

УДК 629.064.5
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-3-72-81>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2023

Оценивание индивидуального риска травматизма обслуживающего персонала при эксплуатации сложных технических систем с помощью имитационной модели

Андреев Е.А.*,
Вивчарь Р.М.,
Решетников Д.В.,

Военно-космическая
академия
имени А.Ф. Можайского,
197198, Россия,
г. Санкт-Петербург,
ул. Ждановская, д. 13

Аннотация

В типовой системе обеспечения безопасности эксплуатации оборудования сложных технических систем важнейшим элементом является оценивание индивидуального риска гибели (травмы) и/или нанесения вреда здоровью обслуживающему персоналу. Поэтому в процессе выработки качественного решения по формированию перечня и параметров мероприятий программы обеспечения безопасности необходимо оценивать показатели индивидуального риска, что осложнено наличием различных неопределенностей, которые обуславливают появление индивидуального риска при эксплуатации оборудования. В статье представлена имитационная модель, позволяющая оценивать показатели индивидуального риска гибели (травматизма) обслуживающего персонала при эксплуатации оборудования в целях формирования программы обеспечения безопасности. Данная имитационная модель отличается от существующих тем, что в результате агрегирования моделей подпроцессов функционирования системы эксплуатации сложной технической системы удается установить взаимосвязь между сценариями реализации негативных событий, параметрами мероприятий программы обеспечения безопасности и комплексным влиянием всех существенных нежелательных факторов. Разработанная имитационная модель позволяет повысить адекватность оценки показателя индивидуального риска: индивидуального риска гибели (травмы) и/или нанесения вреда здоровью обслуживающему персоналу. Работоспособность методологии будет продемонстрирована на примере получения электротравмы обслуживающим персоналом при эксплуатации системы электрообеспечения.

Ключевые слова: системы электрообеспечения; безопасная эксплуатация; индивидуальный риск гибели (травмы).

Для цитирования: Андреев Е.А., Вивчарь Р.М., Решетников Д.В. Оценивание индивидуального риска травматизма обслуживающего персонала при эксплуатации сложных технических систем с помощью имитационной модели // Проблемы анализа риска. 2023. Т. 20. № 3. С. 72—81, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-3-72-81>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Assessment of the Individual Risk of Injury to Service Personnel During the Operation of Complex Technical Systems Using a Simulation Model

Evgeny A. Andreev*,
Roman M. Vivchar,
Dmitry V. Reshetnikov,
Military Space Academy
named after A.F. Mozhaisky,
Zhdanovskaya str., 13,
St. Petersburg, 197198, Russia

Abstract

In a typical system for ensuring the safety of operation of equipment of complex technical systems, the most important element is the assessment of the individual risk of death (injury) and/or harm to the health of service personnel. Therefore, in the process of developing a qualitative decision on the formation of a list and parameters of safety program measures, it is necessary to assess individual risk indicators, which is complicated by the presence of various uncertainties that cause the appearance of individual risk during the operation of equipment. The article presents a simulation model that allows assessing the indicators of individual risk of death (injury) of service personnel during the operation of equipment in order to form a safety program. This simulation model differs from the existing ones in that, as a result of aggregation of models of subprocesses of the operation of a hazardous production facility, it is possible to establish a relationship between the scenarios of the implementation of negative events, the parameters of the safety program measures and the complex effects of all significant undesirable factors. The developed simulation model makes it possible to increase the adequacy of the assessment of the risk indicator: the individual risk of death (injury) and/or harm to the health of service personnel. The efficiency of the methodology will be demonstrated by the example of receiving an electrical injury by maintenance personnel during operation of the power supply system.

Keywords: power supply systems; safe operation; risk of death (injury).

For citation: Andreev E.A., Vivchar R.M., Reshetnikov D.V. Assessment of the individual risk of injury to service personnel during the operation of complex technical systems using a simulation model // Issues of Risk Analysis. 2023;20(3):72-81, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-3-72-81>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Основная часть
Заключение
Литература

Введение

В настоящее время в основе системы обеспечения безопасности эксплуатации оборудования сложной технической системы (СТС) при обосновании параметров организационно-технических мероприятий, проводимых в целях достижения минимального значения вероятности гибели (травматизма) обслуживающего персонала, лежит теория управления риском [1]. Данное научно-методическое обеспечение активно развивается и внедряется в практику управления опасными производственными объектами. В рамках этого процесса разрабатывается множество нормативных документов. К одному из таких документов относится программа обеспечения безопасности (ПОБ). Разработка ПОБ заключается в формировании перечня организационно-технических мероприятий и обосновании их параметров. Данный процесс осложнен наличием различных неопределенностей, которые обуславливают появление индивидуального риска при эксплуатации оборудования СТС. Поэтому в процессе выработки качественного решения необходимо оценивать показатели индивидуального риска.

Наиболее распространенными методами оценивания показателей индивидуального риска являются экспертные методы [1, 2]. Однако при использовании данных методов возникает ряд трудностей, связанных с высокой сложностью отбора достаточного количества экспертов требуемой квалификации и с согласованием полученных от них данных, анализом этих данных и их интерпретацией. Применение имитационного моделирования [3] для оценивания показателей индивидуального риска позволит преодолеть трудности, связанные с использованием названных выше методов.

Целью данной статьи является представление разработанной имитационной модели, позволяющей оценивать показатели индивидуального риска гибели (травматизма) обслуживающего персонала (ОП) при эксплуатации оборудования СТС в целях формирования ПОБ. Работоспособность методологии будет продемонстрирована на примере получения электротравмы обслуживающим персоналом при эксплуатации системы электроснабжения (СЭС).

Основная часть

Для оценивания индивидуального риска получения электротравмы ($R_{\text{этр}}$) ОП необходимо разработать имитационную модель (ИМ) функционирования системы эксплуатации (СЭ) оборудования СТС, которая помимо самого оборудования включает в себя СЭС, дополнительные технические средства защиты, дополнительные средства индивидуальной защиты (СИЗ) и электрозащитные средства (ЭЗС) применяемых ОП.

Для разработки ИМ функционирования СЭ оборудования СТС, позволяющей оценить показатель индивидуального риска, воспользуемся методологией, представленной в [3]. Согласно этой методологии процесс разработки ИМ включает в себя выполнение четырех последовательных этапов:

- построение дерева целей решения по обоснованию параметров ПОБ (этап I);
- выявление нежелательных факторов и разработка сценариев недостижения каждой цели решения по обоснованию параметров ПОБ (этап II);
- разработка моделей подпроцессов функционирования СЭ оборудования СТС и их агрегирование (этап III);
- оценка адекватности разработанной имитационной модели (этап IV).

Опишем каждый из них.

Этап I. Построение дерева целей решения по обоснованию параметров ПОБ

На этом этапе необходимо выстроить иерархию целей, на достижение которых должно быть направлено решение по обоснованию параметров ПОБ. Ключевой целью такого решения является обеспечение безопасной эксплуатации (БЭ) оборудования СТС с точки зрения снижения вероятности гибели (травмы) и/или нанесения вреда здоровью ОП. Для достижения этой цели необходимо выполнение различных подцелей, представленных на рис 1.

При этом введем допущение, что отказ элемента СЭС приводит к появлению потенциала на корпусе оборудования СТС. Будем рассматривать возможность получения травмы ОП только в процессе восстановления работоспособного состояния оборудования СТС. Основанием для введения такого допущения является анализ эксплуатации различного

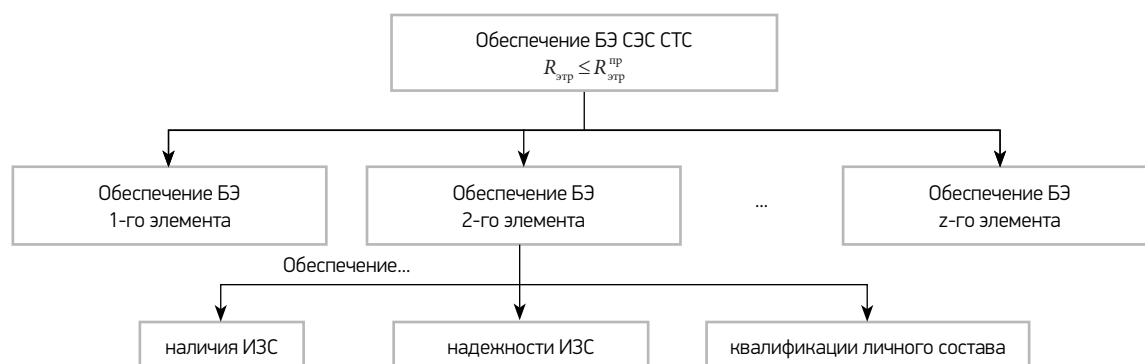


Рис. 1. Дерево целей, достижение которых необходимо для обеспечения безопасности эксплуатации оборудования СТС, где: $R_{этр}$, $R_{этр}^{пр}$ — фактическая и приемлемая вероятность получения электротравмы ОП

Figure 1. Tree of goals, achievement of which is necessary to ensure safety of CTS equipment operation, where: $R_{этр}$, $R_{этр}^{пр}$ — actual and acceptable probability of obtaining electrical trauma of SP

оборудования СТС, показавший, что наибольшее количество травм обслуживающим персоналом было получено именно в процессе восстановления его работоспособного состояния.

Этап II. Выявление нежелательных факторов и разработка сценариев недостижения каждой цели решения по обоснованию параметров ПОБ

В результате проведенного анализа было выявлено, что нежелательными факторами, оказывающими влияние на процесс достижения цели решения по обоснованию параметров ПОБ, являются: отказ элемента СЭС, появление напряжения на корпусе элемента СЭС, появление напряжения на отключен-

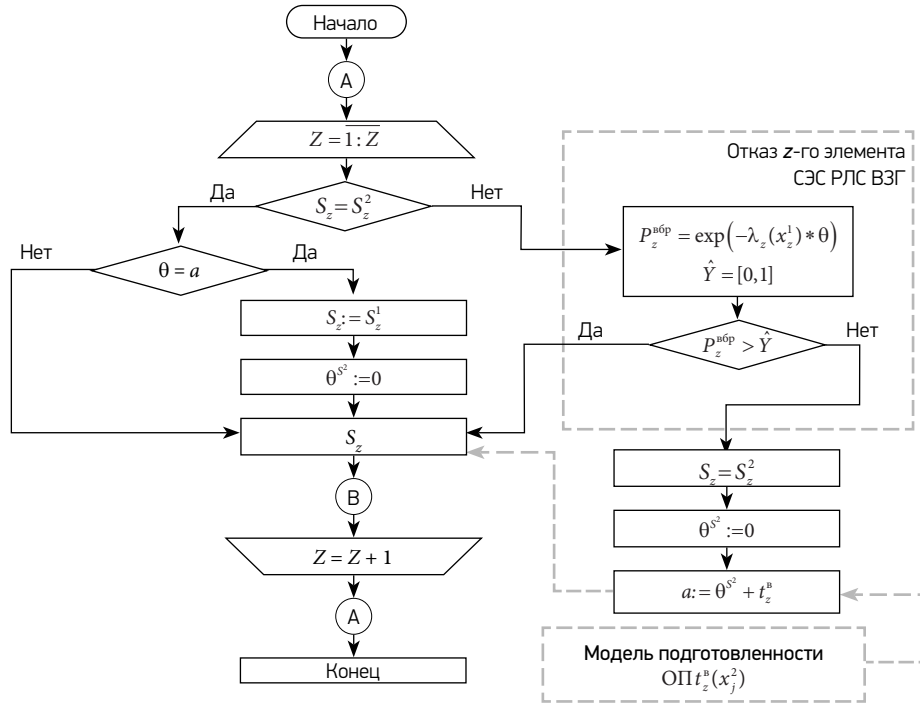
ных токоведущих частях в составе элемента СЭС, отсутствие требуемого количества и исправности СИЗ, ЭЗС, а также технических средств защиты от поражения ОП электрическим током, возможность их отказа, недостаточная квалификация ОП с точки зрения знаний требований безопасности при восстановлении элементов СЭС.

Далее было построено дерево событий, отражающее результаты совокупного влияния различных сочетаний выявленных нежелательных факторов и характеризующее возможные сценарии процесса недостижения каждой цели решения, начиная от целей нижнего уровня, и их последствия. На рис. 2

Иницирующий нежелательный фактор (А)	Последующие нежелательные события			Сценарий	Результирующее событие сценариев, характеризующее возможный ущерб и реализации этих сценариев
	вероятность безотказной работы УЗО	вероятность безошибочных действий ОП	вероятность отказа ЭЗС		
	$P(A_1 A)$	$P(A_2 A)$	$P(A_3 A)$		
Отказ элемента СЭС 	$P(A_1 A)$			№ 1	Отсутствие электротравм
		$P(A_2 A)$	$P(A_3 A)$	№ 2	Отсутствие электротравм
			$\bar{P}(A_3 A)$	№ 3	Получение электротравм
	$\bar{P}(A_1 A)$	$\bar{P}(A_2 A)$		№ 4	Получение электротравм

Рис. 2. Возможный сценарий поражения ОП электрическим током от вероятности нежелательных событий

Figure 2. Possible scenario of electrical shock for service personnel from the probability of undesirable events

Рис. 4. Алгоритм модели функционирования z-го элемента (S_z)Figure 4. Algorithm of the z-th element functioning model (S_z)

случае отказа нет. Подобный подход широко применяется в имитационном моделировании [5]. Далее в алгоритме производится расчет времени восстановления z-го элемента в зависимости от уровня подготовки ОП.

Таким образом, модель сценария поражения ОП электрическим током в результате отказа z-го элемента СЭС и модель функционирования z-го элемента взаимосвязаны, а именно: в случае отказа z-го элемента реализуется сценарий поражения ОП электрическим током. Обе модели интегрированы в имитационную модель функционирования СЭС, представленную на рис. 5. Данный алгоритм позволяет в зависимости от структурной схемы надежности СЭС рассчитать коэффициент готовности СЭС. В общем случае функция готовности восстанавливаемых систем в произвольный момент времени t может быть представлена:

$$K_{\Gamma}(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{[-(\lambda + \mu) \cdot t]}, \quad (1)$$

где λ — интенсивность отказов, ч^{-1} ;

μ — интенсивность восстановления, ч^{-1} .

С учетом того, что наработка на отказ $T_0 = 1/\mu$ и среднее время восстановления $T_B = 1/\lambda$, получаем еще одно выражение для функции готовности:

$$K_{\Gamma}(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B} + \frac{T_B}{T_0 + T_B} \cdot e^{\left[-\left(\frac{1}{T_0} + \frac{1}{T_B}\right) \cdot t\right]}. \quad (2)$$

При $t = 0$ функция готовности равна единице $K_{\Gamma}(0) = 1$. Предельное значение функций готовности называется коэффициентом готовности:

$$K_{\Gamma} = \lim_{t \rightarrow \infty} K_{\Gamma}(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B}. \quad (3)$$

Наработку на отказ T_0 можно представить в виде разницы наработки СЭС θ и ее времени восстановления $t_B^{\text{СЭС}}$, получим:

$$T_0 = \theta - t_B^{\text{СЭС}}. \quad (4)$$

Из этого следует, что коэффициент готовности можно представить в виде [6]:

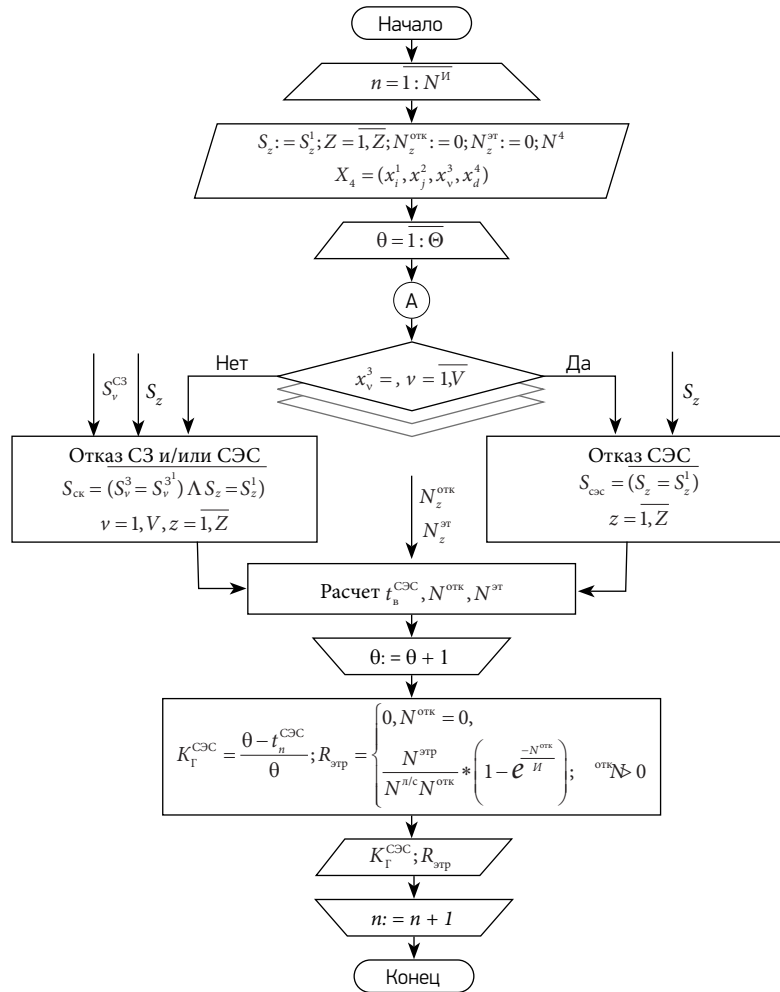


Рис. 5. Алгоритм имитационной модели функционирования СЭ СЭС

Figure 5. Algorithm of simulation model of ES ESS functioning

$$K_{\Gamma}^{\text{СЭС}} = \frac{\theta - t_{\text{Б}}^{\text{СЭС}}}{\theta}. \quad (5)$$

В общем случае расчет индивидуального риска получения электротравмы ($R_{\text{эп}}$) ОП за рассматриваемый период времени осуществляется по формуле [7]:

$$R_{\text{эп}} = P^{\text{отк}} \cdot P^{\text{эп}}, \quad (6)$$

где $P^{\text{отк}} = 1 - e^{(-\lambda \cdot \theta)}$ — вероятность отказа СЭС;

$\lambda = \frac{N^{\text{отк}}}{N_{\text{и}}}$ — интенсивность отказов СЭС, рассчитывается как отношение количества отказов элементов СЭС $N^{\text{отк}}$ к $N_{\text{и}}$ итерации имитационного моделирования;

$$P^{\text{эп}} = \frac{N^{\text{эп}}}{N^{\text{оп}} N^{\text{отк}}} — \text{условная вероятность получения}$$

электротравмы в случае отказа z -го элемента СЭС. Выражение (6) можем преобразовать:

$$R_{\text{эп}} = \frac{N^{\text{эп}}}{N^{\text{оп}} N^{\text{отк}}} \left(1 - e^{-\frac{N^{\text{отк}}}{N^{\text{и}}} \theta} \right), \quad (7)$$

где $N^{\text{эп}}$ — количество полученных электротравм; $N^{\text{оп}}$ — количество обслуживающего персонала.

Количество итераций имитационного моделирования позволяет определить вероятность возникновения нежелательных событий за промежуток времени, год.

Научная новизна этой модели заключается в том, что разработанные алгоритмы взаимодействия между частными моделями позволяют учесть комплексное влияние на показатели индивидуального риска поражения ОП и готовности защиты СЭС от нежелательных факторов.

Этап IV. Оценка адекватности разработанной имитационной модели

Для проверки адекватности представленной имитационной модели был использован подход, представленный в [8] и заключающийся в оценивании меры близости результатов, полученных при моделировании, и результатов, полученных из статистических данных.

В результате обработки данных многократной имитации процесса функционирования СЭ СЭС путем ядерной оценки плотности вероятности методом Парзена — Розенблатта [9, 10] удается получить закон распределения индивидуального риска получения электротравм $R_{\text{этр}}$, представленный в таблице и на рис. 6.

Построим функцию распределения риска получения электротравмы:

- 1) при $R_{\text{этр}} = 0$ $F(R_{\text{этр}}) = 0$;
- 2) при $0 < R_{\text{этр}} \leq 0,00005$ $F(R_{\text{этр}}) = 0,951$;
- 3) при $0,00005 < R_{\text{этр}} \leq 0,00015$
 $F(R_{\text{этр}}) = 0,951 + 0,028 = 0,979$;
- 4) при $0,00015 < R_{\text{этр}} \leq 0,00025$
 $F(R_{\text{этр}}) = 0,951 + 0,028 + 0,013 = 0,992$;
- 5) при $0,00025 < R_{\text{этр}} \leq 0,0003$
 $F(R_{\text{этр}}) = 0,951 + 0,028 + 0,013 + 0,006 = 0,998$;
- 6) при $R_{\text{этр}} > 0,0003$
 $F(R_{\text{этр}}) = 0,951 + 0,028 + 0,013 + 0,006 + 0,002 = 1$.

График функций распределения представлен на рис. 6.

График функции распределения любой прерывной случайной величины всегда есть разрывная ступенчатая функция, скачки которой происходят в точках, соответствующих возможным значениям случайной величины, и равны вероятности этих значений. Сумма всех скачков функций $F(R_{\text{этр}})$ равна единице [11].

Так как вероятность попадания случайной величины на заданный участок равна приращению функции распределения на этом участке, то:

$$P(R_{\text{этр}} > R_{\text{этр}}^{\text{нр}}) = F(0,0003) - F(0,00005) = 1 - 0,951 = 0,049.$$

Таблица. Ряд распределения риска получения электротравмы

Table. A number of risk distributions for electrotrauma

$R_{\text{этр}} (N_{\text{этр}})$	0	0,00005	0,00015	0,00025	0,0003
$P(R_{\text{этр}} > R_{\text{этр}}^{\text{нр}})$	0,951	0,028	0,013	0,006	0,002

Таким образом, полученная функция распределения позволит определить значение вероятности $P(R_{\text{этр}} > R_{\text{этр}}^{\text{нр}})$, которая является показателем риска решений, направленных на обоснование ПОб. Этот показатель можно использовать в качестве показателя эффективности таких решений. На основе оценивания вероятности $P(R_{\text{этр}} > R_{\text{этр}}^{\text{нр}})$ в дальнейшем возможно обосновать значения параметров ПОб по критерию минимизации этой вероятности. В качестве метода оптимизации можно использовать метод дифференциальной эволюции. Применимость такого метода обусловлена возможностью нахождения аналитической зависимости вероятности $P(R_{\text{этр}} > R_{\text{этр}}^{\text{нр}})$ от параметров ПОб. В качестве такой «зависимости» должна использоваться имитационная модель функционирования СЭ СЭС.

Представленная в статье имитационная модель функционирования СЭ СЭС является составной частью методики управления безопасностью эксплуатации СЭС. Применение данного научно-методического аппарата объединенной группой «Электро Сервис» (г. Санкт-Петербург) для обоснования дополнительных организационно-технических мероприятий ПОб и их реализация в практике

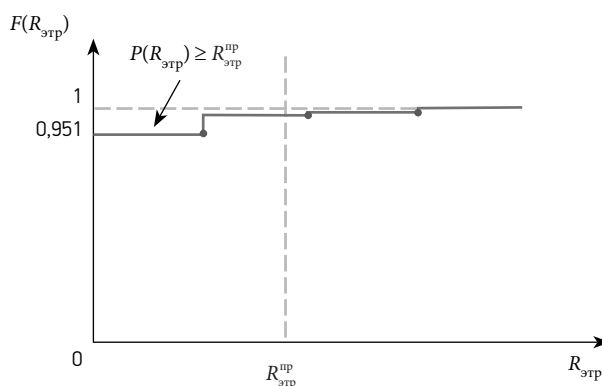


Рис. 6. Распределение индивидуального риска поражения ОП электрическим током

Figure 6. Distribution of individual risk of electrical shock in EP

позволили снизить индивидуальный риск электротравматизма на 10%. Примерами дополнительных мероприятий ПОБ явились: применение блокираторов на коммутационные аппараты при производстве отключений, установка термоиндикаторов на жилах кабельных линий и распределительных шин, включение в электрическую схему снабжения дополнительных устройств защитного отключения, увеличение времени на подготовку ОП по охране труда при выполнении работ на СЭС.

Заключение

Разработанная имитационная модель функционирования СЭ СЭС с помощью изменения параметров дополнительных мероприятий (x^1 , x^2 , x^3 , x^4) позволяет разработать комплекс мер, снижающих индивидуальный риск получения ОП электротравмы и включить его в ПОБ. Выполнение ОП данного ПОБ значительно снизит индивидуальный риск получения электротравмы.

Представленная имитационная модель функционирования СЭ СЭС отличается от известных тем, что разработанные алгоритмы взаимодействия между моделями подпроцессов функционирования этой системы эксплуатации позволяют учесть комплексное влияние на показатели риска решения по обоснованию ПОБ всех нежелательных факторов, что, в свою очередь, повышает адекватность оценки этих показателей.

Литература [References]

1. IEC 60812:2006 Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
2. Кузьмина Н.М., Ридли А.Н. Решение задачи синтеза рисков в управлении инфраструктурными объектами // Надежность. 2020. Т. 20. № 4. С. 42—49. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2020-20-4-42-49>. [Kuzmina N.M., Ridley A.N. Solving the problem of risk synthesis as part of infrastructure facility management // Dependability. 2020;20(4):42-49, (In Russ.), <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2020-20-4-42-49>]
3. Вивчарь Р.М., Птушкин А.И., Соколов В.Б. Риск-ориентированное управление созданием организационно-технических систем на основе использования имитационных моделей их функционирования // Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия: системный анализ и информационные технологии. 2021. № 2. С. 17—31, <https://doi.org/10.17308/sait.2021.2/3502> [Vivchar R.M., Ptushkin A.I., Sokolov B.V. Risk-based management of the design of organisational and technical systems based on simulation models of their functioning // Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies. 2021;(2):17-31, (In Russ.), <https://doi.org/10.17308/sait.2021.2/3502>]
4. Тихов М.С., Гришин В.А. Геометрические вероятности: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. 52 с. [Tikhov M.S., Grishin V.A. Geometric probabilities: Educational and methodological manual. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University. 2018. 52 p., (In Russ.)]
5. Марголис Н.Ю. Имитационное моделирование: Учеб. пособие. Томск: Издательский Дом Томского гос. университета, 2015. 130 с. [Margolis N.Yu. Simulation: tutorial. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2015. 130 p., (In Russ.)]
6. Александров Е.С. и др. Основы эксплуатации космических средств: Учеб. Пособие. Военный инженерно-космический университет имени А.Ф. Можайского. Санкт-Петербург: Вузовский учебник, 2000. 500 с. [Alexandrov E.S. et al. Basics of the operation of space facilities: training manual. Military Engineering and Space University named after A.F. Mozhaisky. St. Petersburg. University textbook, 2000. 500 p., (In Russ.)]
7. Приказ Ростехнадзора об утверждении руководства по безопасности от 03.11.2022 № 387 «Методические основы анализа опасностей и оценки индивидуально-го риска аварий на опасных производственных объектах» [Rostekhnadzor Order on Approval of Safety Manual No. 387 of 03.11.2022 “Methodological Basis for Hazard Analysis and Assessment of Individual Risk of Accidents at Hazardous Production Facilities”, (In Russ.)]
8. Поршневу С.В., Копосов А.С. Использование аппроксимации Розенблатта-Парзена для восстановления функции распределения непрерывной случайной величины с ограниченным одномодальным законом распределения // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 92(08). <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/76.pdf> [Porshnev S.V., Kuposov A.S. Using Rozenblatt-Parzen approximation for recovering a cumulative distribution function of continuous random variable with a bounded single-mode distribution rule // Scientific Journal of KubSAU. 2013;(92(08)), <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/76.pdf>, (In Russ.)]
9. Давыдов В.С. Распознавание зарождающихся дефектов в узлах корабельных механизмов в результате

- вибродиагностирования на основе оптимальных решающих правил // Дефектоскопия. 2019. № 3. С. 19—24, <https://doi.org/10.1134/S0130308219030047>. [Davydov V.S. Recognition of nascent defects in ship mechanisms nodes as a result of vibration diagnostics based on optimal decision rules // Flaw detection. 2019;(3):19-24, (In Russ), <https://doi.org/10.1134/S0130308219030047>]
10. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: Монография. М.: РАН, 2018. 314 с., <https://doi.org/10.31857/S9785907036321000001> [Mikoni S.V., Sokolov B.V., Yusupov R.M. Qualimetry of models and polymodel complexes: Monograph. M.: RAS, 2018. 314 p., <https://doi.org/10.31857/S9785907036321000001>]
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей [Текст]: Учебник для вузов. 3-е изд., испр. М.: Наука, 1964. 576 с. [Wentzel E.S. Probability theory [Text]: Textbook for vtuz. 3rd ed., Ref. Moscow: Nauka, 1964. 576 p., (In Russ.)]

Сведения об авторах

Андреев Евгений Александрович: преподаватель кафедры организации эксплуатации и технического обеспечения

Количество публикаций: 14

Область научных интересов: безопасность эксплуатации систем электроснабжения

Контактная информация:

Адрес: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13
evgeny.979@mail.ru

Вивчарь Роман Михайлович: преподаватель кафедры организации эксплуатации и технического обеспечения

Количество публикаций: 27

Область научных интересов: безопасность эксплуатации систем электроснабжения

Контактная информация:

Адрес: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13
ramzec9322@rambler.ru

Решетников Дмитрий Владимирович: доцент кафедры организации эксплуатации и технического обеспечения

Количество публикаций: 32

Область научных интересов: безопасность эксплуатации систем электроснабжения

Контактная информация:

Адрес: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13
reshetnikovdv@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 25.08.2022

После доработки: 20.02.2023

Одобрена после рецензирования: 20.04.2023

Принята к публикации: 16.05.2023

Дата публикации: 30.06.2023

The article was submitted: 25.08.2022

Received after reworking: 20.02.2023

Approved after reviewing: 20.04.2023

Accepted for publication: 16.05.2023

Date of publication: 30.06.2023