

УДК 614.847

## Обоснование допустимого риска гибели людей при несчастных случаях

ХАРИСОВ Г. Х.

Наступление антропогенного риска на человека продолжается. Это выражается в увеличении числа людей, гибнущих при несчастных случаях. Авторы работы [1], оценивая повседневный риск гибели человека от несчастного случая  $10^{-4}$  в год, предлагают ограничить индивидуальный риск гибели человека, связанный с эксплуатацией АЭС,  $10^{-7}$  на человека в год. Под этим риском, как следует из статьи, понимается риск скорой смерти, т. е. когда между воздействием на человека опасного фактора и последующей в результате этого воздействия смертью проходит время, измеряемое секундами или днями. Риску скорой смерти противопоставляется риск отдаленной смерти, названный авторами социальным риском. Последний представляет собой величину, определяющую опасность ракового или генетического заболевания для всего населения, проживающего в районе АЭС, который не превышает 0,1% общей смертности от рака и генетических повреждений, вызванных другими причинами. В этом случае время между началом воздействия опасного фактора на человека и последующей смертью, которая вызвана заболеванием, индуцированным опасным фактором, измеряется десятилетиями. Предлагаемые критерии безопасности людей, если их рассматривать вне связи с другими враждебными человеческому духу и телу опасностями, окружающими его в любом месте и в любое время, безусловно являются гуманными. Основание для критики этих критериев, по крайней мере первого из них, возникает немедленно, как только начинается анализ способов и средств обеспечения этих критериев. В самом деле, авторы указывают, что сегодня расходы на безопасность поглощают в ядерной энергетике до 30% капитальных затрат на сооружение АЭС. Обеспечение критериев, предложенных авторами, видимо, существенно повысит процент капитальных затрат. В связи с этим возникает вопрос. Почему мне, рядовому гражданину, положим, живущему рядом с АЭС, авторы предложенных критериев хотят ограничить риск скорой смерти от аварии на АЭС  $10^{-7}$  в год и в то же время в буквальном смысле предоставляют в 1500 раз большую возможность погибнуть в дорожно-транспортном происшествии, в 300 раз — при пожаре, в 600 раз — утонуть, в 100 раз погибнуть от электричества в быту, в 2000 раз умереть от инфекционного заболевания, в 600 раз — от смертельного отравления недоброкачественными пищевыми продуктами и т. д. Какая польза или выгода мне лично, членам моей семьи и обществу в целом от того, что меня уберегут от смерти в ре-

зультате аварии на АЭС, а позволят погибнуть от одной из указанных причин? \* Этот вопрос базируется на все той же гуманистической концепции авторов, правильно считающих, что «...в конечном счете основой безопасности человека является здоровый процесс социального развития. Так что проблема обеспечения безопасности в наши дни — это не только научно-техническая, но и во все большей степени социально-экономическая проблема» [1]. Вопрос заключается в том, что ресурсы общества даже для защиты жизни людей не беспредельны. Фактически все ресурсы общества направлены на обеспечение безопасности людей, если под безопасностью понимать саму жизнь. Хорошее жилище, доброкачественные и разнообразные пищевые продукты, одежда, обучение, санитарно-эпидемиологические знания, медицина и т. п., разве это не безопасность людей? Если индивидуальный риск скорой смерти человека в результате аварии на АЭС увеличить, например, с  $10^{-7}$  до  $10^{-6}$  в год, а освободившиеся за счет этого десятки миллионов рублей направить на строительство пожарной части для обслуживания населения, бассейна для обучения детей плаванию, больницы, станции скорой помощи, подземного перехода через дорогу, которую мне приходится каждый день переходить по пути на работу на АЭС, и т. п., то суммарный риск моей гибели уменьшится, и я почувствую себя в большей безопасности, несмотря на то, что риск моей гибели в результате аварии на АЭС повысится в 10 раз. Население, живущее вокруг АЭС, будет

\* **Примечание редактора.** Во всем этом рассуждении, имеющем заметную эмоциональную окраску, автор допускает существенную ошибку. Он не различает риск, навязанный индивидууму государством извне, т. е. риск, не управляемый им («гражданин, живущий рядом с АЭС»), от риска, контролируемого индивидуумом или который он добровольно берет на себя (практически все упомянутые автором виды риска), и стало быть, в известной степени сам возлагает на себя ответственность за последствия. В последнем случае последствия могут быть компенсированы действующей демократической правовой мерой — добровольным страхованием жизни, тогда как в первом случае ввиду отсутствия действующего в нашей стране атомного права не компенсируются ничем. Это существенная разница, имеющая морально-этическое значение. Автор пренебрегает ею и здесь, и в нижеследующих рассуждениях (не говоря уже о различном психологическом восприятии индивидуумом различных видов риска). Учет или неучет этого фактора, т. е. наличие или отсутствие правовой защиты (страхования) населения от принудительного риска для него от АЭС, несомненно окажут влияние и на квантификацию приемлемого риска, который в таком случае выступает как экономико-правовая категория и поэтому должен регулироваться в том числе и демократически-правовыми мерами. Автор статьи этой важной стороной дела пренебрегает.

д-1

-6  
-6  
-6

1980,

работы  
ясно-  
редств  
чение  
на на-дерной  
э АЭСделен-  
остью.макси-  
видносред-  
анноготаком  
место

олучит

боль-  
имостиметим,  
оценкеак вся-  
завтра.астоян-  
ние неоторым  
дий ото ча-  
выбро-зволя-  
ь риск

28.08.89

ежегодно меньше хоронить людей, погибших от более вероятных несчастных случаев, а именно в этом и заключается повышение безопасности людей. Предложенный критерий допустимого индивидуального риска скорой смерти, равный  $10^{-7}$  на человека в год, отражает преждевременный гуманизм далекого будущего, не соответствующего современному состоянию социального, экономического и культурного уровня развития общества, так как не может быть в полной мере подкреплен экономически.

Критический анализ имеющихся концепций и подходов к безопасности ядерной энергетики и других сфер производственной и непроизводственной деятельности человека изложен в работе [2]. Считаем, что концептуальные основы и составные части метода экономического анализа безопасности людей, приведенные в этой работе, не потеряли своей актуальности за прошедшее время даже с учетом аварии на Чернобыльской АЭС. Важным представляется твердое убеждение авторов этой работы, что «основные санитарно-гигиенические нормы, ограничивающие техногенный риск для персонала и населения, должны быть едиными для всех отраслей народного хозяйства» [2]. Именно такой подход к безопасности людей отвечает здоровому процессу социального развития.

В работе [3] риск гибели людей при аварии на АЭС в Великобритании сравнивается, как это делалось неоднократно в 70-е и в начале 80-х годов, с риском повседневной гибели людей от несчастных случаев в быту и на производстве. Отмечается, что выбор между риском и выгодой, получаемой от источника риска, должна делать широкая общественность, а не специалисты. Здесь учитывается мнение авторов работы [4] — противников теории «приемлемого риска», которая в наиболее полном для того времени виде в популярной форме была изложена известным специалистом по безопасности людей Т. Клетцем в работе [5]. Авторы работы [4] отвергают теорию приемлемого риска, названную ими «совершенно недемократичной», и призывают правительство Великобритании, склоняющееся к принятию решения на основе этой теории, отказаться от нее. В работе [4] теория приемлемого риска аргументированно критикуется. Однако, как показал дальнейший ход событий, теория приемлемого риска оказалась уязвимой для критики не потому, что она была ошибочна, а потому, что была еще слабо развита. Авторы работы [4] задают резонный вопрос: «Для кого приемлем риск? С чьей точки зрения должен оцениваться риск — с точки зрения работодателя, потенциальных жертв этого риска, специалистов по безопасности, посредников, всего общества в целом или правительства? Каждая точка зрения определяет свои уровни приемлемости риска, которые значительно отличаются». Далее авторы затрагивают вопрос о профессиональных заболеваниях. Как их оце-

нивать, когда смерть наступает в отдаленном будущем. Ответом на критику послужила работа Т. Клетца [6], посвященная анализу и сравнению риска скорой и отдаленной смерти, индуцированной воздействием химических веществ и ионизирующего излучения. Автор делает вывод, что распределение ресурсов на борьбу с этими видами риска является величинами одного порядка.

Заместитель генерального директора Управления здравоохранения и безопасности Великобритании, разделяющий точку зрения теории приемлемого риска, страх населения, вызванный эксплуатацией АЭС, объясняет тем, что люди еще не привыкли к новому виду опасности. «Несомненно, порог неприемлемости несчастных случаев в ядерной энергетике намного ниже, чем, например, на железной дороге. Общество выработало чувство привязанности к железным дорогам, а к ядерной энергетике такого чувства еще нет, ... страх перед неизвестным играет свою роль» [7].

В нашей стране до последнего времени даже в научных кругах отстаивалась концепция абсолютной безопасности. Однако на Всесоюзной научно-практической конференции по проблемам охраны труда теорию приемлемого риска уже не критиковали [8], а подавляющее большинство работ изложено с позиций теории приемлемого риска. Тем не менее административно-управленческий аппарат различных ведомств придерживается концепции абсолютной безопасности. Об этом упоминается в работе [1]. Причина этого заключается в том, что, как пишут авторы работы [2], «этот критерий страшит от служебных неприятностей. По существу это критерий максимального благополучия и безопасности администратора, но не общества». Лишь бы на «моей» или «нашей» АЭС не погибли люди, а если ежегодно десятки людей погибают на автомобильных дорогах, прилегающих к АЭС, то они проходят по другому департаменту.\* Отсюда становится ясным, что проблему безопасности людей невозможно решить, не привлекая для этой цели широкой общественности. В развитых странах это поняли еще в 70-е годы. На первый взгляд абсурдно звучат слова из работы [3]: «...выбор между величиной риска и выгодой, получаемой от источника риска, должна делать широкая общественность, но не специалисты». Однако только на первый взгляд. Фактически же эти слова воплощают ключ к решению проблемы безопасности людей в обществе. Причем это мнение Управления здравоохранения и безопасности Великобритании, а не частная точка зрения отдельного автора. В нашей же стране «не развита система демократических процедур, позволяющих сбалансировать интересы различных

\* Примечание редактора. С учетом сделанного комментария такая позиция «администратора» представляется в нынешних правовых условиях оправданной и естественной, тогда как позиция авторов работы [2] не более как эмоциональной.

Таблица 1. Смертность в СССР [10]

Характеристика	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1985—1988 г.
Умерло от всех причин	2947068	2737351	2804785	2888753	11377957
В том числе:					
мужчин	1424395	1295525	1326462	1369579	5415961
женщин	1522673	1441826	1478323	1519174	5961996
Погибло при всех несчастных случаях *	313107	248114	249107	286836	1097164
В том числе:					
мужчин	236071	183264	183601	208269	811205
женщин	77036	64850	65506	78567	285959
Погибло при несчастных случаях на производстве	18725	16198	15337	14600	64860
В том числе:					
мужчин	17235	14931	14069	—	—
женщин	1490	1267	1268	—	—

\* В число несчастных случаев входят убийства и самоубийства

ведомств (не говоря уже об интересах тех или иных социальных групп!)» [1].

Накопившиеся к настоящему времени данные, подтверждающие правильность теории приемлемого риска, обобщены в Публикации 45 МКРЗ [9]. Здесь все виды несчастных случаев и профессиональных заболеваний сведены в единый индекс вреда, представляющий собой потери времени в годах здоровой жизни, отнесенные к 1000 чел.-лет работы. Однако и в этом докладе рассматриваются только проблемы оценки безопасности людей в различных отраслях промышленности, население в целом затрагивается только в связи с воздействием на него ионизирующего излучения. Между тем в развитых странах число людей, погибающих при несчастных случаях на производстве, составляет 2—6% погибающих при несчастных случаях. В табл. 1 представлены данные о смертности в нашей стране [10].

До сих пор ни в нашей стране, ни за рубежом не был выполнен анализ смертности людей не только в целом по стране, но даже по какому-нибудь статистически значимому региону. Между тем требования и рекомендации по безопасности людей множатся во всех развитых странах, и они содержат конкретные цифры, в большей степени отражающие магию круглых чисел, чем научное обоснование. Стандарт [11] требует, чтобы вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей (фактически вероятность гибели людей при пожарах) в любых зданиях и сооружениях не превышала  $10^{-6}$  в год в расчете на каждого человека. Однако за 1985—1988 гг. указанная вероятность на практике составляла в среднем  $33 \times 10^{-6}$  (табл. 2). Таким образом, на практике требование стандарта остается недостижимым. Главная причина такого несоответствия заключается в том, что стандарт, устанавливая допустимое

Таблица 2. Некоторые параметры смертности в СССР за 1985—1988 гг. (без различия пола)

Причина смерти	Средний возраст умершего, год	Стандартное отклонение, год	Доля умерших по этой причине	Вероятность умереть по этой причине за 1 год
Все болезни	65,49	22,72	0,899062	0,009081
Все несчастные случаи	41,26	20,88	0,100938	0,001019
В том числе пожары	40,97	27,52	0,003238	0,000033
Все причины	63,08 *	23,68	1,000000	0,010100

\* Средний возраст умершего от всех причин соответствует ожидаемой продолжительности жизни при рождении, составлявшей для указанного периода 69,60 года [10].

значение вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей, не учитывает стоимости повышения пожарной безопасности объекта с имеющегося уровня до требуемого. Гибель человека от опасных факторов пожаров является одной из возможных и, как показывает анализ, далеко не доминирующих причин смерти людей. Международная классификация болезней [12], принятая в нашей стране в 1981 г., насчитывает несколько тысяч причин смерти людей, сведенных в 999 укрупненных причин, 800 из которых учитывают болезни, 199 — несчастные случаи.

Воспользуемся единицей риска, введенной в работе [2] и равной  $2 \cdot 10^{-4}$  на 1 чел. в год. В этой работе, Публикации 37 МКРЗ, зарубежных источниках понятие цены единицы риска представляет некоторую долю экономического эквивалента человеческой жизни. Однако цену единицы риска можно интерпретировать и как затраты, необ-

ходимые для снижения риска гибели человека от конкретной причины на единицу риска. В работе [2] указаны четыре значения цены единицы риска для нашей страны: 6, 7, 20, 200 руб. Добавим к ним еще одно значение — 54 руб., вычисленное на основании работы [13]. Тогда средняя цена риска составит 57 руб.

Как следует из табл. 2, вероятность погибнуть при пожаре за 1 год равна 0,000033, от любого несчастного случая — 0,001019. Применим требование стандарта [11] в части допустимого риска гибели людей при пожарах не только к пожарам как причине смерти людей, но и ко всем остальным несчастным случаям. Основанием для этого является то, что средний возраст погибших при несчастных случаях колеблется около 41 года, и поэтому нет оснований предпочитать одну причину смерти другой. Если же иметь в виду точку зрения авторов работы [1], что «в конечном счете основой безопасности человека является здоровый процесс социального развития», то экстраполяция указанного требования стандарта на все причины смерти людей при несчастных случаях имеет безусловное оправдание. Таким образом, если риск гибели людей при пожарах в соответствии со стандартом необходимо снизить с  $33 \cdot 10^{-6}$  до  $10^{-6}$ , то в предположении пропорциональности снижения риска гибели людей от всех несчастных случаев должен быть уменьшен до  $0,001019 \times 10^{-6} : 33 \cdot 10^{-6} = 31 \cdot 10^{-6}$ . Снижение риска в этом случае составит  $0,001019 - 0,000031 = 0,000988$ . Теперь можно вычислить цену снижения риска гибели человека от всех несчастных случаев за 1 год, принимая во внимание цену единицы риска  $2 \cdot 10^{-4}$  равной 57 руб.:  $57 \cdot 0,000988 : 0,0002 = 282$  руб./чел. В масштабе страны при современной численности населения  $287 \cdot 10^6$  чел. затраты на снижение риска гибели людей от несчастных случаев составят  $282 \cdot 287 \cdot 10^6 = 81 \cdot 10^9$  руб. в год, в том числе на уменьшение риска гибели людей при пожарах  $57 \cdot (0,000033 - 0,000001) \cdot 287 \times 10^6 : 0,0002 = 2,6 \cdot 10^9$  руб. в год. Теперь становится ясным, почему требование стандарта значительно отличается от реальности, — оно по существу не обеспечивается экономически, так как является преждевременным и не соответствующим современному экономическому, социальному и культурному уровню развития страны.

Для обоснования реально приемлемого уровня безопасности людей от несчастных случаев, связанных с риском скорой смерти, в том числе от пожаров, в Высшей инженерной пожарно-технической школе МВД СССР разработана модель адекватного риска смерти (МАРС). В ее основу положены следующие требования, ограничения и допущения:

средний возраст умершего человека должен быть максимальным в рамках тех средств, которые выделяются на здравоохранение и безопасность людей в быту и на производстве (т. е. допу-

стимый индивидуальный риск смерти человека от любой причины должен адекватно отражать социальный, экономический и культурный уровень развития общества в конкретно исторический момент времени);

смерть человека считается преждевременной, если она происходит в возрасте меньше планируемого достигнутого среднего статистического возраста умершего  $T_c$ ;

в качестве единого индекса оценки человеческой жизни рассматриваются прожитые или предстоящие прожить чел.-годы;

смерть человека рассматривается как событие отдаленное, независимо от его возраста, а причина смерти неопределенна, независимо от состояния его здоровья;

никакая причина смерти не рассматривается человеком как предпочтительная перед другой причиной смерти;

человек, преждевременная смерть которого предотвращена за счет вложения средств в здравоохранение и безопасность в быту и на производстве, с вероятностью 1 доживает до планируемого достигнутого среднего статистического возраста умершего  $T_c$ ;

убийства и самоубийства рассматриваются как частные случаи причины смерти, поддающиеся контролю, как и другие несчастные случаи;

отдача от вложений средств в здравоохранение и безопасность людей в быту и на производстве носит изотропный характер (т. е. единица средств приводит к предотвращению потери одного и того же числа человеко-лет жизни независимо от того, в какую сферу она вложена).

Основой модели является функционал

$$\sum_{k_G} \left( P_i \int_0^{\infty} t_{if}(t_i) dt \right) + \sum_{k_H} \left( P_j \int_0^{\infty} t_{jf}(t_j) dt \xrightarrow{\max} T_c \right) \quad (1)$$

при условии его нормировки

$$\sum_{k_G} P_i + \sum_{k_H} P_j = 1, \quad (2)$$

где  $P_i$ ,  $P_j$  — доля умерших от  $i$ -й болезни или  $j$ -го несчастного случая;  $f(t_i)$ ,  $f(t_j)$  — плотность распределения вероятности возраста  $t_i$ ,  $t_j$  умерших от  $i$ -й болезни или  $j$ -го несчастного случая;  $k_G$ ,  $k_H$  — число наименований болезни и несчастного случая;  $T_c$  — средний статистический возраст умершего человека с учетом всех причин смерти, год.

Условие нормировки (2) означает смертность всех людей. Вопрос состоит не в том, что человек умрет (это неизбежно), а в том, в каком возрасте это произойдет. Численное значение функционала (1) есть математическое ожидание статистического возраста умершего человека с учетом всех причин смерти. По статистическим данным за 1985—1988 гг. (см. табл. 1) вычислены фактические зна-

чения  $P_i, P_j, t_i, t_j$  и установлено, что две последние величины, будучи случайными, могут быть аппроксимированы при различном уровне значимости (от 0,900 до 0,002) распределением Вейбулла — Гнеденко. Далее функционал (1) был переложен на машинный язык с использованием специально разработанной программы\*. Главная цель МАРС заключается в том, чтобы вычислить максимально возможную в конкретных условиях вероятность преждевременной смерти людей от болезней и их гибели от несчастных случаев при ограниченных ресурсах общества, имея в виду воплотить в жизнь «здоровый процесс социального развития» [1]. Кроме того, МАРС позволяет вычислять с учетом ограничений и допущений оптимальную долю дополнительных расходов на здравоохранение и безопасность людей в быту и на производстве. Аналитическое выражение, используемое для этой цели, выглядит так:

$$Q_{ij} = \frac{P_{ij} (T_c - \int_0^{\infty} t_{ij} f(t_{ij}) dt)}{\sum_{i=1}^{i=16} [P_i (T_c - \int_0^{\infty} t_i f(t_i) dt)] + \sum_{j=17}^{j=31} [P_j (T_c - \int_0^{\infty} t_j f(t_j) dt)]} \quad (3)$$

где  $Q_{ij}$  — доля дополнительных расходов на предотвращение преждевременной смерти людей от  $i$ -й болезни или  $j$ -го несчастного случая.

Числитель формулы (3) представляет собой число лет, недоживаемых среднестатистическим человеком до  $T_c$  по  $i$ -й или  $j$ -й причине. Первое слагаемое знаменателя есть число лет, недоживаемых до  $T_c$  среднестатистическим человеком, умирающим от болезней, второе — от несчастных случаев. Для различных значений  $T_c$  эти слагаемые различны. В частности, для  $T_c = 64,08$ ,

$$68,08, 74,04 \sum_{i=1}^{i=16} = 4,259979, 5,627215, 7,664398, \sum_{j=17}^{j=31} = 2,301810, 2,705577, 3,307142 \text{ соответственно.}$$

Например, для причины 1 (табл. 3)  $Q_1 = 0,021238 (64,08 - 25,27) / (4,259979 + 2,301810) = 0,125613$ .

**Интерпретация результатов.** Результаты вычислений с использованием МАРС приведены в табл. 2 и 3. Интегралы в функционале (1) представляют собой средний возраст людей, умерших (погибших) от конкретных причин. Их значения представлены в колонке 2 табл. 3. Сумма чисел колонки 3 есть условие нормировки (2). Произведение чисел второй и третьей колонок с их последующим суммированием от 1 до 31, т. е. реализация функционала (1), дает средний статистический возраст  $T_c$  умершего человека с учетом всех причин:  $T_c = 25,27 \cdot 0,021238 + 62,27 \cdot 0,156625 + \dots$

\* В разработке программы для вычислений на ЭВМ принимал участие Р. Е. Сергеев.

$\dots + 44,23 \cdot 0,005100 = 63,08$  года. Числа в колонках 2 и 3 являются отражением социального, экономического и культурного уровня развития страны, а также средств, выделявшихся на здравоохранение и безопасность людей в эти годы. Строго говоря, смертность, наблюдаемая в некоторый момент времени, отражает не только условия жизни людей в это время, но и в значительной степени несет на себе печать прошлого [14]. Доля умерших, приведенная в колонке 3, а также 4, 5, 6, с математической точки зрения представляет условную вероятность умереть от конкретной причины при условии, что человек умрет от любой причины. Вероятность того, что любой человек умрет в течение года от любой из причин, вычислена, приведена в табл. 2 и равна 0,010100. В демографии это число называется коэффициентом смертности [10]. Так, условная вероятность того, что человек погибнет при пожаре (причина 25), равна 0,003238, тогда безусловная вероятность того, что любой человек погибнет в течение года при пожаре, равна  $0,003238 \cdot 0,010100 = 0,000033$  (напомним, что стандарт [11] требует, чтобы это значение не превышало  $10^{-6}$ ). Таким образом, умножая любое число в колонках 3—6 на 0,010100, можно вычислить вероятность того, что любой человек в течение года умрет (погибнет) от конкретной причины.

Поставим своей целью повысить  $T_c$  с 63,08 до 64,08 года (по оценке с использованием единицы риска и цены риска на это потребуется дополнительно вложить в здравоохранение и безопасность людей в быту и на производстве  $(20-30) \times 10^9$  руб./год). Функционал (1) в данном случае приравняется к  $T_c = 64,08$  года, и машина вычисляет максимальную долю умерших от конкретных причин, при которых достигается  $T_c = 64,08$  года. Таким образом были получены результаты для  $T_c$  от 64,08 до 74,04 года с интервалом в 1 год. В колонках 4, 5, 6 приведена максимальная доля умерших для трех значений  $T_c$ . Функционал (1) сверху ограничили  $T_c = 74,04$  года потому, что более половины людей умирает в таком возрасте (причина 7). Это вселяет надежду на то, что, уберегая людей от других причин смерти в возрасте намного ниже 74,04 года, можно увеличить  $T_c$ . Ориентироваться на более высокое значение  $T_c = 85,32$  года (причина 16) нет смысла. Хотя это и самое высокое зафиксированное значение  $T_c$ , умирает от этой причины всего 0,0505% людей. Здесь, видимо, мы имеем дело с долгожителями, а ориентировать систему здравоохранения и обеспечения безопасности людей в целях превращения всей массы населения в долгожителей было бы преждевременным. Заметим, что сумма долей умерших от всех причин в колонке 4 равна 0,932525, а не 1. МАРС предполагает, что в результате вложения средств доля людей 1 — 0,932525 = 0,067475 спасена от безвременной кончины и что они умрут в возрасте

Таблица 3. Результаты моделирования функционала (1) по статистическим данным СССР за 1985—1988 гг. (без различия пола)

№ п/п *	Средний возраст умершего по этой причине, год, $\int_0^{\infty} t f(t) dt$	Доля умерших по этой причине ** $P_i, P_j$	Максимальная доля умерших от причины, при которой достигается средний возраст умершего $T_c$ , год:			Доля дополнительных расходов, при которой достигается средний возраст умершего $T_c$ , год:			Параметры распределения Вейбулла—Гнеденко		
			64,08	68,08	74,04	64,08	68,08	74,04	A	B	C
1	25,27	0,021238	0,018001	0,008494	0,000022	0,125613	0,109111	0,094406	24,23	0,91	0
2	62,27	0,156625	0,132756	0,062644	0,000165	0,043203	0,109206	0,168023	67,82	5,00	0
3	56,29	0,004942	0,004189	0,001977	0,000005	0,005867	0,006992	0,007995	63,28	2,74	0
4	40,89	0,001032	0,000875	0,000413	0,000001	0,003647	0,003367	0,003118	45,21	1,48	0
5	48,77	0,002235	0,001894	0,000894	0,000002	0,005215	0,005179	0,005148	54,88	2,64	0
6	33,59	0,007446	0,006311	0,002978	0,000008	0,034599	0,030820	0,027452	36,50	1,32	0
7	74,04	0,556748	0,556748	0,556748	0,556748	0,000000	0,000000	0,000000	79,30	6,75	0
8	49,90	0,082844	0,070219	0,033134	0,000087	0,179025	0,180744	0,182276	55,28	1,50	0
9	59,86	0,028918	0,024511	0,011566	0,000030	0,018598	0,028527	0,037375	66,57	3,46	0
10	59,13	0,010853	0,009199	0,004341	0,000011	0,008187	0,011657	0,014749	65,88	3,34	0
11	30,21	0,000892	0,000756	0,000357	0,000001	0,004604	0,004054	0,003563	17,17	2,30	15
12	49,99	0,000653	0,000553	0,000261	0,000001	0,001402	0,001418	0,001431	56,42	2,31	0
13	51,62	0,001228	0,001041	0,000491	0,000001	0,002332	0,002426	0,002509	58,03	2,72	0
14	4,91	0,009012	0,007639	0,003604	0,000009	0,081264	0,068319	0,056783	2,01	0,45	0
15	0,00	0,013891	0,011774	0,005556	0,000015	0,135654	0,113491	0,093742	0,00	0,00	0
16	85,32	0,000505	0,000505	0,000505	0,000505	0,000000	0,000000	0,000000	27,61	4,90	60
17	44,08	0,035010	0,029675	0,014003	0,000037	0,106709	0,100836	0,095602	49,69	2,48	0
18	35,69	0,006532	0,005537	0,002613	0,000007	0,028261	0,025390	0,022832	40,30	2,24	0
19	39,74	0,007702	0,006528	0,003080	0,000008	0,028569	0,026195	0,024079	44,76	1,87	0
20	43,31	0,003339	0,002830	0,001335	0,000004	0,010569	0,009926	0,009352	48,90	2,24	0
21	46,84	0,007576	0,006421	0,003030	0,000008	0,019905	0,019311	0,018782	51,29	4,56	0
22	42,60	0,006646	0,005633	0,002658	0,000007	0,021756	0,020322	0,019045	48,06	1,98	0
23	41,66	0,000235	0,000199	0,000094	0,000000	0,000803	0,000745	0,000694	46,86	1,80	0
24	51,18	0,003831	0,003247	0,001532	0,000004	0,007531	0,007770	0,007982	57,78	2,06	0
25	40,97	0,003238	0,002745	0,001295	0,000003	0,011404	0,010535	0,009760	45,45	1,52	0
26	29,65	0,007605	0,006446	0,003042	0,000008	0,039904	0,035074	0,030769	32,70	1,44	0
27	27,92	0,002837	0,002405	0,001135	0,000003	0,015634	0,013673	0,011926	28,85	1,09	0
28	28,24	0,000208	0,000176	0,000083	0,000000	0,001136	0,000994	0,000868	31,74	1,78	0
29	30,88	0,001328	0,001126	0,000531	0,000001	0,006719	0,005929	0,005224	34,58	1,68	0
30	39,54	0,009750	0,008264	0,003900	0,000010	0,036463	0,033394	0,030659	44,43	1,78	0
31	44,23	0,005100	0,004323	0,002040	0,000005	0,015428	0,014597	0,013857	49,88	2,44	0
Итого (1—31)		1,000000	0,932525	0,734333	0,557719	1,000000	1,000000	1,000000	70,74	2,90	0
Итого (1—16)		0,899062	0,846971	0,693962	0,557613	0,649210	0,675311	0,698571	73,17	3,16	0
Итого (17—31)		0,100938	0,085554	0,040371	0,000106	0,350790	0,324689	0,301429	46,58	2,07	0

\* Причина смерти зашифрована порядковым номером от 1 до 31, который приведен в приложении к табл. 3.

\*\* Итоговой доле 1,000000 соответствует средний статистический возраст умершего  $T_c = 63,08$  года и ожидаемая продолжительность жизни при рождении 69,60 года.

Причины (1—16) — болезни, причины (17—31) — несчастные случаи.

Приложение. Причины смерти людей (в соответствии с краткой номенклатурой причин смерти, разработанной Госкомстатом в 1981 г. на основе работы [12])

- Инфекционные и паразитарные заболевания.
- Новообразования (все виды)
- Болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ
- Болезни крови и кроветворных органов
- Психические расстройства
- Болезни нервной системы и органов чувств
- Болезни системы кровообращения
- Болезни органов дыхания
- Болезни органов пищеварения
- Болезни мочеполовой системы
- Осложнения беременности, родов и послеродового периода
- Болезни кожи и подкожной клетчатки
- Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани
- Врожденные аномалии (пороки развития)
- Состояния, возникающие в перинатальном периоде
- Старость без упоминания о психозе
- Производственные несчастные случаи, самоубийства, убийства, предусмотренные законом вмешательств, не точно обозначенные и неизвестные причины смерти
- Несчастные случаи, связанные с мототранспортом, исключая производственные
- Несчастные случаи, связанные с мототранспортом на общественной дороге при его столкновении или наезде на пешехода
- Несчастные случаи, связанные с другими транспортными средствами, исключая производственные
- Случайные отравления алкоголем, исключая производственные
- Прочие случайные отравления, исключая производственные
- Несчастные случаи во время лечения, а также вызванные ненормальной реакцией организма
- Случайные падения, исключая производственные
- Несчастные случаи, вызванные огнем и пламенем, исключая производственные
- Случайное утопление и погружение в воду, исключая производственные причины
- Случайное механическое душение, закупорка дыхательных путей, попадание инородного тела в другое естественное отверстие организма, исключая производственные причины
- Несчастные случаи, вызванные огнестрельным оружием, исключая производственные
- Несчастные случаи, вызванные электрическим током, исключая производственные
- Все другие несчастные случаи, исключая производственные
- Повреждения без уточнения случайного или преднамеренного характера

не менее  $T_c = 64,08$  года, другая же доля  $0,932525$  будет продолжать умирать и погибать при несчастных случаях, как и раньше, в возрасте, указанном в колонке 2. Таким образом, условие нормировки (2) соблюдается и в этом случае:  $0,932525 + 0,067475 = 1$ . Для конкретной причины, например 25, от гибели при пожаре будет спасена доля  $0,003238 - 0,002745 = 0,000493$ , которая будет умирать в возрасте не менее  $T_c = 64,08$  года, а оставшаяся доля  $0,002745$  будет продолжать погибать, как и раньше, в среднем возрасте  $40,97$  года.

МАРС не позволяет вычислять сумму ресурсов и средств для достижения определенного значения  $T_c$ , так как нет надежных исходных данных. (Описанные расчеты с использованием цены единицы риска ориентировочные). Исследования в указанном направлении находятся на начальном этапе как за рубежом, так и в нашей стране. Однако модель дает возможность более обоснованно и рационально распределять дополнительные средства. Дело в том, что численные значения колонок 2 и 3 являются результатом не только социального, экономического и культурного уровня развития страны, но и вклада средств в здравоохранение и безопасность людей и структуры этого вклада. Повлиять на социальный, экономический и культурный уровень развития страны мы не можем, он складывался столетиями, и в этом смысле мы являемся рабами цифр в колонках 2 и 3 табл. 3. Сложившаяся структура вложений в здравоохранение и обеспечение безопасности людей неизвестна, ее анализ потребует значительных средств, а главное, приведет к потере времени. Кроме того, она (структура) консервативна и имеет большую инерцию при попытке ее изменить. Тогда остается один путь — средства, выделявшиеся в 1985—1988 гг., вкладывать в будущем по сложившейся структуре, а дополнительные — в долях, указанных в колонке 7. Последние два значения в колонке 7 показывают, что дополнительные затраты на здравоохранение должны составлять  $64,9210\%$ , безопасность людей в быту и на производстве —  $35,0790\%$ . Объяснить можно следующим образом. В 1985—1988 гг. ежегодно на здравоохранение и безопасность людей суммарно выделялось в среднем  $31 \cdot 10^9$  руб. Если на 1991 г. на эти цели будет выделено, например,  $41 \cdot 10^9$  руб., то  $31 \cdot 10^9$  руб. необходимо вкладывать по ранее сложившейся структуре, как в 1985—1988 гг., а дополнительные  $10 \cdot 10^9$  руб. в долях, изложенных в колонке 7, в частности, на безопасность людей при пожарах дополнительная квота составит  $0,011404 \cdot 10 \cdot 10^9 = 114 \cdot 10^6$  руб. Другими словами, если дополнительные затраты не выделять, страна получит результат, приведенный в колонках 2, 3. Если дополнительные затраты выделять по ранее сложившейся структуре, пропорции детской смертности (причины 1, 14, 15) и несчастных случаев (причины 17—31) в общей

структуре смертности будут оставаться неизменными. Дополнительные затраты, вложенные в долях, представленных в колонке 7, позволяют наиболее эффективным образом расходовать их так, что при этом достигается максимально возможная в данных условиях  $T_c$ . Практическое значение на сегодняшний день и ближайшие годы имеют численные значения колонок 4 и 7, которые указывают пути увеличения продолжительности жизни на 1 год. Именно на них необходимо ориентироваться при планировании мероприятий в здравоохранении и обеспечении безопасности людей. Дело в том, что за последние 30 лет ожидаемая продолжительность жизни при рождении в нашей стране увеличилась всего на 1,2 года [10]. Колонки 5 и 8 также могут иметь практическое значение. При строительстве объектов со сроком службы 50—100 лет, планировании мероприятий и технических решений по безопасности людей, например, систем противопожарной защиты, ориентироваться на числа колонок 4 и 7 было бы неразумно. То, что считается безопасным сегодня, может оказаться совершенно неприемлемым спустя некоторое время, а модернизация обойдется намного дороже первоначального проектирования и строительства. Колонки 6 и 9 в настоящее время могут представлять интерес только для геронтологов, поскольку для достижения  $T_c$  с  $63,08$  года сразу  $74,04$  года потребовалось бы  $(220-330) \times 10^9$  руб./год, если считать отдачу от вложения средств линейной. На самом деле она не линейная, она имеет характер кривой, уменьшающей отдачу по мере увеличения средств, вкладываемых в защиту (кривая 2 на рис. 1 в работе [2]). Если же учесть, что ожидаемая продолжительность жизни при рождении в нашей стране за 30 лет увеличилась на 1,2 года, то рубеж  $T_c = 74,04$  года будет достигнут при таких темпах через 275 лет. Это тот случай, когда, как говорят демографы, экзогенные причины смерти будут ликвидированы [15]. Заметим, что  $T_c = 74,04$  года соответствует ожидаемой продолжительности жизни при рождении, равной  $80,60$  года. Этот показатель до настоящего времени еще не достигнут ни в одной стране. Обоснование дальнейших путей увеличения продолжительности жизни сверх  $T_c = 74,04$  года — дело геронтологии.

Распространено мнение, что риск, связанный с использованием новой техники или технологии, обязательно должен быть меньше создаваемого старой техникой или технологией (В. Иванов, Б. Пахомов. Путь к безопасности. — «Правда», 27.08.86). Однако ход развития технологической цивилизации опровергает эту точку зрения. Автомобиль опаснее телеги, современный химический завод — средневековой мануфактуры, и тем не менее люди используют их на свое благо. Создавая большую опасность для тех, кто непосредственно контактирует с ней, новая техника и технология дают огромные блага для всего общества в целом,

что выражается в конечном счете в повышении продолжительности жизни. Тогда отношение к новой технике и технологии можно сформулировать так: та техника и технология достойны существования, которые приводят к увеличению продолжительности жизни людей всего общества (хотя по отношению к тем, кто непосредственно сталкивается с ней, она может быть опасней старой техники и технологии).

Таким образом, однозначного ответа на вопрос, какой должна быть допустимая вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей, нет. Чтобы снизить ее с наблюдаемого в настоящее время значения  $33 \cdot 10^{-6}$  до меньшего, необходимо вложить средства в пожарное дело. При проектировании и строительстве объектов со сроком службы 50—100 лет это значение представляется целесообразным принять равным  $0,001295 \times 0,010100 = 13 \cdot 10^{-6}$  (причина 25, колонка 5), что соответствует  $T_c = 68,08$  года и ожидаемой продолжительности жизни при рождении 74,60 года. Последняя в настоящее время достигнута во всех развитых странах и будет достигнута в нашей стране, по оценке автора, через 50—100 лет.

**Точность модели.** Точность вычислений с использованием МАРС была оценена по ожидаемой продолжительности жизни при рождении, вычисленной Госкомстатом и представленной в таблице смертности по нашей стране за 1986—1987 гг. (без различия пола). Здесь указанное значение равно 69,76 года, и вычислено оно с учетом числа живущих в возрасте от 0 до 100 лет, в модели же использовали число умирающих с последующим вычислением интеграла в функционале (1). Результат оказался равным 69,58 года.

Модель адекватного риска смерти разрабатывалась главным образом для обоснования допустимого индивидуального риска скорой смерти. Однако она может быть применена для обоснования допустимого риска отдаленной смерти.

До сих пор речь шла о допустимом индивидуальном риске гибели людей. Однако общество расценивает групповую гибель людей как событие более опасное, чем гибель такого же числа людей по одному человеку (принцип исключения катастроф [16]). Вопрос о связи между индивидуальным риском и групповым рассмотрен теоретически [8, с. 56—57; 16—18]. Не исключено, что чувствительность общества к риску массовой гибели людей растет по более слабой зависимости, а не линейно. В развитых странах имеют хождение самые различные точки зрения, в том числе признание допустимого индивидуального риска гибели людей от несчастных случаев единственным критерием их безопасности.

Таким образом, подтверждается точка зрения Управления здравоохранения и безопасности Великобритании, что выбор между риском и выгодой, получаемой обществом от источника риска, должна делать широкая общественность на основе альтернативных вариантов, разработанных специалистами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаев Н., Кузьмин И. «Абсолютная» безопасность или приемлемый риск? — Коммунист, 1989, № 7, с. 75—81.
2. Легасов В. А., Демин В. Ф., Шевелев Я. В. Основы анализа безопасности в ядерной энергетике — В кн.: Атомно-водородная энергетика и технология. Вып. 7. М.: Энергоатомиздат, 1986, с. 61—104.
3. Stone A. The tolerability of risk from nuclear power stations. — Atom, 1988, N 379, p. 8—10.
4. Lawrence M., Gordon A. Acceptability versus democracy. — New Sci., 1977, v. 74, N 1051, p. 323—325.
5. Kletz T. The risk equations. What risks should we run? — Ibid., 1977, v. 74, N 1051, с. 320—322.
6. Kletz T. Now or later? A numerical comparison of short and longterm hazards. — Chemical Eng., 1983, N 397, p. 9—10, 13, 22.
7. Dunster J. The risk equations. Virture in compromise. — New Sci., 1977, v. 74, N 1053, p. 454—456.
8. Тезисы докладов Всес. научно-практ. конф. по проблемам охраны труда в условиях ускорения научно-технического прогресса. Ч. 1. М.: ВЦНИИОТ, 1988. 128 с.
9. Количественное обоснование единого индекса вреда. Публикация 45 МКРЗ. Доклад Международной комиссии по радиологической защите. М.: Энергоатомиздат, 1989. 90 с.
10. Население СССР. Статистический сборник. М.: Финансы и статистика, 1988, 440 с.
11. ГОСТ 12.1.004—85. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 1985. 78 с.
12. Международная классификация болезней, травм и причин смерти. М.: Медицина, 1980. 730 с.
13. Харисов Г. Х. Индивидуальное спасательное устройство с тормозным механизмом гидравлического типа. — В кн.: Пожарная техника и пожаротушение на объектах народного хозяйства. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1986, с. 89—102.
14. Урланис Б. Ц. Эволюция продолжительности жизни. М.: Финансы и статистика, 1978. 312 с.
15. Вишневецкий А. Г. Воспроизводство населения и общество. М.: Финансы и статистика, 1982. 286 с.
16. Кинн Р. Размещение энергетических объектов: выбор решений. М.: Энергоатомиздат, 1983. 240 с.
17. Харисов Г. Х., Бубырь Н. Ф. О допустимом риске гибели людей на пожарах. — В кн.: Исследования некоторых опасных факторов пожара. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1985, с. 113—121.
18. Харисов Г. Х., Бубырь Н. Ф. Обоснование уровня надежности установок пожаротушения для медицинских барокамер. — Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1985, № 5, с. 83—84.

Поступила в Редакцию 21.08.89