние ТЭС, средств транспорта, промышленных предприятий и т.п. на человека и природные зоны происходит всегда одновременно. В этих случаях реальная ситуация защиты человека и природы от **техносферного воздействия** обычно сводится к решению задачи, показанной на рис. 6.

Очевидно, что при одновременном негативном воздействии источника опасности на селитебную и природную зоны позитивное решение по обеспечению БЖД следует искать в ослаблении его влияния на **техносферу**. При этом задачи ЗОС могут быть реализованы вследствие усовершенствования конструкции или требований к работе объекта с источником опасности с целью уменьшения его воздействия на **техносферу**.

Защита окружающей среды — комплекс научных и практических знаний, направленных на **сохранение качественного состояния биосферы** (природной среды).

Цель ЗОС – защита биосферы от негативного воздействия **техносферы**.

Опасность — это свойство человека и компонентов окружающей среды причинять ущерб живой и неживой материи. Опасности **техносферы** возникают при достижении существующими в ней внешними потоками вещества, энергии и (или) информации значений, превышающих способность к их восприятию любым

объектом защиты системы без нарушения его функциональной целостности, т.е. без причинения ущерба.

Применительно к БЖД: ***«Опасность – негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья или гибели».***

Применительно к ЗОС: ***«Опасность – негативное свойство систем материального мира, приводящая природу к деградации и разрушению».***

В определении понятия «опасность» формально отсутствует указание на необходимость совпадения координат и времени передачи опасных потоков от источника к объекту защиты. Но этого и не требуется, так как опасен весь материальный мир, окружающий человека, сообщества людей и т.п. Иными словами, *вероятность проявления опасности* по отношению к другим материальным объектам *существует всегда и везде*.

Источник опасности. К источникам опасности относятся компоненты биосферы и техносферы, космическое пространство, социальные и иные системы. Для каждого источника опасности характерно наличие уровня, зоны и продолжительности действия опасности. Для описания источника опасности с позиций его негативного влияния на человека и природу используют величину материальных отходов (выбросов, сбросов и отбросов), интенсивность энергетических излучений и его техногенный риск.

Безопасность объекта защиты. Это состояние объекта защиты, при котором внешнее воздействие на него потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды *не превышает максимально допустимых для объекта значений*.

Защита от опасностей. К этому понятию относятся способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека и природу. Защиту объекта от опасностей реализуют снижением негативного влияния источников опасности (сокращением значения техногенного риска и размеров опасных зон),

его выведением из опасной зоны, применением экобиозащитной техники и средств индивидуальной защиты.

Толерантность – это способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

Зона оптимума с точкой комфорта (точка максимума жизненного потенциала) и зоны **допустимых** значений фактора воздействия являются областью **нормальной жизнедеятельности**, а зоны с большими отклонениями фактора от оптимума называются **зонами угнетения**. Пределы толерантности по фактору воздействия совпадают со значениями минимума и максимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно (это — **зона гибели**).

Из рассмотренного следует, что изменяя потоки в среде обитания, можно получить ряд характерных видов воздействия потоков на человека:

— *комфортное* (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям воздействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и как следствие максимальной продуктивности деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

— *допустимое*, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека. Соблюдение условий допустимого воздействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания;

— *опасное*, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и (или) приводят к деградации среды обитания;

—*чрезвычайно опасное*, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в среде обитания. Гибель организма происходит при значениях фактора воздействия, лежащих вне зоны толерантности, ее можно рассматривать как процесс распада организма на простые системы.

По происхождению опасности среды обитания следовало бы разделить на *естественные* и *антропогенные*, полагая при этом, что ***естественные*** опасности обусловлены климатическими и иными природными явлениями и что возникают они при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также при стихийных явлениях, происходящих в биосфере (ураганы, наводнения, землетрясения, цунами, извержение вулкана).

Все остальные опасности следовало бы назвать *антропогенными*, поскольку человек, решая задачи повышения своего комфортного и материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.), генерируя в среде обитания иные многочисленные опасности.

В принципе опасности, вызванные действием машин и технологий, по своей сути антропогенны, поскольку их творцом является человек, однако, учитывая их многообразие, значимость и, как правило, обезличенность по отношению к их создателю, эти опасности в современном представлении выделяют в отдельную группу — *техногенные* опасности. Тогда на долю антропогенных остаются опасности социального характера, вызванные несанкционированными действиями людей, например, реализация некачественного продовольствия, угрозы, насилия, террористические акты.

По характеру действия на организм человека различают физические, химические, биохимические и психофизические опасности (см. ГОСТ 12.0.003 – 2003), а по уровню грозящих

последствий для жизни и здоровья людей: глобальная катастрофа, региональный катаклизм, локальная угроза.

Классифицировать опасности можно по различным признакам. Пример *системной классификации опасностей* приведён в приложении 7 (таблица 5).

Риск — *это численное выражение вероятности* реализации негативного воздействия за определенный период времени (например, за год).

Риск оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле

$$R = \frac{N_{\text{чс}}}{N_0},$$

где R — риск; $N_{\text{чс}}$ — число чрезвычайных событий в год; N_0 — общее число событий в год.

Для оценки вероятности реализации чрезвычайно опасных негативных воздействий на людей учитываются следующие виды риска:

- *индивидуальный риск* $R_{\text{и}}$, когда объектом защиты является человек;
- *социальный (коллективный) риск* $R_{\text{с}}$, когда объектом защиты является группа людей.

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации опасностей с воздействием на человека в конкретных ситуациях. Его определяют по формуле

$$R_{\text{и}} = T/C,$$

где T — численность погибших (пострадавших) за год от определенного фактора или совокупного воздействия различных факторов, например, при работе шахтером, испытателем и т. п.; C — численность людей, подверженных воздействию этих факторов за год.

Причины возникновения индивидуального риска многочисленны и разнообразны. Некоторые значения индивидуального риска приведены в приложении 6 (табл. 4), где величина риска отнесена к периоду времени, равному *одному году*.

Социальный (коллективный) риск характеризует негативное воздействие чрезвычайных опасностей на группы людей. Обычно его оценивают по формуле

$$R_c = \frac{\Delta P}{P},$$

где ΔP — численность погибших от ЧП одного вида в год; P — средняя численность лиц, проживающих или работающих на данной территории, подверженной влиянию ЧП.

Отметим, что в соответствии с классификацией чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера тяжесть последствий оценивается как локальная, если пострадало не более 10 человек и зона ее воздействия не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К источникам и факторам социального риска относятся:

- особо опасные объекты, технические средства, при функционировании которых возможно возникновение аварий;
- урбанизированные территории с неустойчивой ситуацией;
- эпидемии;
- стихийные бедствия.

Социальный риск R_c в зоне расположения опасного объекта зависит от величины техногенного риска R_T объекта и показателей количественного распределения людей, находящихся в зоне риска. Местами скопления людей обычно являются производственные и учебные помещения, учреждения, зоны отдыха и т.п.

Для оценки воздействия ЧП на природу используют понятие *экологического риска* ($R_{\text{э}}$). Его оценивают как отношение численности разрушенных природных объектов к общей чис-

ленности объектов на рассматриваемой территории в течение года. Экологический риск определяется по формуле

$$R_э = \frac{\Delta O}{O},$$

где ΔO — численность разрушенных природных объектов из их общего числа O в пределах рассматриваемого региона.

4. Концепция приемлемого риска [1, 2, 4]

По официальным данным Департамента условий и охраны труда Министерства труда России, жертвами несчастных случаев на производстве ежегодно становятся 150-200 тыс. человек. Из них 20 тыс. пожизненно остаются инвалидами, а 5 тыс. гибнут. Экономическая сторона этой проблемы выглядит не менее впечатляюще. Из-за низкого уровня дисциплины, из-за несоблюдения требований техники безопасности «вылетают в трубу» огромные средства. Только прямые потери, связанные с различными формами возмещения, восстановления разрушенного оборудования и т. д., составляют ежегодно около 4 млрд. рублей.

Традиционная техника безопасности базируется на категорическом императиве – обеспечить безопасность, не допустить никаких аварий. Как показывает практика, такая концепция не адекватна законам техносферы. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей, потому что обеспечить нулевой риск в действующих технических системах невозможно.

Ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности. Следовательно, можно сформулировать следующее заключение: любая деятельность потенциально опасна. Это утверждение имеет аксиоматический характер. Из этой аксиомы следует вывод: несмотря на предпринимаемые защитные меры, остаточный риск всегда сохраняется.

Невозможность достижения абсолютной производственной безопасности предполагает введение понятия социально приемлемый (допустимый) риск. Так называют состояние безопасности, которое достижимо по техническим и экономическим соображениям на современном этапе развития науки и техники. Приемлемый риск гибели человека в течение года для обычных условий принимается равным 10^{-6} , что соответствует риску гибели людей на Земле в течение года от природных опасностей. Так зависимость риска преждевременной смерти от годового дохода граждан чётко прослеживается при анализе статистических данных (см. приложение 1, рис. 1[2]), обобщённых для населения Великобритании и Канады. Такую зависимость (индивидуального риска преждевременной смерти $R_{и}$ от величины личного дохода D в \$ США/чел) можно описать уравнением

$$R_{и} = \frac{e^{-0,0001878D}}{85}. \quad (4)$$

В приложении 2, (табл. 1) приведены некоторые данные, характеризующие индивидуальный риск фатального исхода от различных факторов.

Для сравнения риска многие специалисты предлагают ввести экономический эквивалент человеческой жизни. Такой подход вызывает возражение: человеческая жизнь свята и финансовые сделки в этой области недопустимы. Однако на практике неизбежно возникает необходимость в такой оценке именно при организации безопасности людей, если вопрос ставится так: «Сколько надо израсходовать средств, чтобы спасти человеческую жизнь?». Некоторые оценки эффективности затрат на снижение риска смерти приведены в приложении 3 (табл. 2).

Зарубежные исследователи оценивают человеческую жизнь от 0.65 до 7,0 млн. долл. США. Следует отметить, что процедура определения риска весьма приблизительна. Можно выделить четыре методических подхода к определению риска.

1. Инженерный, опирающийся на статистику, расчет часов, вероятный анализ безопасности, построение деревьев опасности.

2. Модельный, основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы и т. п.

3. Экспертный, когда вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов-экспертов.

4. Социологический, основанный на опросе населения.

Перечисленные методы отражают разные аспекты риска, поэтому применять их необходимо в комплексе.

Восприятие общественностью риска и опасностей субъективно. Люди резко реагируют на события редкие, сопровождающиеся большим числом человеческих жертв. В то же время частые события, в результате которых погибают единицы или небольшие группы людей, не оказывают на них столь яркого впечатления. Ежедневно в стране на производстве погибают 40-50 человек, в целом от различных опасностей лишаются жизни 1000 человек в день. Но эти сведения меньше впечатляют, чем гибель 5 – 10 человек в одной аварии или каком-либо конфликте. Это необходимо иметь в виду при определении приемлемого риска. Субъективность в оценке риска подтверждает необходимость поиска приемов и методологий, лишенных этого недостатка. По мнению специалистов, использование риска в качестве оценки опасностей предпочтительнее, чем использование традиционных показателей. Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некий компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Характерные значения индивидуального риска гибели людей от естественных и техногенных факторов приведены в таблице 4 (приложение 6)

Прежде всего, нужно иметь в виду, что экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны.

При увеличении затрат на повышение безопасности работников промышленности технический риск снижается. Например, если предусмотреть запасной эвакуационный выход из шахты в случае обвала. Но затраты на снижение технического риска приходится компенсировать снижением затрат в социальную сферу. В этом случае либо ухудшается медицинская помощь, либо уменьшаются социальные выплаты малоимущим, либо усугубляется криминальная обстановка. Суммарный риск достигает минимума при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Проиллюстрировать эту тенденцию позволяет график зависимости рисков (техногенного, социального и суммарного) от доли вложения бюджетных средств, направляемых на снижение техногенного риска (см. приложение 8, рис. 3). Эту зависимость приходится учитывать при выборе уровня риска, с которым общество вынуждено мириться.

Продолжительность жизни и её качество тесно связаны с уровнем жизни населения, зависящим не только от годового дохода граждан, но и от бюджетных затрат на обеспечение безопасности в социальной сфере. Зависимость средней продолжительности жизни от величины валового внутреннего продукта приведена в приложении 4 (табл. 3), и приложении 5 (рис. 2).

В некоторых странах, например в Голландии, приемлемые риски установлены в законодательном порядке. Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели обычно считается 10^{-6} в год. Пренебрежимо малым считают индивидуальный риск гибели 10^{-8} в год.

Максимально приемлемым риском для экосистем считается тот, при котором может пострадать 5% видов биогеоценоза.

На самом деле приемлемые риски на 2 – 3 порядка «строже» фактических. Следовательно, введение приемлемых рисков является акцией, направленной на защиту человека.

5. Основные причины техногенных аварий и катастроф с позиции теории риска

С ростом уровня технического прогресса качество и надёжность элементов технических систем непрерывно повышается. При проектировании и строительстве потенциально опасных промышленных объектов допускается опасность крупной аварии не более чем 10^{-4} . Это означает, что вероятность разрушения объекта не превышает одного случая за 10 тысяч лет. Значит ли это, что строительство такого объекта не несёт практически никакой опасности?

Авария, например, на атомной – электростанции представляет опасность не только для жителей своего региона, но и для всего населения нашей планеты. Поэтому определённый на стадии проектирования риск аварии, равный 10^{-4} характеризует не всю атомную отрасль, а только один её объект. Риск аварии на одном из **ста** объектов атомной промышленности окажется в 100 раз больше ($\sim 10^{-2}$), т. е. вероятность такой аварии возрастает до одной за каждые сто лет. Именно этот уровень риска проявляется в конце 20-го начале 21 века. А как в этом случае можно определить **область использования уравнения 2 для оценки надёжности** промышленных объектов? В рассматриваемом случае в качестве технической системы следует рассматривать не один строящийся объект, а весь комплекс объектов, представляющих опасность для жителей, например, Европы.

Приведённый выше пример – не самая яркая иллюстрация. Попробуем оценить величину риска дорожно-транспортного происшествия (ДТП) в г. Москве, вследствие поломки автомобиля. Принимая риск отказа технической системы «автомобиль» $R_1 = 10^{-4}$, мы оцениваем вероятность поломки только этого автомобиля. А если мы примем во внимание одновременное присутствие на всех улицах и площадях Москвы ~ 10000 автомобилей, то станет понятно, почему

вероятность ДТП только в Москве и только по техническим причинам оценивается величиной $R_{\Sigma} \approx 1$.

Рассматривая приведённые примеры, *одной из основных причин техногенных аварий следует признать бесконтрольное наращивание числа опасных объектов* (как элементов одной технической системы).

Ответ на вопрос, как с этой причиной техногенных аварий бороться, содержится в самом её определении: *не допускать бесконтрольного наращивания числа опасных объектов*.

В первой главе для оценки надёжности технической системы H_{Σ} мы предложили формулу 2, в которой определяющее значение имеют величины надёжности её элементов (H_i)

$$H_{\Sigma} = \prod_{i=1}^K H_i.$$

Там же мы пояснили, как определить надёжность таких элементов, представляющих собой *новую продукцию* заводов, выпускаемую серийно. Но в процессе эксплуатации (и даже длительного хранения) любой элемент технической системы претерпевает какие-то изменения (усталость). Нарушается микроструктура материала из-за многократных механических деформаций, термических напряжений, химических и эрозионных воздействий. Эти изменения со временем накапливаются, снижая прочность изделия и его выносливость. Именно поэтому по истечение гарантированного срока безаварийной эксплуатации, обозначенном в паспорте изделия, вероятность его поломки возрастает в несколько раз (см. главу 2).

Если рассматриваемое изделие является элементом системы, представляющей собой объект повышенной опасности (грузоподъёмное устройство, аммиачный ресивер, паровой котёл), то снижение его прочности, как правило, обнаруживается в процессе испытаний при проведении *полного технического*

освидетельствования [3,5]. В противном случае поломка изделия и отказ технической системы произойдёт, вероятнее всего, неожиданно и в самый неподходящий момент. Чтобы исключить такую случайность, эксплуатировать оборудование по истечении гарантированного срока безаварийной службы не только не рекомендуется, но в ряде наиболее развитых стран запрещается. После пробега, гарантированного заводом изготовителем, изделие следует направлять на утилизацию, либо на экспертизу на предмет возможности использования его элементов (как практикует, например, фирма Renault).

Основной поток импортных автомобилей в Россию представляет собой изделия, бывшие в эксплуатации в течение 5 – 10 лет, для которых ресурс безаварийной службы частично или полностью исчерпан. По этой причине вероятность технической неисправности автомобиля в процессе использования (на трассе) резко возрастает.

На основании последних примеров можно сформулировать **вторую основную причину** техногенных аварий: **исчерпание ресурса безаварийной службы технической системы или её элементов.**

Что же мешает прекращать эксплуатацию оборудования, исчерпавшего ресурс? Желание избежать затрат на утилизацию и приобретение нового изделия, что весьма характерно для российских потребителей. При этом попытка избежать затрат для владельца, как правило, заканчивается плачевно: в результате аварии приходится оплачивать не только стоимость своего автомобиля, но и другого, который попал в ДТП не по своей вине.

Как не допускать эксплуатации оборудования исчерпавшего ресурс? Только строгим техническим контролем, реализуемым специальными службами, заинтересованными в оптимизации собственных расходов (КАСКО, ОСАГО).

Состояние предприятия, как и любой сложной системы, можно описать ***n***-мерным вектором в фазовом пространстве. Координатами

такого вектора являются параметры технологических процессов. Обычно удаётся указать нижнюю и верхнюю границы параметров, внутри которых процесс протекает устойчиво. Выход параметров за границы является признаком аварийной ситуации, то есть потерей устойчивости. Вернуть процесс в прежние границы теперь может только специальная *система аварийной защиты*.

Если это произошло, то аварийная ситуация считается локализованной. В противном случае объект переходит в новое устойчивое состояние — пораженное, которое характеризуется полной потерей контроля и управления. С этого момента объект сам становится источником поражающих факторов для окружающей среды. То есть возникает новый k – мерный вектор состояния объекта, координатами которого являются поражающие факторы: ударная волна, тепловое излучение, химическое заражение и т. п. Возможности управления этим вектором, как правило, ограничены и требуют привлечения значительных региональных сил и средств.

Собственно этот вектор и является источником ущерба, особенностью которого является практически полная неконтролируемость в реальном масштабе времени, причем с возрастанием времени от момента возникновения аварийной ситуации до перехода в пораженное состояние неопределенность увеличивается нелинейно.

Максимальный размер ущерба зависит от *уровня грозящей опасности* (глава 1), учитывающего количество энергии и вещества, запасенных в технологических процессах к моменту аварии.

Обширная статистика аварий и катастроф и исследование процессов, связанных с этими явлениями, позволяют достаточно надежно прогнозировать «сценарий» и максимально возможные последствия аварий.

Состояние и рабочая эффективность технических средств (систем предупреждения аварийных ситуаций), структурные

недостатки материалов и степень их соответствия требованиям, износ, коррозия и старение конструкций — все это является предметом исследования при выяснении возможных причин аварий и катастроф.

Однако не меньшее значение имеет человеческий фактор. Анализ статистических данных показывает, что свыше 60% аварий происходит из-за ошибок персонала. В настоящее время в мире заметно возрос удельный вес аварий, происходящих вследствие неправильных действий обслуживающего персонала. Чаще всего это происходит из-за недостатка профессионализма, а также неумения принимать оптимальные решения в сложной обстановке в условиях дефицита времени. При психологических перегрузках некоторые специалисты допускают неправильные действия, приводящие к непоправимым последствиям.

Мировой опыт показывает, что для предупреждения аварийных ситуаций необходим комплекс законодательных, экономических и технических мероприятий, который по существу представлял бы неформальную систему управления риском. Основой такой системы является законодательная инициатива по установлению приемлемого на сегодня уровня риска. Механизм реализации — эффективная налоговая и страховая политика, обеспечивающая экономическое стимулирование снижения уровня риска конкретного предприятия. Средствами, обеспечивающими требуемый уровень безопасности, являются технические устройства и мероприятия.

Необходимым элементом такой системы является институт государственной сертификации опасных производств по уровню безопасности, причем сертификат является основным документом для определения размера взноса предприятия в страховой фонд. Чем больше величина риска, тем больше и взнос в страховой фонд. Возмещение убытков из-за аварий ведется только через этот фонд. Он мог бы являться и источником финансирования крупных отраслевых программ по снижению уровня риска.

Приложения

Приложение 1 [2]

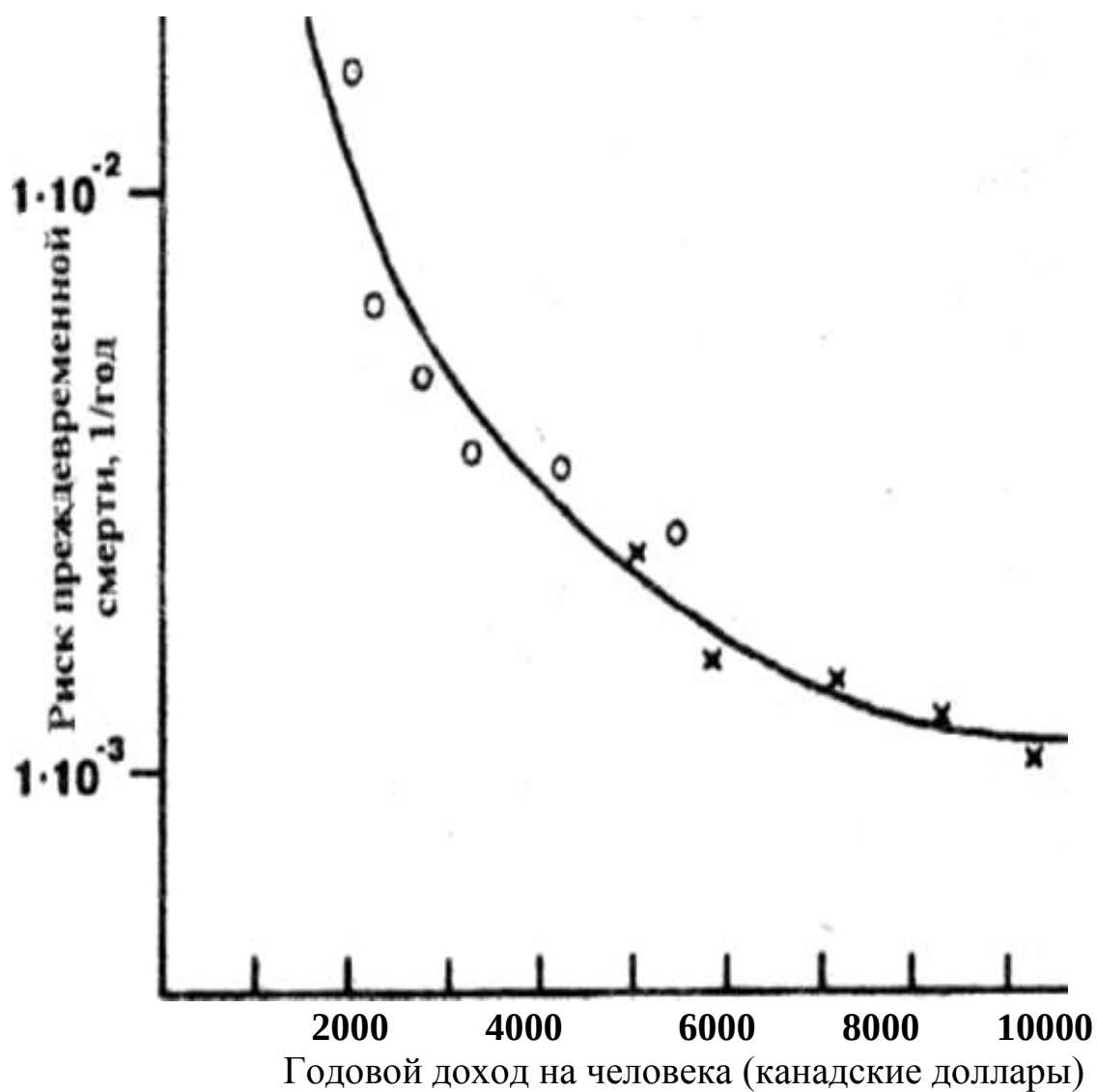


Рис. 1. Зависимость риска преждевременной смерти от уровня годового дохода:
О – Великобритания (только женщины);
Х – Канада (городское население)

**Индивидуальный риск фатального исхода за год,
обусловленный различными причинами (данные для всего
населения США)**

Причина	Степень риска
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$
Падение	$9 \cdot 10^{-5}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-3}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-3}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-3}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Железная дорога	$4 \cdot 10^{-7}$
Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Общий риск	$6 \cdot 10^{-4}$
Ядерная энергия	$2 \cdot 10^{-10}$

Приложение 3 [2]. Таблица 2

Предельная эффективность затрат на снижение техногенного риска

Технические системы (или меры) снижения техногенного риска	Число спасенных жизней на 1 млн. долл.
Контроль качества пищевых продуктов	30
Автомобильные привязные ремни безопасности	7
Запрет на употребление сахара	3
Надувные автомобильные мешки безопасности	2
Улавливание до 50% серы на угольной ТЭЦ (труба высотой 120 м)	0,4
Улавливание автомобильных выхлопных газов до 97% от 97 до 99%	0,1 0,02
Противопожарные меры в квартирах высотных зданий	0,03

Приложение 4 [1]. Таблица 3

Зависимость СПЖ от внутреннего валового продукта (ВВП)

Страна	Реальный ВВП на душу населения, тыс. долл. США в год	Затраты на медицинские услуги, долл. США/год	Средняя продолжительность жизни, лет
Япония	24,07	2244	80
США	29,01	4055	76,4
Швеция	19,76	—	78,5
Мексика	8,37	—	72,7
Колумбия	6,8	—	72,7
Россия	4,37	109	66,6
Нигерия	0,92	—	50,1
Руанда	0,66	—	40,5
Сьерра-Леоне	0,41	—	37,2

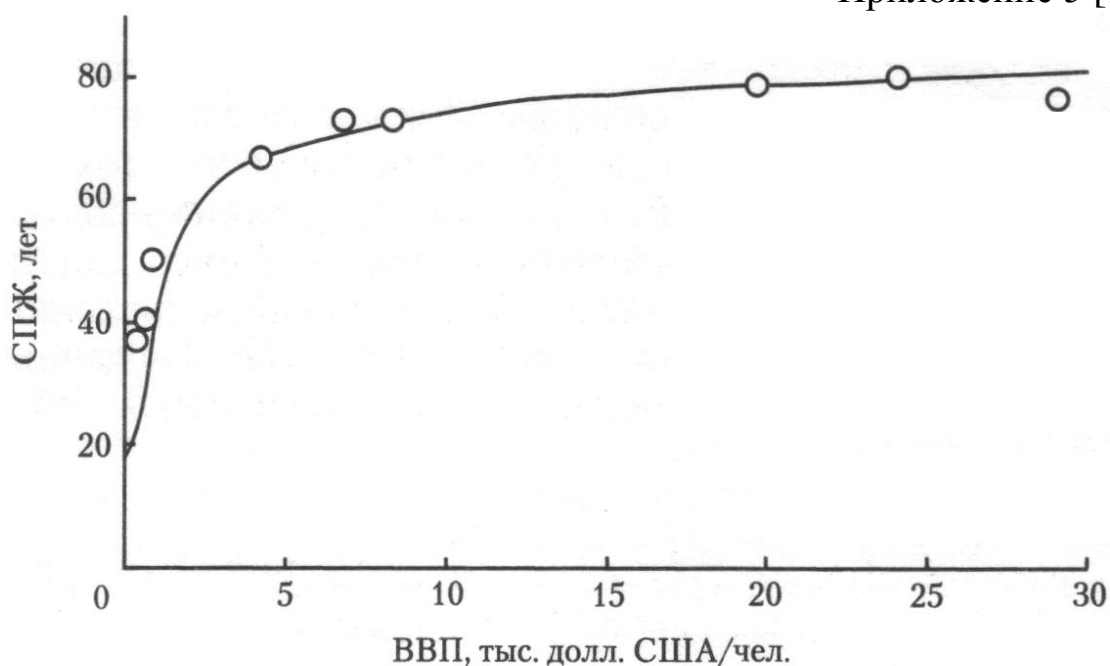


Рис. 2. Зависимость СПЖ от ВВП.

Экспериментальные значения представлены кружками,
теоретические данные – сплошной линией

**Характерные значения индивидуального риска гибели людей
от естественных и техногенных факторов**

Причина возникновения риска	$R_{и}$ чел/год	Общественная оценка риска
Сердечно – сосудистые заболевания	$3,4 \cdot 10^{-3}$	Зона неприем- лемого риска ($R > 10^{-3}$)
Злокачественные опухоли	$1,6 \cdot 10^{-3}$	
Автомобильные аварии	10^{-3}	
Несчастные случаи на производстве	$3 \cdot 10^{-4}$	Переходная зона ($10^{-6} < R < 10^{-3}$)
Аварии на железнодорожном, водном и воздушном транспорте; пожары и взрывы	10^{-5}	
Проживание вблизи ТЭС (при нормальном режиме работы)	10^{-6}	
Все стихийные бедствия, укусы насекомых	10^{-7}	Зона приемлемого риска ($R < 10^{-6}$)
Проживание вблизи АЭС (при нормальном режиме работы)	10^{-8}	

Классификация опасностей по различным признакам

Признаки классификации	Вид (класс)
<i>I группа</i> — свойства опасностей	
По происхождению	Естественные. Антропогенные. Техногенные
По видам потоков	Массовые. Энергетические. Информационные
По интенсивности потоков	Опасные. Чрезвычайно опасные
По длительности воздействия	Постоянные. Переменные, периодические. Импульсные, кратковременные
По виду зоны воздействия	Производственные. Бытовые. Городские (транспортные и др.). Зоны ЧС
По размерам зоны воздействия	Локальные. Региональные. Межрегиональные. Глобальные
По степени завершенности процесса воздействия	Потенциальные. Реальные. Реализованные
<i>II группа</i> — свойства объекта защиты	
По способности идентифицировать (различать) опасности	Различаемые. Неразличаемые.
По виду негативного влияния опасности	Вредные. Травмоопасные.
По численности лиц, подверженных опасному воздействию.	Индивидуальные. Групповые. Массовые.

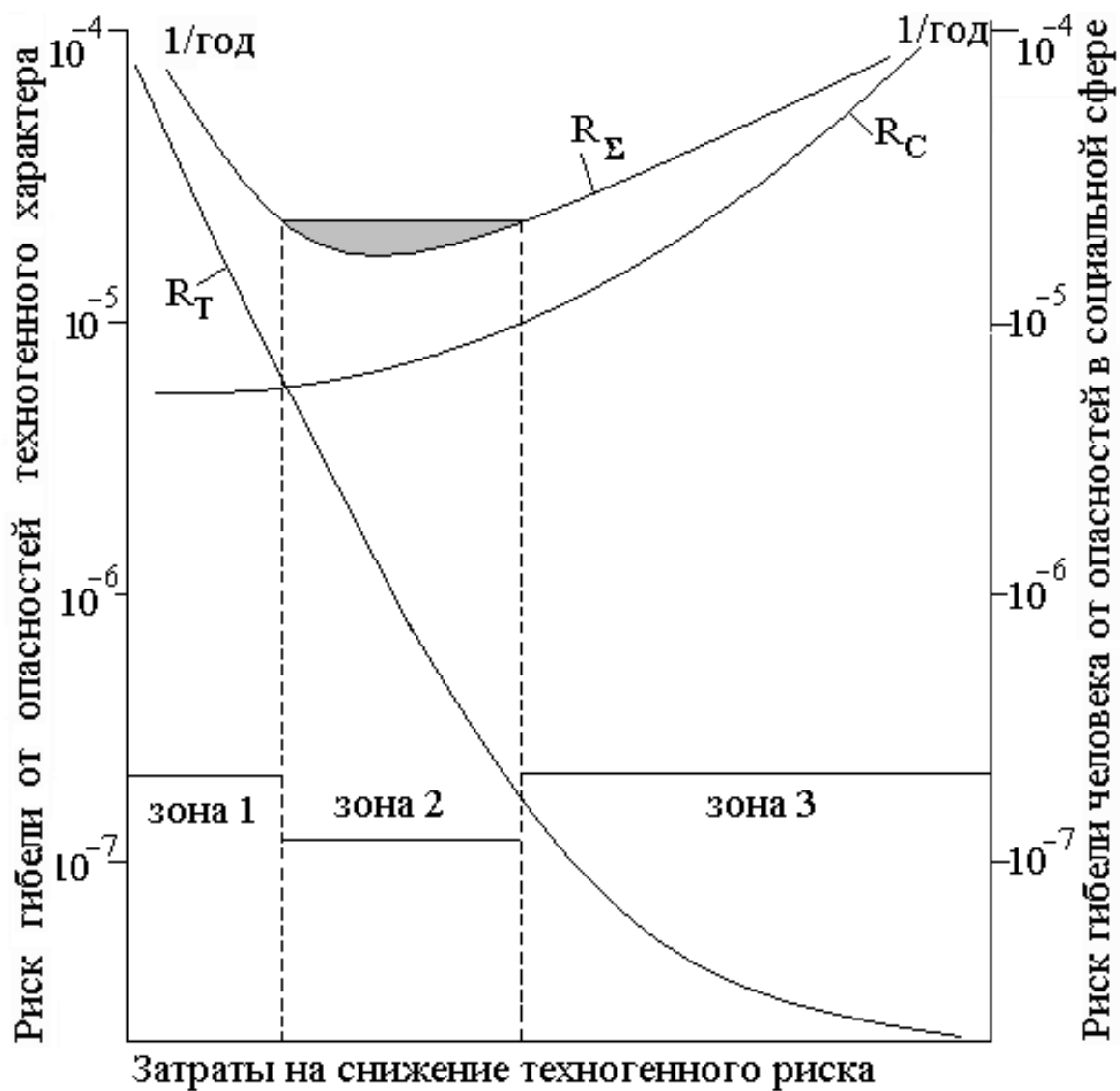


Рис. 3. Оптимизация материальных затрат на снижение риска.
В зоне 2 обеспечивается социально приемлемый
уровень риска, поэтому затраты на снижение
технического риска оптимальны

Список литературы

1. **Белов С.В.** Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): Учеб. для бакалавров / С.В. Белов. 3-е изд., испр. и доп. – М: ИД Юрайт, 2012. – 682 с. – Серия: Бакалавр.
2. Безопасность жизнедеятельности с основами экологии и охраны природы. В 2 ч. Ч. 1: Учеб. пособие / Под ред. Д.Б. Гелашвили. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1995. – С. 152.
3. Охрана труда на предприятиях потребителей и производителей холода / А.А. Евдокимов, А.Е. Кабанюк, А.М. Зайцев, В.В. Кисс: Конспект лекций. – СПб.: ЛТИХП, 1983. – 50 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов. 2-е изд. / Под ред. Л.А. Михайлова. – СПб.: Питер, 2012. – 461 с.
5. Средства защиты в машиностроении. Расчёт и проектирование: Справ. / Под ред. С.В. Белова. – М: Машиностроение, 1989. – 368 с.
6. ГОСТ 12.1.007–99. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд-во Стандартов, 2003.
7. ГН 2.2.5.1313–2003. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М., 2003.

Содержание

Вместо предисловия	3
1. Как оценить собственную безопасность.....	4
2. Как оценить техногенный риск.....	9
3. Термины. Определения. Классификации	13
4. Концепция приемлемого риска.....	20
5. Основные причины техногенных аварий и катастроф с позиции теории риска.	24
Приложения.....	29
Список литературы.....	35

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение;

машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются научно-теоретический журнал «Вестник Международной академии холода» и Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

www.ifmo.ru

ihbt.ifmo.ru

Евдокимов Александр Александрович
Кисс Валерий Вячеславович

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ РИСКА

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Титульный редактор
Т.В. Белянкина

Компьютерная верстка
Д.Е. Мышковский

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

*Печатается
в авторской редакции*

Подписано в печать 25.09.2015. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,33. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,25
Тираж 100 экз. Заказ № С 66

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9