

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ
SAFETY CULTURE AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS
DEVELOPMENT OF PLACEMENT TERRITORIES
NUCLEAR INDUSTRY FACILITIES

УДК 621.311.25:005.334
DOI 10.26583/gns-2023-02-10
EDN IAOBLO

**Применение риск-ориентированного подхода при подготовке к
выполнению переключений на Нововоронежской АЭС**

А.А. Мозговой  , И.С. Рукин, А.В. Лебедева 

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», г. Нововоронеж, Россия
 MozgoviAIA@nvnpp1.rosenergoatom.ru*

Аннотация. В статье рассматривается один из проблемных вопросов эксплуатации атомных станций – потери выручки, произошедшие по вине персонала. Проанализированы существующие методы и подходы по снижению количества подобных инцидентов. Несмотря на предпринимаемые усилия, проблема остаётся по-прежнему актуальной. Одним из направлений по снижению количества отказов оборудования является изучение и использования в работе внутреннего и внешнего опыта эксплуатации. Приводится описание системы предупреждения повторения негативного опыта эксплуатации, разработанной на Нововоронежской АЭС, которая используется при подготовке к выполнению переключений на оборудовании. Система представляет собой информационную базу, информация в которой структурирована по типам применяемого на Нововоронежской АЭС оборудования, что позволяет доводить до оперативного персонала только ту информацию, которая имеет непосредственное отношение к предстоящим переключениям. Рассматриваются предложения по ее дальнейшему усовершенствованию с учетом рекомендаций международного агентства по атомной энергии. Дается прогноз динамики снижения количества нарушений после внедрения этой системы в промышленную эксплуатацию.

Ключевые слова: риск, подготовка к выполнению переключений, негативный опыт эксплуатации, дифференцированный подход, нарушения, риск-менеджмент, риск-ориентированный, эксплуатация АЭС, менеджмент качества, НДП.

Для цитирования: Мозговой А.А., Рукин И.С., Лебедева А.В. Применение дифференцированного (риск-ориентированного) подхода при подготовке к выполнению переключений на Нововоронежской АЭС. *Глобальная ядерная безопасность*. 2023;13(2):88–96. <https://doi.org/10.26583/gns-2023-02-10>

**Application of risk-based approach in switching operations
preparation at Novovoronezh NPP**

Aleksey A. Mozgovo  , Ilya S. Rukin, Anastasiya V. Lebedeva 

*Novovoronezh Nuclear Power Plant – a branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh, Voronezh region, Russia
 MozgoviAIA@nvnpp1.rosenergoatom.ru*

Abstract. The article discusses one of the problematic issues of operating nuclear power plants - revenue losses caused by staff mistakes. Existing methods and approaches to reducing the number of such incidents are analyzed. Despite the efforts made, the problem remains relevant. One of the directions for reducing the number of equipment failures is the study and use of internal and external operational experience. A description is given of a system for preventing the recurrence of negative operating experience, developed at the Novovoronezh Nuclear Power Plant, which is used in preparation for switching equipment. The system is an information base, the information in which is structured by types of equipment used at the Novovoronezh Nuclear Power Plant, allowing only the information directly related to the upcoming switches to be communicated to the operational staff. Suggestions for its further improvement, taking into account the recommendations of the International

Atomic Energy Agency, are considered. A forecast is given for the dynamics of reducing the number of violations after the introduction of this system into industrial operation.

Keywords: risk, preparation for switching, negative operating experience, graded approach, nonconformities, risk management, risk-oriented, NPP operation, quality management, staff violation.

For citation: Mozgovoj A.A., Rukin I.S., Lebedeva A.V. Application of risk-based approach in switching operations preparation at Novovoronezh NPP. *Global nuclear safety*. 2023;13(2):88-96 (In Russ.) <https://doi.org/10.26583/gns-2023-02-10>

Введение

В 2022 г. Концерн «Росэнергоатом» в очередной раз подтвердил свой статус крупнейшей энергогенерирующей компании страны, установив очередной рекорд: его филиалы – атомные станции выработали свыше 223,371 млрд. кВт.ч (для сравнения, за 2021 г. было выработано свыше 222,436 млрд. кВт.ч)¹.

Одним из факторов, оказывающий большое влияние на увеличение выработки, является выполнение мероприятий по повышению качества эксплуатации АЭС, выражающееся в снижении финансовых потерь из-за непланового изменения состава и состояния оборудования. Фактический объем недовыработки электрической энергии по инициативе АЭС (без учета генераторов, не входящих в единую энергетическую систему) в 2022 г. составил 12,609 млрд. кВт.ч., а фактический объем снижения поставки мощности из-за неготовности в 2022 г. – 0,646 млрд. кВт.ч., что в финансовом выражении эквивалентно сумме в 24 216 млн. рублей.

Статистика нарушений в работе АЭС по вине персонала

Особое внимание руководством концерна «Росэнергоатом» уделяется снижению потерь из-за нарушений, произошедших по вине персонала, являющихся одним из показателей АЭС в целях безопасности. Суммарные потери из-за нарушений, произошедших по вине персонала, в 2022 г. составили 542,188 млн. руб. или 2,2 % по отношению к общим потерям. Распределение ущерба от неправильных действий персонала по АЭС приведено на рисунке 1.

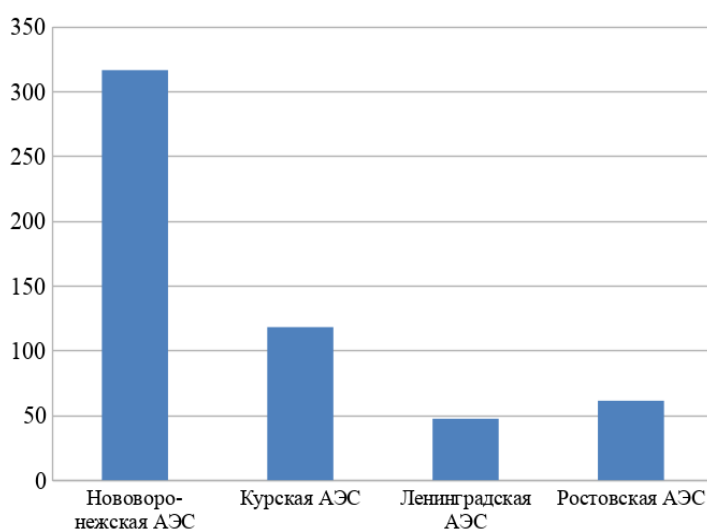


Рисунок 1. Потери от неправильных действий персонала², млн. руб.
Figure 1. Losses from incorrect actions of personnel, million rubles

¹ «Росэнергоатом»: АЭС России поставили в 2022 году рекорд по выработке – 223,371 млрд кВт.ч. URL: <https://rosatom.ru/journalist/arkhiv-novostey/-rosenergoatom-aes-rossii-postavili-v-2022-godu-rekord-po-vyrabotke-223-371-mlrd-kvt-ch/> (дата обращения 22.03.2023).

² Нарушение на Билибинской АЭС, произошедшее по вине персонала 07.08.2022, не привело к недовыработке электрической энергии.

Как видно из рисунка 1, основным вкладчиком в потери от нарушений, произошедших по вине персонала, по итогам 2022 г. явилась Нововоронежская АЭС. На рисунке 2 изображена доля финансовых потерь Нововоронежской АЭС от нарушений, произошедших по вине персонала, что в процентном отношении составило примерно 4,5 %.



Рисунок 2. Доля финансовых потерь Нововоронежской АЭС от нарушений, произошедших по вине персонала

Figure 2. Share of financial losses of Novovoronezh NPP from violations caused by personnel

При этом количество нарушений, произошедших по вине персонала, к общему числу нарушений составило 20%, что показано на рисунке 3.

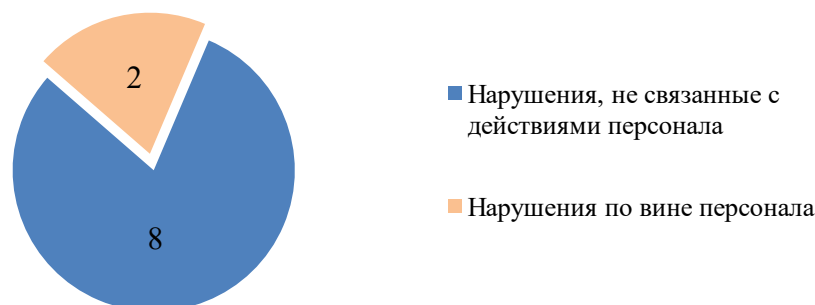


Рисунок 3. Доля нарушений на Нововоронежской АЭС, произошедших по вине персонала

Figure 3. Share of financial losses at Novovoronezh NPP from violations caused by the personnel

Таким образом, задача по снижению количества нарушений, вызванных действиями персонала, является по-прежнему актуальной.

Описание системы предупреждения повторения негативного опыта эксплуатации

Одной из возможностей по снижению количества нарушений, произошедших по вине персонала, является использование опыта эксплуатации, в том числе негативного.

Целью анализа и использования опыта эксплуатации (ОЭ) являются эффективное применение уроков, извлеченных из собственного опыта, опыта эксплуатации российских и зарубежных АЭС, предприятий традиционной электроэнергетики, атомной и др. отраслей промышленности для обеспечения / повышения безопасности, надежности и эффективности энергоблоков АЭС.

Для обеспечения использования собственного опыта на Нововоронежской АЭС реализуются следующие мероприятия:

- составление отчетов о нарушениях в работе, мероприятий, приказов директора по имевшим место инцидентам на НВАЭС и их направление в подразделения для использования, в том числе и для проработки с персоналом;
- проведение повторных и внеплановых инструктажей персоналу по вопросам эксплуатации оборудования и обеспечения безопасности с использованием опыта

Нововоронежской АЭС;

- подготовка и направление в подразделения для изучения с персоналом ежегодных обзоров о нарушениях в работе блоков НВАЭС с анализом причин нарушений и рекомендаций по предотвращению повторных нарушений;
- подготовка и направление в подразделения для изучения с персоналом и использования в работе ежегодных отчетов о надежности работы оборудования НВАЭС с рекомендациями по повышению надежности работы оборудования и АЭС;
- разработка программ противоаварийных тренировок для персонала НВАЭС с учетом имевших место нарушений и опыта эксплуатации НВАЭС;
- использование опыта эксплуатации при подготовке и проведении занятий с оперативным персоналом в учебно-тренировочном пункте НВАЭС и УТЦ НВАЭС;
- внесение в установленном порядке дополнений и изменений в эксплуатационную документацию, подготовленных на основании и использованием опыта эксплуатации.

Использование в работе Нововоронежской АЭС опыта эксплуатации других АЭС проводится посредством реализации следующих действий:

- изучение с персоналом экспресс-информаций по инцидентам на других АЭС, направляемых эксплуатирующей организацией, ВНИИАЭС, ВАОАЭС-МЦ;
- оперативная информация на утреннем селекторном совещании руководителей подразделений и начальников смен АЭС об инцидентах на других АЭС (по сообщениям эксплуатирующей организации);
- выполнение организационно-технических мероприятий, разработанных на основании экспресс-информаций по инцидентам на других АЭС России;
- изучение отчетов по эксплуатации, получаемых от других однотипных АЭС руководящим персоналом АЭС, подразделений, использование отчетов при подготовке и проведении занятий с оперативным персоналом в учебно-тренировочном пункте;
- изучение руководящим персоналом АЭС, подразделений, инструкторским составом учебно-тренировочного пункта, начальниками смен АЭС отчетов и анализов по нарушениям в работе, надежности работы оборудования АЭС, направляемых на НВАЭС эксплуатирующей организацией, ВНИИАЭС, заводами-изготовителями оборудования АЭС и т.д.;
- командирование на другие АЭС работников НВАЭС по обмену опытом;
- изучение и использование в работе рекомендаций, содержащихся в отчетах, информационных письмах, направленных на НВАЭС научными, конструкторскими, проектными и другими организациями по различным вопросам деятельности АЭС;
- изучение с персоналом информационных писем, циркуляров, экспресс-информаций, направляемых на НВАЭС надзорными органами;
- участие руководящих работников АЭС и подразделений в совещаниях, проводимых эксплуатирующей организацией, в том числе по обмену опытом;
- внесение в установленном порядке дополнений и изменений в эксплуатационную документацию, подготовленных на основании и с использованием опыта эксплуатации других АЭС России
- изучение материалов по эксплуатации АЭС, опубликованных в отраслевых журналах России по энергетике и атомной энергетике;
- изучение персоналом НВАЭС на курсах повышения квалификации опыта эксплуатации АЭС.

Опыт эксплуатации зарубежных АЭС также изучается и используется на Нововоронежской АЭС путем:

- изучения персоналом экспресс-информаций по инцидентам на зарубежных АЭС, направляемых на НВАЭС ВАО АЭС и ВНИИАЭС;
- технических визитов специалистов НВАЭС по обмену опытом по линии

ВАО АЭС и двухсторонних обменов, использование отмеченного положительного опыта на НВАЭС;

- использования опыта зарубежных АЭС при подготовке и проведении занятий с оперативным персоналом в учебно-тренировочном пункте НВАЭС;
- изучения и использования положительной практики, предложенной представителями зарубежных АЭС при посещении ими НВАЭС;
- внесения в установленном порядке дополнений и изменений в эксплуатационную документацию, подготовленных на основании и с использованием опыта эксплуатации зарубежных АЭС;
- изучения материалов по эксплуатации зарубежных АЭС, опубликованных в технических журналах, издающихся в России;
- изучения отчетов и анализов по нарушениям в работе, надежности работы оборудования зарубежных АЭС, направляемых на НВАЭС ВАО АЭС, МАГАТЭ.

Вся необходимая информация об опыте эксплуатации своевременно доводится до оперативного персонала в виде инструктажей, тренировок, внесения изменений в документацию и т.п. Однако в связи огромным количеством событий, подлежащих анализу для использования перед проведением регламентных работ, оперативному персоналу необходимо держать в голове большой массив информации, что увеличивает вероятность неполного учета опыта эксплуатации и потенциально может привести к возникновению аналогичных негативных событий.

В подобных случаях в концерне Росэнергоатом в целом и на Нововоронежской АЭС в частности выполняется разработка вспомогательных информационных систем по различным областям деятельности [1,2].

Для снижения вероятности неполного использования опыта эксплуатации в данном случае на Нововоронежской АЭС разработана система предупреждения повторения негативного опыта эксплуатации перед выполнением регламентных работ на АЭС, которая позволяет оперативному персоналу в течение не более одной минуты получать информацию по имеющемуся негативному опыту эксплуатации для конкретной системы АЭС.

По запросу оператора посредством фильтра выбора событий (рис. 4) система выводит перечень информации, привязанной к конкретному оборудованию в объеме нескольких страниц структурированного печатного текста, что позволяет провести анализ имеющегося эксплуатационного опыта в течение 10 минут.

База данных по неправильным действиям персонала

▼ Фильтр

Описание

Блок Система

Направление работы Вид работы

Начальная дата: Конечная дата:

Рисунок 4. Фильтр выбора событий для анализа
Figure 4. Event selection filter for analysis

Информация в систему заносится еженедельно, что позволяет ей постоянно оставаться в актуальном состоянии и оперативно учитывать опыт эксплуатации. Эксперты по анализу событий путем проработки сотни документов из отраслевой системы СПАНД и информационного сайта ВАО АЭС собирают информацию по событиям с выделением ключевых моментов и разрабатывают рекомендуемые вопросы

для проработки при проведении целевого инструктажа с целью предупреждения негативного опыта эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1. Перечень аналогичных событий для анализа при проведении целевого инструктажа

Table 1. List of similar events for analysis during targeted briefing

№ пп	АЭС	Дата события	Название	Система	Оборудование	Последствия
1	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события
2	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события
3	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события

Запрашиваемая информация об опыте эксплуатации несет в себе суть произошедшего события (краткое описание, непосредственная, коренная причина, способствующий фактор) и вопросы, которые нужно задать себе и своим подчиненным, при проведении целевого инструктажа перед проведением регламентных работ, для исключения повторения негативного события.

Применение дифференцированного подхода

В силу того, что риск допущения оперативным персоналом ошибок при выполнении переключения является частым явлением в деятельности организации, для снижения вероятности его возникновения необходимо применение риск-ориентированного подхода, главным преимуществом которого является улучшение эффективности процессов системы менеджмента качества. Происходит это путем своевременного выявления «опасных мест» процессов, что позволит в последующем избежать всевозможных потерь и предотвратить возникновение аналогичных негативных событий [3].

Кроме того, риск-ориентированный подход является неотъемлемой частью требований стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»³, что повышает актуальность внедрения данного подхода в деятельность организации [4].

Не будем заострять внимание и раскрывать детали и особенности этапов риск-менеджмента, отметим, что этот вопрос подробно рассмотрен в работе [5].

Как пример, доказывающий результативность применения риск-ориентированного мышления на практике, рассмотрим производственные риски, которые могут возникнуть при выполнении переключений:

- нарушение работы оборудования;
- снижение электрической мощности;
- недовыработка электроэнергии;
- останов энергоблока;
- производственная травма персонала;
- смертельный случай;
- облучение персонала выше пределов разрешенной дозы.

Производственные факторы риска обусловлены процессами трудовой деятельности. Производственный риск – это вероятность убытков, связанных с

³ ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт РФ. Системы менеджмента качества. Требования. ОКС 03.120.10. Дата введения 2015-11-01. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394> (дата обращения: 22.03.2023); ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Национальный стандарт РФ. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. ОКСТУ 0017. Дата введения 2017-03-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200134681> (дата обращения: 22.03.2023).

остановкой производственных процессов, нарушением технологии выполнения операций, низким качеством сырья или работы персонала [6].

Опираясь на требование НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» стоит отметить, что вопросам обеспечения безопасности АЭС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью⁴. С целью обеспечения безопасности документация МАТАГЭ «Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности. Общие требования безопасности. № GSR Part 2» предписывает как можно шире использовать дифференцированный подход в вопросах, связанных с управлением безопасностью [7].

Для того чтобы снизить вероятность возникновения рисков при выполнении переключений предлагается усовершенствование существующей на Нововоронежской АЭС системы предупреждения повторного негативного опыта, путем дифференцирования негативных событий по степени тяжести последствий (табл. 2).

Таблица 2. Перечень аналогичных событий для анализа при проведении целевого инструктажа, дифференцированных по степени тяжести последствий

Table 2. List of similar events for analysis during targeted briefing, differentiated by severity of consequences

№ пп	АЭС	Дата события	Название	Система	Оборудование	Последствия
1	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименовани е системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий события
2	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименовани е системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий события
3	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименовани е системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий события

События, тяжесть последствий которых максимальна, предлагается размещать в верхней части перечня и наоборот, события, последствия которых минимальны, предлагается размещать в конце перечня. Подобный подход находит применение в самых разнообразных областях по всему миру: при обосновании безопасности малых модульных реакторов [8], в вопросах кибербезопасности [9], при анализе культуры безопасности [10], для обоснования продления эксплуатации реакторных установок [11].

Прогноз динамики нарушений при внедрении системы

Одним из инструментов оценки надежности человека-оператора является алгоритм HEART (human error assessment and reduction technique), конкретное применение которого приведено в монографии Е. Calixto [12]. Исходя из предлагаемой для оценки вероятности ошибок (HEP) персонала формулы (1) возможна прогнозная оценка влияния разработанной системы на вероятность ошибок персонала:

$$HEP = GEP \prod_{i=1}^n (R(i)(W(i) - 1) + 1), \quad (1)$$

где GEP – номинальная вероятность ошибки;

R(i) – коэффициент важности сочетания условий ($\sum_{i=1}^n R(i) = 1$);

W(i) – весовой коэффициент.

Проведенный целевой инструктаж с использованием информации о негативном опыте эксплуатации как минимум нивелирует влияние приводящих к возникновению ошибок условий, перечисленных в таблице 3.

⁴ Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15). – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm/> (дата обращения: 22.03.2023).

Таблица 3. Перечень условий, приводящих к ошибке

Table 3. List of conditions leading to the error

№ пп	Условия, приводящие к ошибке	Вес W(i)
1	Несоответствие между воспринимаемым и реальным риском	4
2	Малый или несущественный смысл задания	1,4
3	Несогласованность того, как представляется процесс и его значимости	1,2

Таким образом, вероятность ошибок персонала, исходя из данных условий, может быть максимально снижена вплоть до четырех раз. Также для оценки риска может быть использовано более сложное программное обеспечение RiskSpectrum, которое применяется на АЭС в России и за рубежом [13]. Реальное снижение количества ошибок персонала при выполнении переключений можно будет оценить по показателю «Потери из-за нарушений, произошедших по вине персонала».

Заключение

Прошлые ошибки могут послужить ценными уроками для предотвращения их повторения, что делает опыт эксплуатации важным инструментом обеспечения безопасности. Существующий процесс информирования оперативного персонала НВАЭС об имеющемся опыте эксплуатации совместно с новой системой позволяет в полном объеме использовать накопленный опыт, минимизирует вероятность повторения негативных событий и снижает нагрузку на оперативный персонал при проведении регламентных переключений на Нововоронежской АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гусев И.Н., Поваров В.П., Тучков М.Ю., Кузиль А.С., Майорова М.М., Падун С.П. О проблеме интеллектуальной поддержки операторов для современных автоматизированных систем управления технологическим процессом энергоблоков с ВВЭР. *Ядерная и радиационная безопасность*. 2019;(S1): 46–54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42880979> (дата обращения: 22.03.2023).
2. Гусев К.Ю., Виткалов К.А., Данилов А.Д., Поваров В.П. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021660371. Информационная система административно-общественного контроля за состоянием охраны труда. Заявка №2021617876 от 24.05.2021; опублик. 25.06.2021. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46481125_87493111.PDF (дата обращения: 22.03.2023).
3. Маевская К.Л. Риск-ориентированное мышление как один из методов совершенствования процесса управления рисками. В кн.: *Метрология, стандартизация и управление качеством: материалы IV Всероссийской научно-технической конференции, Омск, 20–22 мая 2019 г.*; Омск: Омский государственный технический университет; 2019. С. 38–41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38546748> (дата обращения: 22.03.2023).
4. Лаптева О.Г., Киселева Н.В. Автоматизация процесса управления рисками на предприятиях нефтегазовой промышленности: анализ автоматизированных систем управления рисками. *Вестник науки и образования*. 2021;(5-1):5–14. URL: <https://scientificjournal.ru/images/PDF/2021/108/VNO-5-108-I-.pdf> (дата обращения: 22.03.2023).
5. Бадалова А.Г. Тохунц Н.Б. Регламентация процессов управления рисками в современном риск-менеджменте. *Вестник МГТУ «Станкин»*. 2021;(1):118–124. URL: <http://stankin-journal.ru/ru/articles/2428> (дата обращения: 22.03.2023).
6. Ерш В.С., Новиков И.А. Идентификация рисков как элемент системы управления рисками в организации. *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2021;6(1):14–22. URL: <http://openaccessscience.ru/index.php/ijcse/article/view/144> (дата обращения: 22.03.2023).
7. IAEA safety standards series № GSR Part 2. Leadership and management for safety. International atomic energy agency Vienna. 2016. URL: <https://www.iaea.org/publications/11070/leadership-and-management-for-safety> (дата обращения: 22.03.2023).
8. Lee K.W. The Canadian nuclear safety commission's readiness to regulate small modular reactors. *CNL Nuclear Review*. 2020;9(1):99-106. URL: https://www.researchgate.net/publication/342749163_THE_CANADIAN_NUCLEAR_SAFETY_COMMISSION'S_READINESS_TO_REGULATE_SMALL_MODULAR_REACTORS (дата обращения: 22.03.2023).
9. Park J.K., Park J.Y., Kim Y.K. A graded approach to cyber security in a research reactor facility. *Progress in Nuclear Energy*. 2013;(65):81–87. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2013.01.007>
10. Ahn J., Min B.J., Lee S.J. Graded approach to determine the frequency and difficulty of safety culture attributes: The F-D matrix. *Nuclear Engineering and Technology*. 2022;54(6):2067-2076.

<https://doi.org/10.1016/j.net.2021.12.028>

11. Karam M. Application of a graded approach to support the National Research Universal Reactor U-2 Experimental Loop Return to Service. *Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science*. 2020;6(1): 011801. <https://doi.org/10.1115/1.4044750>

12. Calixto E. Gas and oil reliability engineering: modeling and analysis. Waltham (the USA): Gulf Professional Publishing; 2013. 545 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/316475215_Gas_and_Oil_Reliability_Engineering_Modeling_and_Analysis_Second_Edition

13. Vrbancic I., Samanta P., Basic I. Risk importance measures in the design and operation of nuclear power plants. ASME Press; 2017. 141 p. <https://doi.org/10.1115/1.861394>

ВКЛАД АВТОРОВ:

Мозговой А.А. – предоставил концептуальную основу для исследования и написал основную часть текста статьи;

Рукин И.С. – организовал эксперимент, провел статистический анализ данных, составил таблицы и графики, подготовил техническое задание на проектирование информационной системы;

Лебедева А.В. – провела исследования, предоставила полученные данные и провела анализ результатов.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Без дополнительного финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алексей Александрович Мозговой, начальник отдела управления качеством, Нововоронежская атомная станция – филиал АО «Концерн Росэнергоатом», г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4856-6130>; e-mail: MozgovoiAlA@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Илья Сергеевич Рукин, начальник отдела использования опыта эксплуатации и расследования нарушений, Нововоронежская атомная станция – филиал АО «Концерн Росэнергоатом», г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация; e-mail: RukinIS@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Анастасия Валерьевна Лебедева, инженер отдела управления качеством, Нововоронежская атомная станция – филиал АО «Концерн Росэнергоатом», г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1963-9655>; e-mail: LebedevaAV@nvnpp1.rosenergoatom.ru

AUTHORS' CONTRIBUTION:

Mozgovoy A.A. – provided the conceptual framework for the study and wrote the bulk of the text of the article;

Rukin I.S. – organized an experiment, conducted a statistical analysis of data, compiled tables and graphs, prepared a technical task for the design of an information system;

Lebedeva A.V. – conducted research, provided data and analyzed results.

FUNDING:

Without additional funding.

CONFLICT OF INTEREST:

No conflict of interest.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Alexey A. Mozgovoy, Head of Quality Department, Novovoronezh Nuclear Power Plant – a branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh, Voronezh region, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4856-6130>; e-mail: MozgovoiAlA@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Ilya S. Rukin, Head of Operational Experience Use and Violations Investigation Department, Novovoronezh Nuclear Power Plant – a branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh, Voronezh region, Russian Federation; e-mail: RukinIS@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Anastasia V. Lebedeva, Quality Management Engineer, Novovoronezh Nuclear Power Plant – a branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh, Voronezh region, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1963-9655>; e-mail: LebedevaAV@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Поступила в редакцию 24.03.2023

После доработки 26.05.2023

Принята к публикации 06.06.2023

Received 24.03.2023

Revision 26.05.2023

Accepted 06.06.2023