

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ  
INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 338.3:621.391:[004.5+004.67]



DOI: 10.21822/2073-6185-2024-51-1-132-141 Оригинальная статья /Original article

**Об оценке групповых аспектов влияния человеческого фактора  
на безопасность технических систем**

**Д.И. Лобач**

Департамент по ядерной и радиационной безопасности  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,  
220030, г. Минск, ул. Берсона, 16, Беларусь

**Резюме. Цель.** Целью теоретических исследований является необходимость сформулировать и описать дополнительные подходы и актуальную проблематику вопросов и задач при проведении экспертной оценки групповых (коллективных) аспектов влияния человеческого фактора на безопасность технических систем. **Метод.** В работе рассмотрена методология оценки на основании использования распределения Гаусса для статистического описания случаев влияния человеческого фактора на безопасность, показана связь индивидуальных и групповых аспектов. **Результат.** Приведены примеры и даны пояснения для применения количественной оценки влияния человеческого фактора на безопасность технических систем с учётом рассмотрения культуры безопасности, разного уровня профессионализма работников, предпринимаемых организационных мер, сформулированы возможности метода и его потенциальные задачи. **Вывод.** Применение статистических распределений для описания влияния человеческого фактора на безопасность позволяет объединить и описать связь индивидуальных и групповых аспектов явления. Это даёт возможность эксперту проводить количественные оценки, моделирование и делать прогнозы по вопросам уровня культуры безопасности в организации и эффективности управления производством или техническими системами.

**Ключевые слова:** уровень безопасности, человеческий фактор, сэйфеометрика, прогноз, культура безопасности, распределение Гаусса, профессионализм, управление, моделирование

**Для цитирования:** Д.И. Лобач. Об оценке групповых аспектов влияния человеческого фактора на безопасность технических систем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024;51(1):132-141. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-132-141

**About the Assessment of Group aspects of the Human factor influence on Safety  
of Technical systems**

**D.I. Lobach**

Department on Nuclear and Radiation Safety  
of Ministry on Emergency Situations of the Republic of Belarus,  
16 Bersona St., Minsk 220030, Belarus

**Abstract. Objective.** The purpose of theoretical research is the need to formulate and describe additional approaches and topical issues and tasks when conducting an expert assessment of group (collective) aspects of the human factor's influence on the safety of technical systems. **Method.** The paper considers the methodology of assessment based on the use of the Gauss distribution for the statistical description of cases of the influence of the human factor on safety, shows the relationship between individual and group aspects. **Result.** Examples are given and explanations are given for the application of a quantitative assessment of the influence of the human factor on the safety of technical systems, taking into account the consideration of safety culture, different levels of professionalism of employees, organizational measures taken, the possibilities of the

method and its potential tasks are formulated. **Conclusion.** The use of statistical distributions to describe the impact of the human factor on safety makes it possible to combine and describe the relationship between individual and group aspects of the phenomenon. This allows the expert to carry out quantitative assessments, modeling and make predictions on the level of safety culture in the organization and the effectiveness of production management or technical systems.

**Keywords:** safety level, human factor, safeometrics, prognosis, safety culture, Gauss distribution, professionalism, management, modeling

**For citation:** D. I. Lobach. About the assessment of group aspects of the human factor influence on safety of technical systems. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(1):132-141. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-132-141

**Введение.** Для проведения всестороннего анализа и оценки уровня безопасности технической системы (далее – ТС) важно уделять внимание событиям, которые происходят вследствие влияния случайных действий персонала (работников, специалистов организации). Это на практике представляет собой проявление человеческого фактора (далее – ЧФ) и имеет индивидуальный (персональный) и групповой (коллективный) аспекты. ЧФ оказывает совокупное качественное воздействие на состояние безопасности ТС, изменяет качественные и количественные характеристики уровня безопасности (которая, например, достигнута, оценена или является проектной или минимальной для функционирования рассматриваемой технологии) [1].

Комплексное воздействие человека или группы (коллектива) работников на ТС, технологии формируют сущность концепции – культура безопасности (далее – КБ). К настоящему времени это понятие является общепризнанным [2-4]. КБ может быть как персональная, так и организационная, как индивидуальная, так и коллективная и т.п.. В него входит проявление различных особенностей влияния ЧФ, которым уделяется внимание при рассмотрении. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) и различные организации атомной промышленности наиболее активно участвуют в изучении и развитии этой проблематики воздействия ЧФ на ТС, формирование на фоне этого в организации КБ с разными свойствами [5-7].

**Постановка задачи.** Индивидуальное проявление влияния ЧФ у работников трудно контролировать, оно носит случайный характер. Следует использовать любые возможности для того, что провести прогноз этого явления. Накопленные персональные эффекты ЧФ являются следствием определённой сложившейся рабочей атмосферы в организации – организационной КБ [5].

Основная задача работы эксперта при оценке группового (коллективного) проявления ЧФ, его влияния на безопасность ТС – установить, где и как это происходит, по какой причине, выработать компенсационные меры и предложить руководству организации действенные рекомендации по учёту ЧФ для конкретной, рабочей специфики, особенностей, сделать прогноз последствий. В настоящей работе предложен вспомогательный полуэмпирический подход для проведения такой экспертной работы основанной на аналогиях с методологиями хеометрики. Это осуществляется в рамках реализации концепции сэйфеометрики, базирующийся на применении подходящих закономерностей и методов математической статистики и теории вероятности в сфере оценки состояния безопасности ТС [8,9].

**Методы исследования.** Особенности методологии оценки групповых аспектов влияния ЧФ на безопасность ТС. В проводимых рассмотрениях проблематики полагаем, что возникновение случая влияния ЧФ – это случайное событие, среднее число ЧФ в единицу времени не зависит от него (времени). Можно оценить распределение влияния ЧФ относительно базового уровня безопасности, предусмотренного проектом ТС с использованием закономерностей математической статистики и теории вероятностей [10-12].

Важно отметить, что априорное усложнение рассмотрения не даёт возможности проведения ясного причинно-следственного анализа ситуаций влияния ЧФ на ТС. Поэтому, ис-

пользуя модельные подходы, сугубо индивидуальные особенности работников не учитываются (в статье не обсуждается феноменология ЧФ). Профессионализм всех специалистов необходимо оценивать с одинаковыми критериями (определить по единым методикам), а его проявление рассматривать для одинаковых условий. Влияние ЧФ можно также ожидать от однородных групп (когорт) из работников, которые эксперту надо сформировать для анализа с такими же условиями применения и рассмотрения.

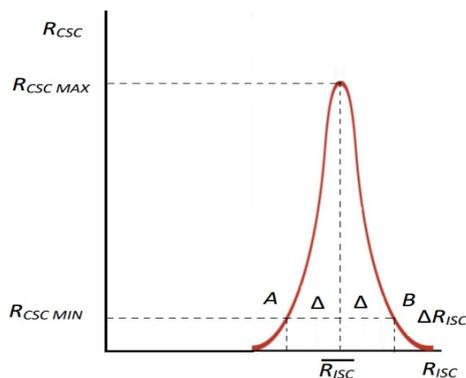
Распределение Гаусса (нормальное распределение) является хорошим приближением для описания широкого круга статистических процессов [10-12]. Оно имеет вид симметричной колоколообразной кривой, распространяющейся до бесконечности в положительном и отрицательном направлениях. Случайному влиянию ЧФ на безопасность ТС можно сопоставить функцию распределения  $p(x_i)$  или плотность вероятности  $p(x)$ . При большом количестве производственных работников или случаев с возможностями проявления ЧФ такое влияние на безопасность может быть описано распределением Гаусса. При ограниченном количестве случаев можно также обратиться к использованию распределения Пуассона или биномиального распределения. Хотя случаи проявления эмпирического влияния ЧФ  $x$  являются целочисленными, непрерывное распределение величин удобно использовать для описания явления и понимания сути происходящих случайных явлений.

Следует отметить, что рассмотрение можно проводить с двух диаметральных точек зрения. При количестве событий, операций, действий и т.п.  $x$  и полном их количестве  $N$  вероятность благоприятного исхода равна  $\Psi$ , а неблагоприятного:  $\Phi = 1 - \Psi$ . Таким образом, статистические закономерности будут однозначно характеризоваться  $N$  и  $\Psi$  или  $\Phi$ . Это надо учитывать эксперту при интерпретации результатов анализа количественных данных. На практике удобнее учитывать и рассматривать в ходе исследования фактический профессионализм работников ( $\Psi$ , скольким параметрам их требуемых соответствуют работники) и от него переходить к рассмотрению влияния ЧФ на безопасность производства и ТС ( $\Phi$ ). Каждое количество  $x$  случаев влияния ЧФ происходит с плотностью вероятности  $p(x)$ .

Проявление всех этих случаев  $x$  осуществляется действиями работников с конкретным уровнем профессиональной подготовки, личной мотивации и внутренними характеристиками, которые в совокупности определяются с позиций анализа профессионализма, ассоциируется с уровнем персональной (индивидуальной) КБ  $R_{ISC}$  ( $R_{ISC} = \Psi$ , дальнейшие рассмотрения осуществляются с этой точки зрения), а не с позиций сознательного стремления работников к осуществлению несанкционированных мероприятий (саботажа, диверсии).

Тут под возникновением явления ЧФ будем понимать недостаток и недоработку в профессиональной области, которые имеют случайный, спонтанный характер и могут быть исправлены (доработаны) при проведении мероприятий по обучению работника. Таким образом,  $x$  это количество случаев, возникших при КБ с  $R_{ISC}$  и происходящих поэтому с влиянием на безопасность ТС. Поскольку, шкалы для измерений  $x$  (в ед.) и  $R_{ISC}$  (в отн.ед.) пропорциональные, то по горизонтальной оси (рисунок 1) можно расположить величины генеральной совокупности значений как  $x$ , так и  $R_{ISC}$ . Это дополнительно помогает прояснить понимание сути происхождения явления влияния ЧФ (от чего зависит, на что влияет, как формируется и т.п.). Если значения  $R_{ISC}(x)$  заранее не определены по специальным методикам (для определения соответствия работников установленным профессиональным признакам), то в качестве их оценки можно полагать, что  $R_{ISC}(x) = x/N$ , где  $N$  – полное количество случаев с проявлением или не проявлением ЧФ (для конкретной ситуации). Если вдоль горизонтальной шкалы рассматривать количество случаев  $x$  проявления влияния ЧФ, то площадь под пиком Гаусса будет соответствовать полному количеству случаев  $N = \sum x_i$ .

Под величиной  $p(x)$  по вертикальной оси (рис. 1) следует понимать интенсивность явления, возможность, с которой внешняя система предоставляет возможность, позволяет развиваться, создаёт условия, чтобы проявиться  $x$  случаям ЧФ от уровня  $R_{ISC}$  персональной КБ работников.



**Рис.1. Иллюстрация симметричного распределения случаев влияния ЧФ**

**Fig.1. Illustration of the symmetrical distribution of cases for the human factor influence**

Исходя из этого,  $p(x)$  фактически определяется показателем организационной (коллективной) КБ  $R_{CSC}$  (в отн.ед.). С учётом нормировки можно полагать, что  $R_{CSC}(x) = p(x)$ , как его фактическое значение для  $x$  случаев проявления ЧФ на индивидуальном уровне. Максимальное значение показателя  $R_{CSC}$  в организации будет определяться значением  $p(x)$  для пика распределения случаев влияния ЧФ.

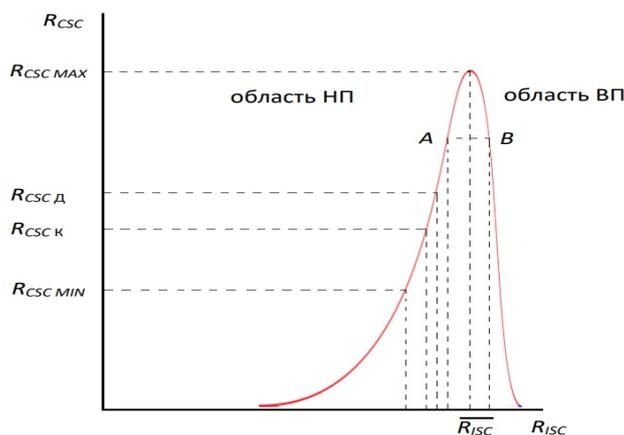
Это будет соответствовать количеству случаев  $x$  с преобладающим значением для них  $R_{ISC}$ , как показано на рис. 1. Реальное распределение (с  $R_{ISC}(x)$  и  $N$ ) на рис.1 позволяет оценить минимальное значение организационной КБ ( $R_{CSC MIN}$ ) или установить  $R_{CSC MIN}/R_{CSC MAX}$ , соответствующее допустимому разбросу случаев с ЧФ  $\Delta R_{ISC}$  (ширина пика) для конкретной конфигурации ТС относительно  $\overline{R_{ISC}}$  (или отклонению от  $\overline{R_{ISC}}$ ). При проведении экспертной оценки можно считать, что значения ниже  $R_{CSC MIN}$  не являются достоверными или для их получения нет достоверных данных (определение экспертом границ оценки). Это уточняет диапазон допустимого профессионализма  $R_{ISC}$  для конкретного производственного процесса или эксплуатации ТС. Наилучшие значения уровня профессионализма  $R_{ISC}$  будут располагаться вблизи пика распределения ( $\overline{R_{ISC}}$ ).

Симметрия или асимметрия распределения показывают, что статистически профессионализм в организации может быть как лучше, так и хуже (относительно  $\overline{R_{ISC}}$  для максимума пика). И то, и другое является проявлением особенностей кадровой работы. Относительно оси пика распределения слева будут располагаться случаи ЧФ  $x$  или профессионализм  $R_{ISC}$  работников (в понимании  $\Psi$ ), которые делают (или сделают) работу хуже, чем оговорено в инструкции. Область пика справа оси симметрии характеризует состав работников, которые делают (или сделают) лучше, чем предписано. Однако, эти случаи высокого профессионализма (далее – ВП) или высокой компетентности у части работников не всегда компенсируют существующие недостатки работников с низким профессионализмом (далее – НП) или низкой компетентностью.

Для симметричного распределения на рис. 1 видно, что на любой высоте пика отклонения от  $\overline{R_{ISC}}$  в область НП и ВП одинаковые ( $\Delta_{НП} = \Delta_{ВП} = \Delta$ ). Обычно распределение Гаусса характеризуют шириной пика на полувысоте  $\Delta R_{ISC \frac{1}{2}} = \Delta_{НП} + \Delta_{ВП} = 2\Delta$  (далее  $\Delta R_{ISC \frac{1}{2}} = \Delta R_{ISC}$ ). Проявление ВП может случаться, происходить при пониженном уровне организационной КБ. Такие профессионалы стремятся или могут стремиться «по своему пониманию» осуществлять технологический процесс, действовать вне рамок технических и организационных документов, производственных инструкций, даже сделать (или доделать) работу за специалиста с НП. Из-за неправильного несистемного понимания путей исправления сложившейся в организации ситуации их действия с неадекватной, несистемной оценкой своих возможностей могут носить усугубляющий характер. Важно отметить, что другие работни-

ки могут не знать о таких действиях части персонала, что отразится на отсутствии взаимопонимания, согласованности, системности в работе.

На практике, с учётом падения профессионализма и распространения клипового мышления у работников [13] распределение для влияния ЧФ зачастую оказывается несимметричным, как это показано на рис.2. Наибольшим значениям  $R_{CSC}$  будет соответствовать наилучший учёт влияния ЧФ на организационном уровне (присутствуют достоверность, внимание, формирование и рассмотрение рейтинга ЧФ). В ходе оценки безопасности эксперт может зафиксировать максимальный (наилучший)  $R_{CSC MAX}$  или достаточный  $R_{CSC Д}$  (по его мнению), критический  $R_{CSC К}$  и минимальный  $R_{CSC MIN}$  уровни организационного реагирования на проявление ЧФ.



**Рис. 2. Иллюстрация асимметричного распределения (схематичная) случаев влияния ЧФ**  
**Fig. 2. Illustration of the asymmetric distribution (schematic) of the cases for the human factor influence**

Отметим некоторые особенности такого распределения, которые важно учитывать эксперту при рассмотрении. Относительно  $\overline{R_{ISC}}$  существуют области с НП и ВП (рис. 2). По вертикальной оси отметим разные состояния для  $R_{CSC}$  ( $R_{CSC MAX}$ ,  $R_{CSC Д}$ ,  $R_{CSC К}$ ,  $R_{CSC MIN}$ ). Установление уровней для  $R_{CSC}$  является приблизительным (ориентировочным). Так на асимметричном распределении можно отметить уровень, где  $\Delta_{НП} \approx \Delta_{ВП}$  (равновесие –  $AB$ ), как наиболее приемлемый при управлении ТС. Для  $R_{CSC Д}$  можно рассматривать  $\Delta_{НП} = 1,5\Delta_{ВП}$ , для  $R_{CSC К}$  принять соответствие  $\Delta_{НП} = 2\Delta_{ВП}$ , для  $R_{CSC MIN}$  полагать, что  $\Delta_{НП} = 3\Delta_{ВП}$ . Исходя из конкретных условий состояния ТС эксперт может применять и более критичные сопоставления и рассмотрения.

Можно считать, что в диапазоне от  $R_{CSC MAX}$  до  $R_{CSC Д}$  технология и ТС функционируют в проектных условиях. Для производственной деятельности в диапазоне от  $R_{CSC Д}$  до  $R_{CSC К}$  надо принимать экстренные меры организационного реагирования по повышению профессионализма и созданию адекватной рабочей атмосферы, чтобы ТС своим функционированием не нанесла ущерба персоналу и окружающей среде. В диапазоне от  $R_{CSC К}$  до  $R_{CSC MIN}$  в ТС могут происходить необратимые последствия для оборудования (вплоть до разрушения), обусловленные влиянием ЧФ.

Для случаев с  $R_{CSC}$  меньше, чем  $R_{CSC MIN}$  можно полагать, что производство является уже опасным для общества. Говоря об интервале от  $R_{CSC Д}$  до  $R_{CSC MIN}$  следует отметить то, что предпринимаемые тут организационные меры или недостаточны, или будут уже экстренными (восстановительными). Работников с НП, занимающих ключевые позиции в управлении технологией и ТС, на данном этапе целесообразно отстранять от исполнения своих обязанностей (вопросы конкретных рекомендаций экспертам при разрешении ситуаций не являются тематикой данной статьи).

Для асимметричного распределения видно, что доля персонала с меньшим профессионализмом (НП) преобладает над количеством работников с большим профессионализмом (ВП). Эти части коллектива численно и профессионально не уравновешивают друг друга.

Теоретически можно полагать распространение кривой влево от пика до нуля. Под достаточным уровнем организационной культуры можно считать те значения  $R_{CSC}$ , когда разброс влево и вправо не отличаются больше, чем на 50% (эксперт в ходе анализа может установить свой критерий). Понятно, что ниже достаточного уровня предпринимаемые установленные, традиционные организационные действия не играют существенного значения для эффективной работы производства, ТС и т.п.. Параметр асимметрии будет характеризовать уровень компетентности в коллективе и позволит оценить условное соотношение количества работников с НП и ВП (соответственно  $N_{НП}$  и  $N_{ВП}$ ).

С точки зрения аналитики распределение Гаусса:

$$p(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right) \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

включает ряд параметров для экспертного анализа эмпирических данных:  $x$  – непрерывная (для удобства рассмотрения) случайная величина (или  $R_{ISC}(x)$ ), распределение которой рассматривается;  $p(x)$  – плотность вероятности (или  $R_{CSC}$ );  $\mu$  – среднее значение случайной величины;  $\sigma^2$  – дисперсия распределения. Если распределение Гаусса симметрично относительно среднего значения, то для него асимметрия  $\gamma = 0$ .

Широкое применение нормального распределения в теории обработки эмпирических данных основано на доказываемом в теории вероятности утверждении о том, что случайная величина, являющаяся суммой очень большого числа независимых случайных величин с практически произвольным распределением, распределена по нормальному закону. Его использование также возможно при описании данных в тех случаях, когда исследуемую случайную величину можно представить в виде суммы достаточно большого числа независимых элементарных слагаемых, каждое из которых сравнительно мало влияет на сумму. Для такой ситуации используется свёртка распределений [10-12].

Среднее значение или математическое ожидание случайной величины (или функции случайной величины) определяются в соответствии с закономерностями математической статистики [10-12]:

$$\mu \equiv M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx; \quad \mu = \sum_{i=0}^{\infty} x_i p(x_i) \quad (2)$$

для непрерывного и дискретного распределений соответственно. При проведении экспертного анализа величину  $\mu$  для  $R_{ISC}$  можно называть истинным средним значением  $\overline{R_{ISC}}$  (значение в пике).

Если какой-то процесс описывается статистическим распределением, то отдельное значение случайной величины, характеризующей этот процесс, отличается от её среднего значения. Для эксперта в ходе оценки влияния ЧФ на безопасность важное значение играет дисперсия – мера разброса случайной величины относительно её среднего. Под дисперсией случайной величины рассматривается среднее значение квадрата отклонений случайной величины от её среднего  $\sigma^2$ . Положительное значение  $\sqrt{\sigma^2}$  для оценки даёт величину стандартного или среднего квадратического отклонения.

Дисперсия непрерывной случайной величины определяется по:

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 p(x) dx = M[x^2] - \mu^2. \quad (3)$$

Для экспертной оценки влияния ЧФ важно иметь ввиду, что при малом стандартном отклонении от среднего вероятность наблюдать значения случайной величины (в разрезе проявления ЧФ), сильно отличающиеся от среднего, мала, тогда как при большом стандартном отклонении вероятны значения, сильно отклоняющиеся от среднего.

В ходе анализа эксперт должен определить в какие интервалы (или диапазон значений) для случайной величины попадают его оценки влияния ЧФ. Это далее формирует его выводы о состоянии КБ работников и в организации в целом.

Стандартное отклонение можно связать с вероятностью случайной величины оказаться при её оценке внутри определенного интервала [10-12]. За границы такого интервала

принимают величину, кратную  $\sigma$ . Поэтому такая вероятность будет определяться следующим образом:

$$P(\mu - g\sigma \leq x \leq \mu + g\sigma) = \int_{\mu - g\sigma}^{\mu + g\sigma} p(x)dx. \quad (4)$$

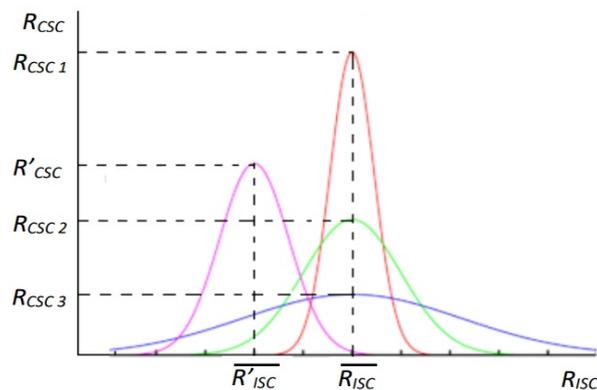
Здесь  $P(\mu - g\sigma \leq x \leq \mu + g\sigma)$  – вероятность для величины  $x$  находиться внутри интервала  $\mu \pm g\sigma$ .

Для распределения Гаусса, например, для  $g = 1$   $P(\mu - g\sigma \leq x \leq \mu + g\sigma) = 0,68$  для  $g = 2$  значение будет равно 0,95. Это означает, что для очень большого числа измерений случайной величины  $x$  в 68% случаев она окажется в интервале с границами  $\mu \pm \sigma$  и в 95% случаев – в интервале с границами  $\mu \pm 2\sigma$ .

Из теории математической статистики известно, что выражение (4) можно использовать не во всех случаях, так как интервал  $\mu \pm g\sigma$  может оказаться больше интервала изменения переменной, например, для распределения Пуассона. Отметим, что для несимметричных распределений число значений  $x$  в интервалах  $\mu + g\sigma$  и  $\mu - g\sigma$  различно, тоже касается эмпирических целочисленных значений.

В ходе экспертного анализа можно оценить и величину относительного среднего квадратического отклонения  $\delta = \sigma/\mu$ , где  $\delta$  – величина безразмерная. Асимметрия распределения случаев влияния ЧФ характеризуется также безразмерным параметром  $\gamma = \frac{M[(x-\mu)^3]}{\sigma^3}$ . [10-12]

**Обсуждение результатов. О применении методологии оценки групповых аспектов влияния ЧФ на безопасность в ходе проведения экспертных оценок.** Более низкий уровень  $R_{CSC}$  в организации увеличивает разброс  $\Delta R_{ISC}$  и поэтому повышается влияние ЧФ на безопасность ТС. Это схематично отражено на рис. 3.



**Рис. 3. Симметричные распределения для  $R_{ISC} = const$**   
**Fig. 3. Symmetric distributions for  $R_{ISC} = const$**

На рис. 3 площади под пиками для  $R_{CSC1} > R_{CSC2} > R_{CSC3}$  и  $R_{ISC} = const$  одинаковы ( $N_1 = N_2 = N_3$ ). Чем больше разброс у персональной КБ  $\Delta R_{ISC}$  (больше её  $\sigma$ ), тем хуже организационная КБ (меньше показатель  $R_{CSC}$ ). Величина разброса  $\Delta R_{ISC}$  для каждого случая зависит от персональной КБ, образовательного и психофизиологического аспектов, подбора кадров и профессиональной подготовки, а также от возможности включения работников в решение производственного вопроса или вовлечения персонала в принятие существенного для ТС решения, наличия в коллективе профессиональных авторитетов. Различные факторы в совокупности повышают личную ответственность работника и  $\overline{R_{ISC}}$ .

Для одного и того же количества случаев  $N' = N_1$  при уменьшении  $R_{ISC}$  будет уменьшаться значение  $R_{CSC}$ . Для эксперта  $N'$  будет случаем с худшей оценкой  $R_{CSC}$ , поскольку имеется бóльший разброс  $\Delta R_{ISC}$  при определении  $\overline{R'_{ISC}}$ . В этой ситуации, когда  $\overline{R'_{ISC}} < \overline{R_{ISC}}$ , организационные меры  $R'_{CSC} < R_{CSC1}$  не достигают планируемых руководством организации результатов.

Для бóльшего количества случаев ЧФ (например, людей или технологических операций) количество  $N$  повышается и значит должно повышаться значение  $\overline{R_{ISC}}$ . Тогда уровень безопасности будет приближаться к проектному (т.е. без влияния или существенного влияния ЧФ)  $Q \rightarrow \overline{Q}$ , а неопределённость уровня безопасности уменьшается  $\Delta\overline{Q} \rightarrow 0$ .

Для опасных ТС с усилением организационной КБ (ростом  $R_{CSC}$ ) будет повышаться уровень безопасности  $Q = Q(R_{ISC}, R_{CSC})$  при повышении в пике значения  $\overline{R_{ISC}}$ . В этом случае количество работников с бóльшим отклонением от  $\overline{R_{ISC}}$  будет уменьшаться. Это схематично показано на рис. 4.

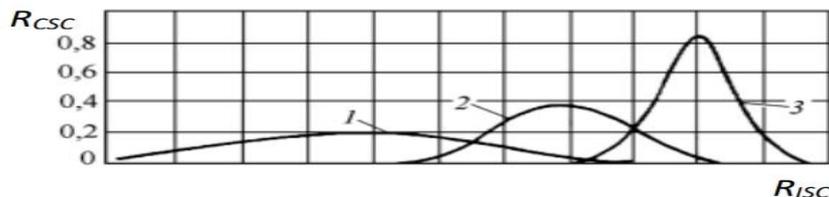


Рис. 4. Симметричные распределения Гаусса (схематичные) для разных значений  $R_{ISC}(x)$  при разных значениях параметров  $\mu(x)$  и  $\sigma$  (1:  $\mu=1, \sigma=2$ ; 2:  $\mu=4, \sigma=1$ ; 3:  $\mu=6, \sigma=0,5$ )

Fig. 4. Symmetric Gaussian distributions (schematic) for different values of  $R_{ISC}(x)$  at different values of the parameters  $\mu(x)$  and  $\sigma$  (1:  $\mu=1, \sigma=2$ ; 2:  $\mu=4, \sigma=1$ ; 3:  $\mu=6, \sigma=0,5$ )

Если понижается величина  $R_{CSC}$ , то отклонение  $\Delta R_{ISC}$  увеличивается для любого значения  $\overline{R_{ISC}}$  ( $R_{ISC 1} < R_{ISC 2} < R_{ISC 3}$ ;  $R_{CSC 1} < R_{CSC 2} < R_{CSC 3} \Rightarrow \Delta R_{ISC 1} > \Delta R_{ISC 2} > \Delta R_{ISC 3}$ ). Бóльший уровень организационной КБ позволяет лучше контролировать персональную КБ, формировать и определить её в ходе системных мероприятий.

С ростом в пике значения  $R_{CSC}$  асимметрия уменьшается ( $\gamma \rightarrow 0$ ), пик становится более «тонким» ( $\sigma^2$  уменьшается). Асимметричные распределения Гаусса демонстрируют, как это показано на рис. 5, значение и влияние на организационные действия групп работников с разным профессионализмом (с  $\Delta_{НП}$  при  $R_{ISC} < \overline{R_{ISC}}$  и с  $\Delta_{ВП}$  для  $R_{ISC} > \overline{R_{ISC}}$ , где  $\Delta_{НП} + \Delta_{ВП} = \Delta R_{ISC}$ ).

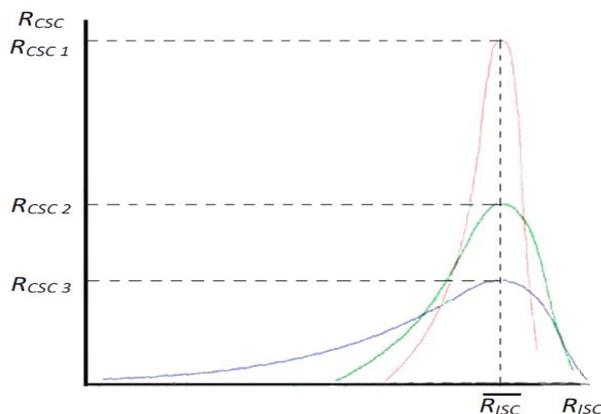


Рис. 5. Асимметричные распределения для  $R_{ISC} = const$

Fig. 5. Asymmetric distributions for  $R_{ISC} = const$

Для низкой организационной КБ площадь под пиком в области НП больше, чем площадь в области ВП для разных  $\overline{R_{ISC}}$ . При уменьшении  $R_{CSC}$  ( $R_{CSC 1} \rightarrow R_{CSC 2} \rightarrow R_{CSC 3}$ ) растёт число специалистов  $N_{НП}$  с низкими значениями у них  $R_{ISC}$  (их  $R_{ISC} \rightarrow 0$ ), уменьшается количество  $N_{ВП}$  компетентных работников. Чем больше  $R_{CSC}$  ( $R_{CSC 3} \rightarrow R_{CSC 2} \rightarrow R_{CSC 1}$ ), тем больше в организации уделяется внимание безопасности ТС. Чем выше уровень безопасности, тем меньше отклонение  $\Delta R_{ISC}$ . Величина  $R_{CSC}$  показывает интенсивность коллективных действий, усилий по обеспечению безопасности.

При уменьшении уровня  $R_{CSC}$  в отдельных случаях организации производственной деятельности следует увеличить число персонала с более высоким значением  $R_{ISC}$ . В ходе оценки эксперт выясняет какая преобладает организационная деятельность и проводится

работа с персоналом, кадровая политика, профессиональная деятельность работников, обусловленная уровнем организационной КБ  $R_{CSC}$ . С математической точки зрения, целью корректировочных мер, предлагаемых экспертом, является уменьшение асимметрии распределения ( $\gamma \rightarrow 0$ ).

Перспективной для организации, в разрезе наращивания её интеллектуального потенциала, оценки утечки практического профессионализма в структуре, будет рассмотрение экспертом соотношения количества специалистов с НП и ВП или вычисление параметра асимметрии распределения. Эта информация играет значение для обучения и поддержки требуемых для производства знаний, периодичности проведения соответствующих мероприятий.

При завершении проведения оценки влияния ЧФ на уровень безопасности ТС, важно указать установленное экспертом состояние КБ, профессионализма и потенциал предпринимаемых организационно-технических мер, мероприятий, проводимых в организации. Эксперту для тщательного рассмотрения групповых аспектов влияния ЧФ важно структурировать организационные процедуры (мероприятия) по степени влияния их на управление ТС. Необходимо также учитывать работу в малых группах, например, применение в ходе процедур по обеспечению безопасности правила «двух ключей» или двух лиц, как одного из наиболее важных и ответственных, наравне с коллективным принятием управленческих решений.

По результатам анализа следует выработать рекомендации с учётом определённых границ и диапазона изменения влияния ЧФ. Такой подход даёт возможность продумать и предусмотреть «противовесы» и компенсации недостаткам, провести поиск «слабых» звеньев в профессиональной системе и организационной структуре, принять требуемые решения и меры для повышения эффективности кадровой работы.

**Вывод.** Проведение оценки и всестороннего анализа влияния различных внешних и внутренних факторов на функционирование техники позволяет получать актуальную информацию как о состоянии системы, так и о её возможностях или остаточном рабочем потенциале. Это способствует тому, чтобы реализовывать проактивные управленческие решения, направленные на предупреждение ухудшения состояния безопасности, иметь для этого прогноз ситуации. Ориентация экспертов на применение математического аппарата при количественных оценках предоставляет возможность внедрять модели в организацию управления (проводить модерацию, оценивать возможные последствия управленческих решений и т.п.).

Использование вспомогательных экспертных подходов, например, концепции сэйфеометрики [8,9], и выработка экспертом таргетированных рекомендаций формируют систему для управленческих действий с более экономически обоснованными производственными мерами и способствуют применению рациональных схем принятия решений в разрезе повышения уровня безопасности ТС, выбора перспективных и выгодных эксплуатационных стратегий. Количественные оценки и выявленные распределения параметров, как минимум, позволяют демонстрировать эффект действий, повышают наглядность ситуации для руководителей организации и его подразделений.

Рассмотрение связи между уровнем индивидуальной (персональной) и организационной КБ, построение математического распределения для оценки соотношения работников разной компетентности (НП и ВП) позволяют улучшить, повысить эффективность управления ТС, разрабатывать модели управления для получения индикаторов состояния коллектива и планирования организационных мероприятий [3-7].

В большинстве случаев эмпирическая проверка и оценка влияния ЧФ и уровня КБ невозможны из-за высокой степени реагирования на такие действия субъектов исследования. Однако при невысокой степени автоматизации технологического процесса нельзя пренебрегать анализом и прогнозом действий людей (персонала, работников, специалистов, руководителей и т.п.) на технику. Оценка влияния ЧФ непосредственно определяет организационные меры по поддержке компетентности работников, повышению профессионализма, проведению мероприятий для обучения персонала.

**Библиографический список:**

1. Человеческий фактор и безопасность ядерных установок. Материалы Международной конференции МК-2000 / Москва, Обнинск : ОНИЦ «Прогноз», 2001.
2. Safety culture, Safety series, No.75-INSAG-4, a report by the International Nuclear Safety Advisory Group. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1991.
3. Key practical issues in strengthening safety culture, Safety series, No.INSAG-15, a report by the International Nuclear Safety Advisory Group. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002.
4. Examples of safety culture practices, Safety reports series, No.1. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1997.
5. Абрамова, В.Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике / В.Н. Абрамова. – Москва, Обнинск : ИГ – СОЦИН, 2009.
6. Self-assessment of safety culture in nuclear installations. Highlights and good practices, IAEA-TECDOC-1321. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002.
7. Performing safety culture self-assessments, Safety reports series, No.83. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2016.
8. Лобач, Д. И. Новые проблемы, методология и возможности эйфеометрики / Д. И. Лобач // Промышленная безопасность. – 2023. – № 01. – С. 34-36. ISSN 2958-4523.
9. Лобач, Д.И. О развитии экспертных возможностей для рассмотрения проектов оборудования и технологических решений / Д. И. Лобач // Системный анализ и прикладная информатика. – 2023. – № 2. – С. 38-41. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2023-2-38-41>
10. Hudson, D.J. Statistics. Lectures on Elementary Statistics and Probability, Geneva, 1964, Худсон, Д. Статистика для физиков. Лекции по теории вероятностей и элементарной статистике – М:Мир, 1970.
11. Тейлор, Дж. Введение в теорию ошибок.- М., 1985.
12. Колде, Я.К. Практикум по теории вероятности и математической статистике. – М., 1991.
13. Ковалев, М. М. Образование для цифровой экономики / М. М. Ковалев // Цифровая трансформация. – 2018. – № 1 (2). – С. 37–42.

**References**

1. The human factor and the safety of nuclear installations. Materials of the International conference МК-2000 . Moscow, Obninsk : ONITS "Forecast"; 2001. (In Russ.).
2. Safety culture, Safety series, No.75-INSAG-4, a report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1991.
3. Key practical issues in strengthening safety culture, Safety series, No.INSAG-15, a report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002.
4. Examples of safety culture practices, Safety reports series, No.1. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1997.
5. Abramova V.N. Organizational psychology, organizational culture and safety culture in atomic energy . Moscow, Obninsk : IG – SOCIN; 2009. (In Russ.)
6. Self-assessment of safety culture in nuclear installations. Highlights and good practices, IAEA-TECDOC-1321. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002.
7. Performing safety culture self-assessments, Safety reports series,. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2016; 83.
8. Lobach D.J. New problems, methodology and possibilities of Safeometrics. *Promyshlennââ bezopasnost'*. 2023; 01: 34-36. ISSN 2958-4523. (In Russ.)
9. Lobach D.J. About development of expert possibilities for consideration of equipment projects and technological decisions. *System analysis and applied information science*. 2023; 02: 38-41. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2023-2-38-41> (In Russ.)
10. Hudson D.J. Statistics. Lectures on Elementary Statistics and Probability, Geneva, 1964, D. Hudson, Statistics for physicists. *Lectures on Probability Theory and Elementary Statistics*. Moscow:Mir. 1970.
11. Taylor J. Introduction to the theory of errors. M.; 1985. (In Russ.)
12. Kolde Ya.K. Practicum on probability theory and mathematical statistics. M.; 1991. (In Russ.)
13. Kovalev, M. M. Education for the Digital Economy. *Digital transformation*. 2018; 01(2): 37–42. (In Russ.)

**Сведения об авторе:**

Лобач Дмитрий Иосифович, кандидат технических наук, гражданский государственный служащий в отставке; lobachd@yandex.ru ORCID: 0000-0001-5512-0032 ResearcherID: HKN-7220-2023

**Information about author:**

Dmitry I. Lobach, Cand. Sci. (Eng), Retired civil servant; lobachd@yandex.ru ORCID: 0000-0001-5512-0032 ResearcherID: HKN-7220-2023

**Конфликт интересов/Conflict of interest.**

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов/The author declare no conflict of interest.**

**Поступила в редакцию/ Received 12.12.2023г**

**Одобрена после рецензирования/ Revised 11. 01.2024.**

**Принята в печать/ Accepted for publication 11.01.2024.**