

Вестник Череповецкого государственного университета. 2025. № 1 (124). С. 35–45.
Cherepovets State University Bulletin, 2025, no. 1 (124), pp. 35–45.

Научная статья

УДК 338.3:621.391:[004.5+004.67]

<https://elibrary.ru/jzfbnh>

<https://doi.org/10.23859/1994-0637-2025-1-124-3>

О некоторых случаях применения статистических распределений для оценки влияния человеческого фактора на безопасность технических систем

Дмитрий Иосифович Лобач

Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,

Минск, Беларусь

lobachd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5512-0032>

Аннотация. Цель статьи – сформулировать и описать для некоторых задач возможности количественной оценки влияния человеческого фактора на безопасность технических систем с применением статистических распределений. Рассмотрены некоторые случаи возможного применения биномиального распределения, распределения Пуассона и распределения Гаусса для оценки влияния человеческого фактора на безопасность систем и производств. В статье приведены отдельные условия и гипотезы для построения задач в целях рассмотрения влияния человеческого фактора, рекомендации для работы экспертов.

Ключевые слова: уровень безопасности, человеческий фактор, прогноз, сэйфеометрика, культура безопасности, биномиальное распределение, распределение Пуассона, распределение Гаусса

Для цитирования: Лобач Д. И. О некоторых случаях применения статистических распределений для оценки влияния человеческого фактора на безопасность технических систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2025. № 1 (124). С. 35–45. <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2025-1-124-3>; EDN: JZFBNH

About some cases of applying statistical distributions to assess the impact of the human factor on safety

Dmitry I. Lobach

Department on Nuclear and Radiation Safety of Ministry for Emergency Situations of the Republic
of Belarus,

Minsk, Belarus

lobachd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5512-0032>

Abstract. The purpose of the theoretical research is to formulate and describe the possibilities of quantitative evaluation referring to the impact of the human factor on safety and security of technical systems applying statistical distributions. The author considers possible application of binomial distribution, Poisson distribution and Gauss distribution to assess the impact of the human factor on

safety of systems and productions. The article presents some conditions and hypotheses for constructing tasks in order to consider the human factor influence, recommendations for the work of experts.

Keywords: safety level, human factor, prognosis, safeometrics, safety culture, binomial distribution, Poisson distribution, Gauss distribution

For citation: Lobach D. I. About some cases of applying statistical distributions to assess the impact of the human factor on safety. *Cherepovets State University Bulletin*, 2025, no. 1 (124), pp. 35–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2025-1-124-3>; EDN: JZFBNH

Введение

При оценке и анализе уровня безопасности проектов, устройств и оборудования большинство экспертов делают выводы и дают рекомендации только по вопросам состояния технических систем, их соответствия нормативной и технологической документации. Проведение более глубокого изучения вопросов и причин, которые определяют состояние исследуемых технологий, приводит к необходимости оценки влияния на них внешних условий, связанных с действиями людей, т. е. человеческого фактора (далее – ЧФ)¹.

Состояние безопасности производства, как многокомпонентная категория, для поддержания должного уровня в организации со штатом работников и руководителей опирается на сформированную и существующую базу взаимоотношений и вопросов, которые входят в понятие культура безопасности². Работа с ЧФ является ее центральным стержнем. Практическое проявление ЧФ в организации определяет уровень культуры безопасности. К настоящему времени круг проблематик, связанных с этой темой, на качественном уровне достаточно широко рассмотрен в разрезе их применения в атомной промышленности³.

Практическое изучение влияния ЧФ и его прогнозирование существенно затруднено отсутствием многочисленных данных для проведения количественного анализа. Рассмотрение этого вопроса должно проводиться при исследовании корреляции входных и результирующих данных. Входными будут являться данные анкетирования, опросов, внешних изучений состояния работников и руководителей. Во всех случаях они будут фиксировать существующее состояние аспектов культуры безопасности, с которым сопоставляется уровень безопасности технических систем (далее – ТС) и производства в организации. Практическое изучение того, как вариации

¹ Human factors engineering aspects of instrumentation and control system design. Series: IAEA nuclear energy series, no. NR-T-2.12. Vienna: International atomic energy agency, 2021. 260 p.; Human factors engineering in the design of nuclear power plants. Series: IAEA safety standards series. No. SSG-51. Vienna: International atomic energy agency, 2019. 81 p.

² Машин В. А. Современные основы концепции культуры безопасности // Электрические станции. 2014. № 10. С. 2–10.

³ Человеческий фактор и безопасность ядерных установок: сборник материалов Международной научно-практической конференции МК-2000 (г. Обнинск, 24–26 октября 2000 г.). Обнинск: Прогноз, 2001. 152 с.; Абрамова В. Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике. Москва; Обнинск: ИГ – СОЦИН, 2009. 257 с.

и отклонения входных данных будут влиять на результирующее состояние, провести затруднительно (невозможно или дорого), поскольку система организации будет обладать «эффектом памяти» на события и людьми будут «извлекаться» уроки из негативных явлений. Поэтому провести достоверный корреляционный анализ ожидаемых и реальных результатов в широком диапазоне изменений здесь практически не представляется возможным.

Тем не менее, необходимо проводить анализ и правдоподобное прогнозирование влияния ЧФ на ТС. Для этого целесообразно использовать подходящие статистические предположения, модели и расчеты, проводить аналогии, в том числе в рамках концепции сэйфеометрики¹. Многие случаи применения статистических распределений в различных областях науки уже подробно проиллюстрированы и подходят для пояснения влияния ЧФ на ТС².

Методология исследования

При рассмотрении будем полагать, что возникновение одного ЧФ – случайное событие, и, в общем случае, среднее число ЧФ, происходящее в единицу времени, не зависит от времени. Оценки можно проводить с распределением, когда ЧФ не наблюдается для события, либо по обратному рассмотрению – распределению самих случаев ЧФ (когда ЧФ наблюдается) в отношении базового уровня безопасности ($\bar{Q} \pm \Delta$, где Δ – статистическое отклонение (разброс) из-за ЧФ для уровня безопасности в системе $\bar{Q}$ (т. е. без ЧФ)).

Результаты любого производственного действия зависят от условий его проведения. Влияющие на результаты величины, процессы и явления существуют объективно, а также могут создаваться окружающими людьми непреднамеренно или специально. По степени зависимости результатов действий от условий (а не их последствий), при которых они производятся, следует полагать, что эти действия можно разделить на детерминированные и вероятностные. Для детерминированных действий характерен однозначный исход (состояние, положение во времени и пространстве). Например, такими можно считать работу автоматики.

Под вероятностными действиями следует понимать такие производственные мероприятия и манипуляции, когда при повторении их произвольного числа раз при соблюдении одних и тех же условий исход будет неоднозначен, случаен. Это не значит, что расхождение будет существенным, но ЧФ повлияет на конечную производственную ситуацию. Нельзя заранее на основании заданных условий предвидеть результат вероятностного действия, но совокупность их исходов подчиняется закономерностям теории вероятностей.

При рассмотрении возможных случаев применения таких закономерностей под генеральной совокупностью всех возможных отклонений будем понимать все возможности влияния ЧФ на производственные действия. Конкретные случаи будут являться выборкой из генеральной совокупности. Поскольку на практике всегда

¹ Лобач Д. И. Новые проблемы, методология и возможности сэйфеометрики // Промышленная безопасность. 2023. № 01. С. 34–36.

² Лобач Д. И., Штомпель В. П. Практикум по ядерной физике. Ч. 1. Минск: Международный экологический университет им. А. Д. Сахарова, 2001. 72 с.

имеют дело с дискретными случайными величинами, то применение приближения о непрерывности случайной величины позволяет использовать для оценки более простые математические зависимости. Это является оправданным, так как шаг дискретности мал и такой переход к непрерывной случайной величине не приводит к заметным погрешностям при рассмотрении.

Для рассмотрения действия ЧФ примем одну из концепций учета случаев ЧФ (ассоциируем случаи с ЧФ либо с количеством задействованных работников, либо с количеством производственных операций, где возможен ЧФ), когда будут такие возможности для влияния в ходе событий x или x_i (количество событий). Базовый уровень производственной безопасности $\bar{Q}$ не будет детерминированным из-за статистических отклонений при действии ЧФ Δ . Известно, что изменение уровня безопасности системы будет происходить вследствие действий персонала или вариации количества технологических операций, которые являются дискретными. Поэтому такое влияние может быть описано распределениями биномиальным или Пуассона, а также можно провести аппроксимацию распределением Гаусса.

Полагаем, что частота появления отдельных значений случаев ЧФ следует некоторому закону распределения вероятностей случайной величины $p(x_i)$ (множество значений вероятности или функция распределения), или распределению случайной величины $p(x)$ (плотность вероятности). Эти распределения вероятностей $p(x)$ и $p(x_i)$ удовлетворяют классическому условию нормировки, и при их помощи можно оценить действие ЧФ.

Некоторые вопросы и задачи экспертов при оценке влияния ЧФ на безопасность

Проведем анализ влияния ЧФ при помощи некоторых статистических распределений на основании гипотезы о статистическом распределении случаев влияния ЧФ. Во многих случаях бывает необходимо выделить наиболее важные свойства распределения – среднее значение, дисперсия, асимметрия.

Характер применения биномиального закона будет определяться гипотезой, которая принята за основу рассмотрения, например, если имеется ограниченное число событий N и возможны только два исхода – без ошибки по причине ЧФ (благоприятный) и с ошибкой по причине ЧФ (неблагоприятный). Так, при количестве событий, операций, действий и т. п. x и полном их количестве N вероятность благоприятного исхода равна Ψ , а неблагоприятного $\Phi = 1 - \Psi$. Вероятность $p(x)$ того, что благоприятный исход повторится x раз, а неблагоприятный $(N-x)$ раз, определяется по $p(x, \Psi) = \frac{N!}{x!(N-x)!} \Psi^x (1 - \Psi)^{N-x}$. Эта функция полностью характеризуется двумя параметрами: Ψ и N . Если гипотеза об исходах будет обратной, то и выводы следует делать соответствующими ей по: $p(x, \Phi) = \frac{N!}{x!(N-x)!} \Phi^x (1 - \Phi)^{N-x}$.

Величина Ψ может быть определена в ходе анкетирования, опроса или любого исследования качеств личности профессионала, как это методологически показано для атомной промышленности¹. Пусть K_i элементы массива характеристик качеств

¹ Абрамова В. Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике. Москва; Обнинск: ИГ – СОЦИН, 2009. 257 с.; Regulatory

для оценки профессионала согласно определенному исследованию, $K_{\Sigma} = \sum K_i$ – количество качеств для наилучшего профессионала (например, для 100 %), $K_{\Psi} = \sum K_j$ – количество качеств, которыми обладают реальные работники по результатам исследования, тогда $\Psi = K_{\Psi} / K_{\Sigma}$.

Ряд параметров – психофизиологические, психологические, биологические, возрастные, половые, образования, опыта, навыков и умений и т. п. – определяют в общем случае многомерность ЧФ. Каждый из этих параметров будет определять лишь отдельное направление характеристик и причин случаев влияния ЧФ Φ_i в их многомерном пространстве модели воздействия, которое соответствует совокупности конкретных однородных (с разным количеством) свойств работника, например, возрастные – однозначно определяются биологическим возрастом, половые – определяются физиологическим рождением и т. п. Вопрос получения их равнодействующей величины $\Phi_{\text{эфф}}$ требует тщательного, скрупулезного изучения. Очевидно, что разные параметры Φ_i неодинаково влияют на формирование совокупного ЧФ $\Phi_{\text{эфф}}$ и переход от частных ЧФ к равнодействующему может быть проведен с применением взвешивающих коэффициентов, которые будут показывать долю вклада в результирующее явление ЧФ.

Биномиальный закон распределения вероятностей описывает процесс с ограниченным числом испытаний N , из которых производятся статистические выборки. По $p(x, \Psi)$ или $p(x, \Phi)$ можно оценить число событий x из их общего числа N , случившихся за время t . Биномиальное распределение можно применять, если N невелико, иначе необходимо перейти к распределению Пуассона.

Данные математической статистики позволяют оценить среднее значение случайной величины, например, для биномиального распределения $p(x, \Psi)$ получим $\mu_{\Psi} = N\Psi$, для $p(x, \Phi)$ $\mu_{\Phi} = N\Phi$, а дисперсия $D = N\Psi (1 - \Psi)$.

Можно рассмотреть условную корреляцию профессионализма Ψ и асимметрии распределений γ_{Ψ} и γ_{Φ} (см. таблицу).

Таблица

$p(x, \Psi)$	γ_{Ψ}	γ_{Φ}	$p(x, \Phi)$	уровень профессионализма
$\Psi < 1/2$	<0	>0	$\Phi > 1/2$	низкий
$\Psi = 1/2$	0	0	$\Phi = 1/2$	средний
$\Psi > 1/2$	>0	<0	$\Phi < 1/2$	высокий

oversight of human and organizational factors for safety of nuclear installations. Series: IAEA TECDOC series. No. 1846. Vienna: International atomic energy agency, 2018. 66 p.; Self-assessment of safety culture in nuclear installations. Highlights and good practices. Series: IAEA TECDOC series. No. 1321. Vienna: International atomic energy agency, 2002. 36 p.; Performing safety culture self-assessments. Safety reports series. No. 83. Vienna: International atomic energy agency, 2016. 157 p.; Safety culture in the maintenance of nuclear power plants. Safety reports series. No. 42. Vienna: International atomic energy agency, 2005. 49 p.

Величина γ_Ψ отрицательна, если $p(x, \Psi)$ сильно вытянута влево от μ_Ψ , и положительна, если $p(x, \Psi)$ вытянута вправо от μ_Ψ . Если распределение симметрично, то параметр асимметрии равен нулю. Для любого Ψ $\gamma_\Psi \rightarrow 0$ при $N \rightarrow \infty$.

При высоком профессионализме количество событий без ЧФ происходит для большего количества случаев наблюдений. С увеличением количества наблюдений число случаев с ЧФ увеличивается. При низком профессионализме плохой результат из-за ЧФ будет преобладать для малого количества наблюдений. Однако статистически результат будет улучшаться экстенсивно с ростом количества проводимых операций, задействованных работников, устройств и т. п.

Схематично на рис. 1 можно проиллюстрировать формы биномиального распределения применительно к нашему рассмотрению при различных значениях N и $N\Phi$.

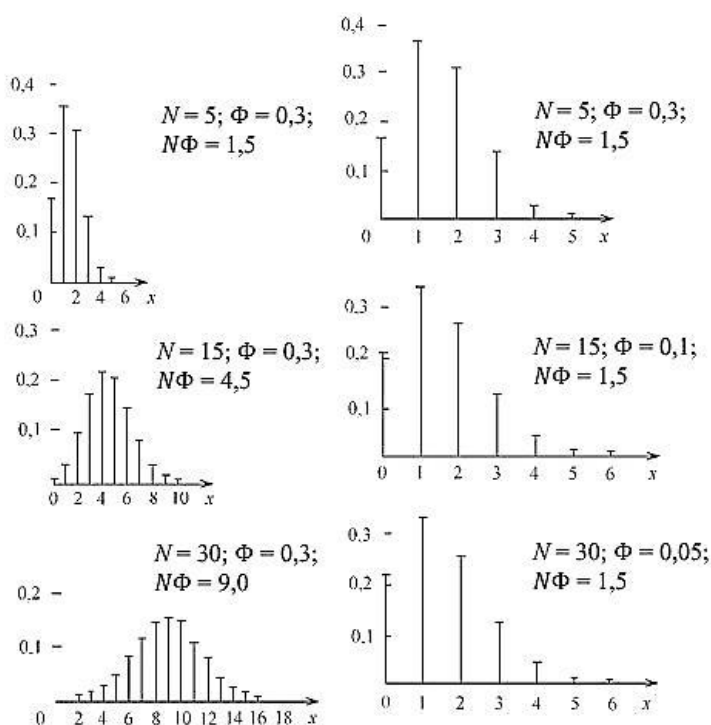


Рис. 1. Биномиальное распределение при различных значениях параметров N и $N\Phi$
(по оси ординат $p(x, \Phi)$)

Из рис. 1 видно, что для постоянного значения Φ распределение $p(x, \Phi)$ стремится к распределению Гаусса при $N \rightarrow \infty$, а при фиксированном $N\Phi$ при $N \rightarrow \infty$ распределение $p(x, \Phi)$ стремится к распределению Пуассона. Для постоянных значений Φ (влияния ЧФ) при увеличении N увеличивается $N\Phi$ и уменьшается $p_{MAX}(x, \Phi)$, но будет увеличиваться $(1-p_{MAX}(x, \Phi))$. Для постоянных значений $N\Phi$ при увеличении

N необходимо уменьшение Φ (увеличение профессионализма), и тогда величина $p_{\max}(x, \Phi)$ будет постоянной (аварийность не изменится).

С использованием вышеприведенного анализа можно сделать некоторые частные выводы:

1. При падении в организации профессионализма поддержание должного уровня безопасности, удержание безаварийности, т. е. меньшего количества случаев с ЧФ, можно достичь путем увеличения количества задействованных работников, среди которых будет увеличиваться доля квалифицированных специалистов, увеличивать-ся взаимоконтроль.

2. Удержание уровня безопасности можно провести дроблением проводимых в организации операций на более мелкие и детальные, работники на каждом этапе будут более тщательно контролировать результат. Того же можно достичь с увеличением количества задействованных на производстве сотрудников.

3. Если организация занимается выпуском продукции, а ее дефекты или брак являются результатом действия ЧФ, то количество качественной продукции будет увеличиваться с ростом валового количества продукции.

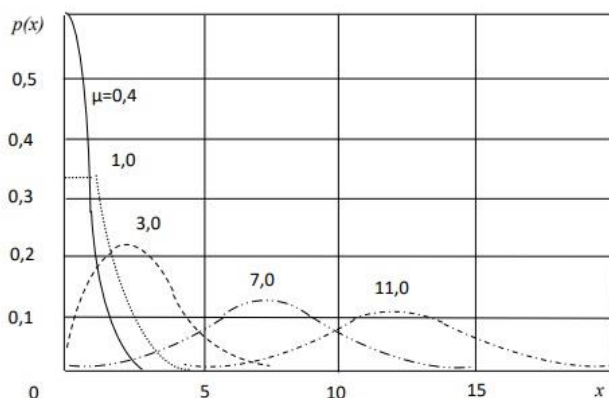
4. При уменьшении количества работников на производстве (из-за текучки кадров, болезни и других причин) для поддержания качества продукции, уровня безопасности или безаварийности следует внедрять автоматизированные системы без задействования в них людей и влияния ЧФ.

Известно, что распределению Пуассона подчиняются случайные величины, вероятность появления которых в отдельном событии мала и постоянна. Если вероятность того, что влияние ЧФ произойдет в малом интервале времени Δt , пропорциональна этому интервалу, вероятность события с ЧФ равна ϕt , где ϕ – удельная вероятность события с ЧФ, то x независимых событий с ЧФ за время t можно оценить по: $p(x) = \frac{\mu^x}{x!} \exp(-\mu)$, где в данном случае $\mu = \phi t$.

К этому распределению можно прийти с помощью предельного перехода от биномиального распределения $p(x, \Phi)$, устремив число событий N к бесконечности, а вероятность исхода Φ к нулю так, чтобы произведение $N\Phi = \mu$ оставалось конечным и постоянным (μ может принимать любые положительные значения). Такой переход характеризует распределение вероятности редких событий: $p(x) = \frac{(N\Phi)^x}{x!} \exp(-N\Phi)$, при $N \rightarrow \infty \Rightarrow \Phi \rightarrow 0$ и $\mu \rightarrow 1$.

Для постоянного числа событий N ($N = \text{const}$), при $\mu < 1 \Rightarrow \Phi < 1/N$ и $N < 1/\Phi$, а при $\mu > 1 \Rightarrow \Phi > 1/N$ и $N > 1/\Phi$.

Такое распределение Пуассона схематично можно продемонстрировать на рис. 2, где x на практике принимает только целочисленные положительные значения.

Рис. 2. Распределение Пуассона при различных значениях параметра μ

Распределение Пуассона можно применять для оценки влияния ЧФ при усталости персонала, которая будет увеличиваться со временем ($\mu = \varphi_t t$, $\varphi_t = \text{const}$ для длительных операций, процедур) или с расстоянием ($\mu = \varphi_l l$, $\varphi_l = \text{const}$ на протяженных участках выполнения работы). Такая оценка основана на предположении равномерности влияния ЧФ или его усреднении для рассматриваемого времени или расстояния. Аналогичные рассмотрения можно применить в отношении ЧФ для действий в спорте и медицине. Однако в ряде случаев следует использовать прогрессию в оценке влияния ЧФ, рассмотреть усиление (усугубление) фактора усталости работников.

Исходя из данных математической статистики известно, что асимметрия распределения Пуассона всегда положительна и стремится к нулю с ростом μ , т. е. с ростом μ распределение становится все более и более симметричным.

Для большого количества событий x влияние ЧФ на ТС можно рассмотреть с применением распределения Гаусса в виде $p(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\mu}}\right) \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\mu}\right]$. Для таких оценок с одним параметром получаются предельные переходы (при $\mu \rightarrow \infty$) из распределения Пуассона в разрезе следующих случаев:

$$\begin{aligned}\mu &= N\Phi \rightarrow \infty; \Phi = \text{const}; N \rightarrow \infty, \\ \mu &= \varphi_t t \rightarrow \infty; \varphi_t = \text{const}; t \rightarrow \infty, \\ \mu &= \varphi_l l \rightarrow \infty; \varphi_l = \text{const}; l \rightarrow \infty.\end{aligned}$$

Особенности действий эксперта после проведения количественного анализа влияния ЧФ на ТС

В ходе своей работы эксперт должен стремиться реализовать свою программу исследований и анализа полностью, без повторений, «за один подход». Это связано с тем, что создать одни и те же условия дважды практически невозможно из-за того, что организация и производственная система находятся в постоянном развитии и обладают «эффектом памяти» на события. Система учится, адаптируется, работает

над исправлением ошибок. Следует учесть то, что руководители и работники анализируют свои ошибки, «извлекают» уроки из влияния ЧФ.

С учетом применения подходов количественной оценки ЧФ, проведенного анализа, изучения Φ_i и $\Phi_{эфф}$ эксперту следует сделать выводы, дать эффективные, реализуемые рекомендации, как уменьшить влияние ЧФ с помощью традиционных подходов изменения профессиональной подготовки работников, управления производством и выработать особенности их применения в разрезе конкретной специфики производственной системы.

Также важно поставить руководству организации вопросы в контексте природы возникновения ЧФ на производстве, обсудить их и (или) даже дать на них ответы. Среди подходящих вопросов могут быть следующие:

- как возникает необходимая компетентность для этого производства, как получить нужную или утерянную компетентность, чтобы минимизировать ЧФ;
- что главное в профотборе и обучении для организации, чтобы исключить потерю знаний и компетенций;
- что надо знать руководителю и руководству организации о проявлении и влиянии ЧФ, что надо делать, как построить свою личную деятельность.

Для наилучшего эффекта оценки влияния ЧФ на безопасность ТС в ходе завершающего этапа исследований эксперту следует работать в тесном взаимодействии с руководящим звеном организации. Однако в интересах результативности анализа эксперту необходимо контролировать независимость своих суждений и выводов от мнений заказчика работ.

Эксперту следует не упустить из сферы рассмотрения и анализа психологическую систему деятельности руководителя и некоторые ключевые вопросы:

- что делать, если теоретические знания и (или) опыт руководства о действии ЧФ находятся вне понимания этого явления;
- кому в организации для установленного влияния ЧФ можно доверять при решении вопросов (принятии решений), а кому нельзя.

Эксперту необходимо оценить и учесть:

- какие аспекты влияния ЧФ являются постоянными, а какие – могут изменяться и за какой промежуток времени;
- если влияние ЧФ имеет периодический характер, то что является причиной этого.

Следует также иметь в виду, что индивидуальные причины возникновения ЧФ являются более постоянными и долговременными (пол, возраст, образование, опыт и т. п.), чем причины организационных мероприятий или действий руководителей, которые могут быть быстротечны (изменение производственных условий, кадровые перестановки, изменения структуры и др.). Однако к любым быстрым изменениям персонал должен приспособиться, а это тоже может спровоцировать новые причины проявления ЧФ в организации.

Выводы

Дополнительные возможности для количественной оценки влияния ЧФ на ТС в организации – это инструмент для эффективного управления производством. При-

кладная методология эксперта должна сочетать подходы оценки ситуации и возможности сравнения данных проведенных исследований с подходящими моделями влияния ЧФ на элементы производственной системы.

Применение статистических закономерностей для количественной оценки влияния ЧФ на безопасность производства, в зависимости от сформулированных задач, имеет прикладное значение, и его можно использовать для расширения экспертных возможностей¹.

Эксперты, квалифицированные специалисты и руководители должны в разрезе своих конкретных полномочий и производственных ситуаций формулировать детальные рекомендации и принимать решения для поиска причин возникновения ЧФ, разрабатывать компенсационные меры, добросовестно и качественно проводить оценку реальной обстановки в своих коллективах с целью повышения персональной и организационной культуры безопасности, уделять внимание подготовке работников и руководителей производств и подразделений, работать над повышением компетентности – своей и работников.

Список литературы / References

Абрамова В. Н. *Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике*. Москва; Обнинск: ИГ – СОЦИН, 2009. 257 с.

Abramova V. N. *Organizational psychology, organizational culture and safety culture in atomic energy*. Moscow; Obninsk: IG – SOTsIN, 2009. 257 p. (In Russ.)

Лобач Д. И. Новые проблемы, методология и возможности сэйфеометрики. *Промышленная безопасность*, 2023, № 01, с. 34–36.

Lobach D. I. New problems, methodology and possibilities of safeometrics. *Industrial safety*, 2023, no. 01, pp. 34–36. (In Russ.)

Лобач Д. И., Штомпель В. П. *Практикум по ядерной физике*. Ч. 1. Минск: Международный экологический университет им. А. Д. Сахарова, 2001. 72 с.

Lobach D. I., Shtompel V. P. *Practical workshop on nuclear physics*. Part1. Minsk: Mezhdunarodnyi ekologicheskii universitet im. A. D. Sakharova, 2001. 72 p. (In Russ.)

Машин В. А. Современные основы концепции культуры безопасности. *Электрические станции*, 2014, № 10 (999), с. 2–10. EDN: SXMQFF

Mashin V. A. Modern fundamentals of the concept of safety culture. *Electrical stations*, 2014, no. 10 (999), pp. 2–10. (In Russ.) EDN: SXMQFF

Человеческий фактор и безопасность ядерных установок: сборник материалов Международной научно-практической конференции МК-2000. (г. Обнинск, 24–26 октября 2000 г.). Обнинск: Прогноз, 2001. 152 с.

¹ Лобач Д. И. Новые проблемы, методология и возможности сэйфеометрики // *Промышленная безопасность*. 2023. № 01. С. 34–36.

Human Factor and Safety of Nuclear Installations: Proceedings of the International Research and Practice Conference MK-2000. (Obninsk, October 24–26, 2000). Obninsk: Prognoz, 2001. 152 p. (In Russ.)

Human factors engineering aspects of instrumentation and control system design. Series: IAEA nuclear energy series, no. NR-T-2.12. Vienna: International atomic energy agency, 2021. 260 p.

Human factors engineering in the design of nuclear power plants. Series: IAEA safety standards series, no. SSG-51. Vienna: International atomic energy agency, 2019. 81 p.

Performing safety culture self-assessments. Safety reports series, no. 83. Vienna: International atomic energy agency, 2016. 157 p.

Regulatory oversight of human and organizational factors for safety of nuclear installations. Series: IAEA TECDOC series, no. 1846. Vienna: International atomic energy agency, 2018. 66 p.

Safety culture in the maintenance of nuclear power plants. Safety reports series, no. 42. Vienna: International atomic energy agency, 2005. 49 p.

Self-assessment of safety culture in nuclear installations. Highlights and good practices. Series: IAEA TECDOC series, no. 1321. Vienna: International atomic energy agency, 2002. 36 p.

Сведения об авторе

Дмитрий Иосифович Лобач – кандидат технических наук, гражданский государственный служащий в отставке; <https://orcid.org/0000-0001-5512-0032>, lobachd@yandex.ru, Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (д. 16, ул. Берсона, 220030 Минск, Беларусь); **Dmitry I. Lobach** – Candidate of Technical Sciences, Civil servant in retirement, <https://orcid.org/0000-0001-5512-0032>, lobachd@yandex.ru, Department on Nuclear and Radiation Safety, Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (16, ul. Bersona, 220030 Minsk, Belarus).

Статья поступила в редакцию 27.06.2024; одобрена после рецензирования 14.10.2024; принята к публикации 28.10.2024.

The article was submitted 27.06.2024; Approved after reviewing 14.10.2024; Accepted for publication 28.10.2024.