Марченко О. К.
olgamarcha78@mail.ru

Причины отсутствия технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения

Актуальность темы исследования заключается в том, что в настоящее время цифровизация затрагивает многие сферы жизни человечества, начиная от семейной жизни и образования, заканчивая безопасностью стратегических объектов, которые в случае выхода из строя могут нанести колоссальный ущерб населению и природе. Не стоит забывать такую катастрофу, как авария на Чернобыльской АЭС, после которой жизнь для людей на огромной территории стала фактически невозможна. В связи с этим, технологии XXI века позволяют проводить мониторинг всех систем действующего объекта с помощью различных технологий, в т. ч. с помощью технологии «Цифровой двойник». В этом и заключается актуальность темы проведенного исследования.

В других странах технология «Цифровой двойник» начала свое действие намного раньше и активно используется на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, а также в космической отрасли [1].

Управленческая проблема исследования заключается в фактическом отсутствии применения в нашей стране технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасном объекте или объекте жизнеобеспечения.

Объект исследования – обеспечение безопасности на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения.

Предмет исследования – внедрение технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения.

Целью данного исследования является выяснение причин отсутствия технологии «цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения.

Методы исследования: экспертный опрос.

Прикладная потенциальная польза. Благодаря результатам проведенного исследования возможно выяснить причины отсутствия технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, а также предложить меры(предложения) для решения возникших проблем. Потенциальная прикладная польза данного исследования для студентов ВУЗов заключается в том, что данное исследование может быть продолжением аналогичного исследования, например научной статьи. Также результаты исследования могут быть основополагающим началом внедрения технологии «Цифровой двойник» на законодательном уровне для потенциально опасных объектов и объектов жизнеобеспечения.

Авторский анализ. Ежегодно в сфере техносферной безопасности происходит всё больше аварий и происшествий, связанных с выходом из строя устройств, которые созданы и функционируют для жизнеобеспечения населения. Наибольшую угрозу для населения и рабочих несут опасные потенциальные объекты [2]. Исходя из статистики Ростехнадзора по состоянию на 30 сентября 2022 года в госреестре числятся 175 566 ОПО, из которых (см. таблицу 1) [3]:

Таблица 1

Данные о количестве ОПО, находящихся под надзором Ростехнадзора и его территориальных органов (по состоянию на 30 сентября 2022 г.)

Класс опасности	Количество ОПО
I класс опасности	2191
II класс опасности	7812
III класс опасности	95 009
IV класс опасности	70 554

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28.10.2009 № 846 «Об утверждении правил расследования причин аварий в электроэнергетике» (далее – Правила) [4], Ростехнадзором расследовались 26 аварий за 2022 год. Из них в электроустановках потребителей – 2, на тепловых электростанциях – 2, на объектах электросетевого хозяйства – 22.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 17.10.2015 № 1114 «О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении и о признании утратившими силу отдельных положений правил расследования причин аварий в электроэнергетике» [5] Ростехнадзором расследовались 3 аварии за 2022 год. Из них на магистральных тепловых сетях – 2, на источнике тепловой энергии – 1.

На гидротехнических сооружениях в соответствии со ст. 11.1 Федерального закона от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [6] Ростехнадзором расследовались 2 аварии на земляных плотинах за 2022 год.

Каждое происшествие напоминает о том, что необходимо соблюдать правила безопасности и работать над улучшением условий труда и производства.

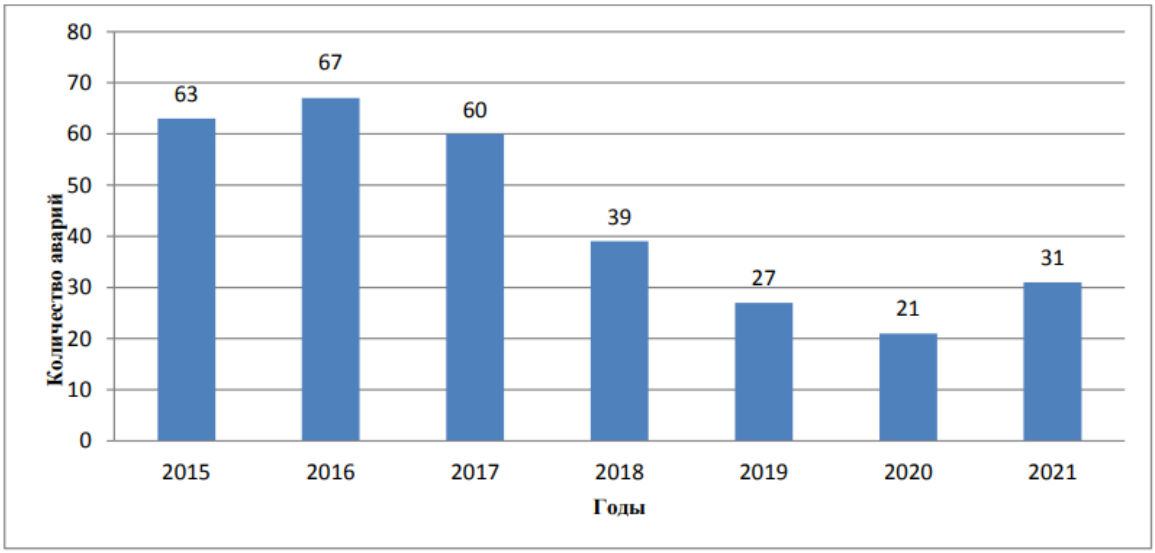


Рисунок 1 – Анализ показателей аварийности в динамике 2015–2021 гг. [7]

По федеральным округам Российской Федерации в 2021 году произошло распределение аварийных ситуаций, связанных с эксплуатацией электростанций, электрических сетей, тепловых установок и сетей, а также гидротехнических сооружений. Можем отметить тенденцию, что с каждым годом аварий становилось меньше, но в 2021 году данный показатель (количество аварий) начал снова расти. Данные на 2022 год отсутствуют, так как Ростехнадзор их не предоставил на официальном сайте.

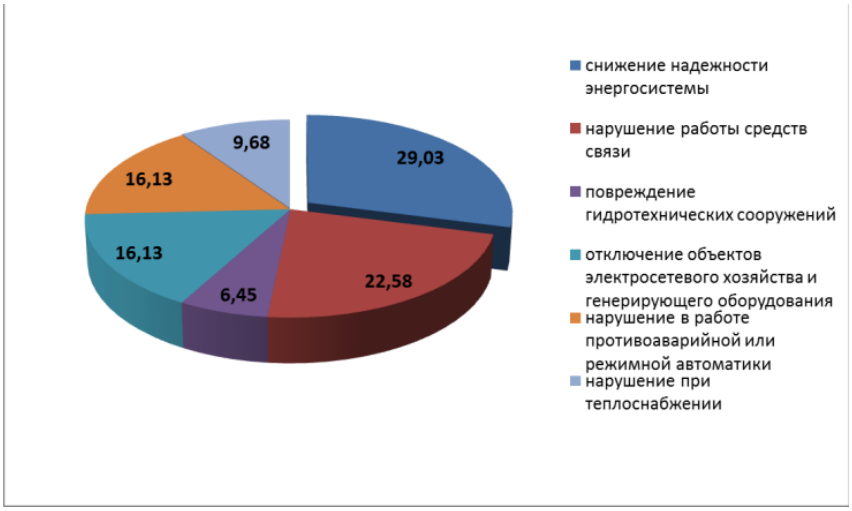


Рисунок 2 – Причины аварий, классифицируемых по признакам за 2021 год [8]

В 2021 году было зафиксировано несколько аварий, которые были классифицированы по следующим признакам. В результате 8 аварий (26,0 %) произошло отключение генерирующего оборудования или объектов электросетевого хозяйства, что привело к снижению надежности энергосистемы [8]. Более того, это привело к разделению энергосистемы на части и выделению отдельных энергорайонов Российской Федерации на изолированную от Единой энергетической системы России работу, когда все электрические связи с Единой энергетической системой были отключены. Все эти события произошли в период с 1 января по 31 декабря 2021 года [8].

В результате 7 аварий (22,5 %) возникало нарушение работы средств диспетчерского и технологического управления, что приводило к прекращению связи между диспетчерским центром субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, объектом электроэнергетики и (или) энергопринимающей установкой продолжительностью 1 час и более [8]. Это могло затронуть диспетчерскую связь, передачу телеметрической информации или управляющих воздействий противоаварийной или режимной автоматики.

В результате 5 аварий, произошедших на высших классах напряжения 110 кВт и выше, были зафиксированы нарушения в работе противоаварийной или режимной автоматики [8]. Эти нарушения могли быть вызваны ошибочными действиями персонала, а также приводили к отключению объекта электросетевого хозяйства, отключению или включению генерирующего оборудования суммарной мощностью 100 МВт и более, или прекращению электроснабжения потребителей электрической энергии суммарной мощностью 100 МВт и более [8].

Отключение объектов электросетевого хозяйства (высший класс напряжения 110 кВт и выше) и генерирующего оборудования мощностью 100 МВт и более на 2 и более объектах электроэнергетики вызвало 5 аварий (16,0 %). Прекращение электроснабжения потребителей электрической энергии, суммарная мощность потребления которых составляет 100 МВт и более, продолжалось 30 минут и более [8].

1 авария (3,2 %), в результате которой произошло обрушение несущих элементов технологических зданий, сооружений объекта электроэнергетики и (или) энергопринимающей установки, в том числе произошедшее вследствие взрыва или пожара, если такое обрушение привело к введению аварийного ограничения режима потребления электрической и (или) тепловой энергии (мощности) [8].

3 аварийные ситуации (9,8 %), при теплоснабжении (теплогенерирующие установки и сети) [8] (Правила расследования причин аварийных ситуаций при теплоснабжении,

утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 17.10.2015 № 1114 [4]).

2 аварии (6,5 %) [7], в результате которой произошло повреждение гидротехнического сооружения (ст. 11.1 Федерального закона № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [6]).

Таким образом, исходя из статистики Ростехнадзора, можем сделать вывод, что основными причинами аварий на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, является неисправность релейной защиты и автоматики, износ оборудования в процессе длительной эксплуатации, неправильная работа средств режимной и аварийной автоматики из-за проектных ошибок, отклонений от проектов в процессе монтажа и эксплуатации оборудования, нарушение в работе противоаварийной или режимной автоматики, обусловленное ошибочными действиями персонала, низкое качество технического обслуживания, приводящее к последующими отказам оборудования из-за сбоев в работе релейной защиты и автоматики, коротких замыканий, перекрытия фарфоровых изоляторов, производственные дефекты оборудования, приводящие к механическим повреждениям, разрушениям оборудования и возможному возгоранию [8]. Чтобы минимизировать влияние всех этих причин на потенциально опасный объект и объект жизнеобеспечения необходимо внедрить Ростехнадзору технологию «Цифровой двойник» на таких объектах. Суть этой технологии будет рассмотрена чуть ниже. Опыт внедрения технологии «цифровой двойник» в России уже встречается в городе Геленджик на очистном сооружении КОС «Толстый мыс» [9].

В связи с технологической сложностью объектов строительства, проектирование и строительство находятся в одних руках, поэтому у заказчика проекта ООО «Концессии водоснабжения Геленджик» возникла идея создания единой информационной модели. На данный момент завершается на КОС «Толстый мыс» проектная модель очистных сооружений, которая будет подвергнута государственной экспертизе. После этого она будет преобразована. Это написано в проекте КОС «Толстый Мыс» в строительную модель, а затем в эксплуатационную, то есть цифрового двойника.

Официально термин «Цифровой двойник» впервые упоминается в отчете NASA о моделировании и симуляции за 2010 год [10]. В нем говорится о сверхреалистичной виртуальной копии космического корабля, которая воспроизводила бы этапы строительства, испытаний и полетов.

Мощный толчок в развитии цифровых двойников произошел благодаря развитию искусственного интеллекта и интернета. Согласно исследованию Gartner Hype Cycle, описывающему циклы зрелости технологий, это произошло в 2015 году [10]. В 2016-м цифровые двойники и сами вошли в Gartner Hype Cycle, а к 2018 году оказались на пике [10].

Двойники создаются разными способами. Это может быть графическая 3D-модель, интегрированные математические модели – такие как CAE-системы (Computer-aided engineering, решения для инженерного анализа, расчетов и симуляций) для инженерных расчетов, также и различные технологии визуализации – включая голограммы, AR и VR [7].

Далее перейдем к анализу экспертного опроса, проведенного в научно-исследовательском центре Академии гражданской защиты МЧС России. В ходе опроса экспертам были заданы вопросы о технологии «Цифровой двойник» и причинах его отсутствия на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения. В экспертном опросе были задействованы 7 экспертов в возрасте больше 30 лет (71,4 %) и 20-25 лет (28,6 %), мужчины (57,1 %) и женщины (42,9 %), имеющие высшее (ВУЗ) (42,9 %), второе высшее

и далее (магистратура, аспирантура и т. д.) (42,9 %) и среднее специальное (колледж, техникум и т. п.) (14,3 %) образование. Опрос проводился в период с 1.04.2023 по 7.04.2023 года в электронном формате с использованием онлайн-сервиса Google Формы. Опрос проходил в форме анкеты. Образец анкеты, как и заполненные анкеты, хранятся на онлайн-сервисе Google Формы [11].

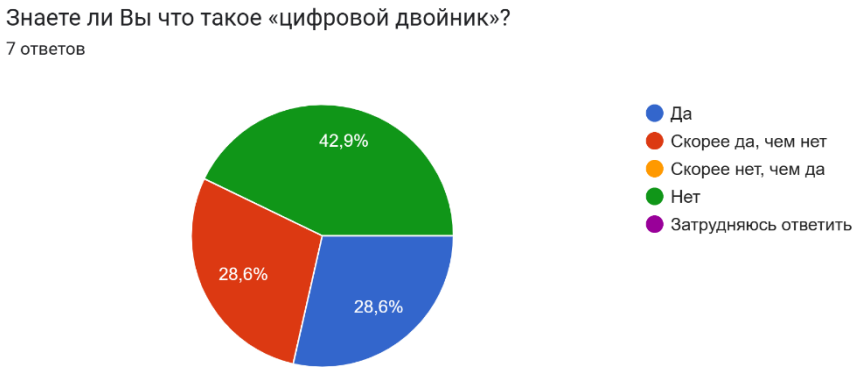


Рисунок 3. Результат ответа экспертов на вопрос: «Знаете ли Вы, что такое «Цифровой двойник?»

Исходя из результатов, мы можем сделать вывод, что большая часть респондентов не знает, что такое технология «Цифровой двойник» (42,9 %) и связано это скорее всего с простой неосведомлённостью, так как технология новая. Также есть процент тех, кто знает (28,6 %) и скорее знает (28,6 %), что свидетельствует о том, что данная технология постепенно будет внедряться в МЧС России.

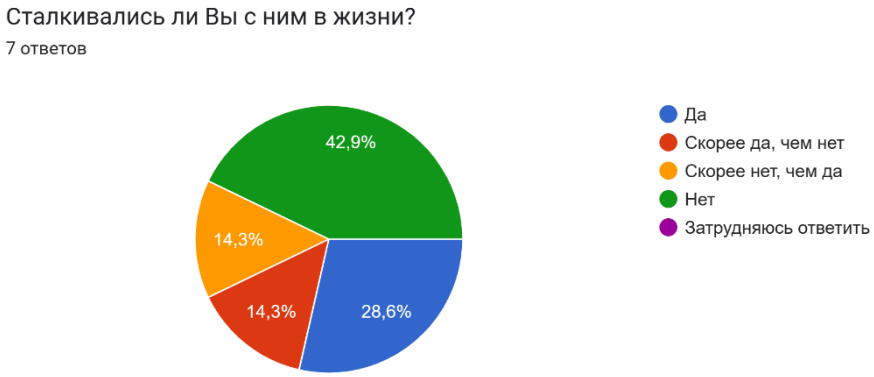


Рисунок 4. Результат ответа экспертов на вопрос: «Сталкивались ли Вы с ним в жизни?»

Мы можем наблюдать, что большая часть экспертов (57,2 %) с ними (Цифровыми двойниками) не сталкивались, так как в МЧС России они пока применяются, но не во всех областях, а даже если сталкивались с ними в жизни, просто не опознали данную технологию. Также есть процент тех, кто с ними сталкивался (42,9 %). Можем сделать вывод, что данной технологии необходимо время, чтобы стать общеизвестной в России и естественно все зависит от того, будут ли ее применять.



Рисунок 5. Результат ответа экспертов на вопрос: «Как Вы считаете, стоит ли внедрять «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения в России?»

Интерпретация на данный вопрос, следующая: большая часть экспертов считает, что данную технологию стоит внедрять (57,2 %), так как данная технология позволит предотвращать ЧС на опасных потенциальных объектах и объектах жизнеобеспечения, а также отслеживать какие либо аварии и нарушения на них, также есть процент тех, кто считает, что данная технология скорее всего не нужна (14,3 %) и те, кто затрудняется ответить на данный вопрос (28,6 %). Можем сделать вывод, что технология сможет предотвращать ЧС на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, так как «Цифровой двойник» отображает все системы и операции, которые производятся на таких объектах в реальном времени и устранить какую-либо ошибку можно будет заранее.



Рисунок 6. Результат ответа экспертов на вопрос: «Почему, по Вашему мнению «Цифровой двойник» не применяется на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения?»

По мнению экспертов, наиболее веской причиной, почему «Цифровой двойник» не применяется на ПОО и объектах жизни обеспечения, считается отсутствие подготовленных кадров, реализующих применение «Цифрового двойника» (57,1 %), а также отсутствие законодательных актов для реализации технологии «Цифровой двойник» (42,9 %),

отсутствие финансирования для реализации технологии «Цифровой двойник» (28,6 %) и отсутствие технологических программ для реализации технологии «Цифровой двойник» (28,6 %). Исходя из вышенаписанного, можно сделать вывод, что основной причиной, затрудняющей внедрение технологии «Цифровой двойник» является отсутствие подготовленных кадров, которые смогут ее реализовать, так как «Цифровой двойник» – это сложная система, требующая ответственного подхода.

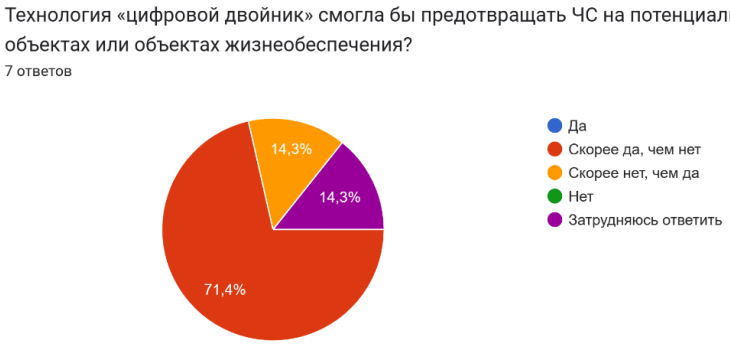


Рисунок 7. Результат ответа экспертов на вопрос: «Технология «цифровой двойник» смогла бы предотвращать ЧС на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения?»

Также эксперты отметили, что если технология «Цифровой двойник» была внедрена, то скорее смогла бы предотвращать ЧС на ПОО или объектах жизнеобеспечения (71,4 %), также некоторые эксперты затрудняются ответить на данный вопрос (14,3 %). Таким образом, большая часть экспертов считает, что внедрить данную технологию достаточно целесообразно, так как она сможет предотвращать чрезвычайные ситуации.



Рисунок 8. Результат ответа экспертов на вопрос: «Как Вы думаете, в ближайшее время технология «Цифровой двойник» будет создана на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения?»

Ориентируясь на ответы экспертов, внедрение данной технологии на ПОО или объектах жизнеобеспечения в ближайшее время вряд ли возможно (57,2 %), в связи с проблемами, которые они обозначили на рисунке 6. Также часть экспертов затруднились ответить на данный вопрос (28,6 %). Таким образом, несмотря на потенциальные достоинства этой технологии, ее реализация на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения в ближайшем будущем остается маловероятной и требует решения необходимых проблем.

Таким образом, исходя из полученных результатов, а именно на основе ответов экспертов на рисунке 6, автор исследования выделяет следующую причину (проблему) отсутствия технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения – **отсутствие подготовленных кадров, реализующих применение технологии «цифровой двойник» на ПОО и объекте жизнеобеспечения.**

Одна из причин отсутствия данной технологии была определена в данном исследовании, далее будет логическое продолжение данного исследования на основе социологического опроса студентов АГЗ МЧС России (в данной статье речь о нем не идет).

Для решения данной причины (проблемы) автор исследования разработал некоторые предложения (меры) (см. таблицу 2):

Таблица 2

Авторские предложения по решению выявленных в ходе исследования проблем

№ п/п	Проблема	Предложение (мера)	Какая проблема будет решена	Исполнитель	Необходимые ресурсы	Планируемый результат
1	Отсутствие кадров реализующие применение «Цифрового двойника» на потенциально опасном объекте или объекте жизнеобеспечения.	Внедрение в образовательные организации на постоянной основе цифровые кафедры, реализующие развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли.	Увеличение кадров в сфере IT, а именно 3D-моделировании, которые в будущем смогут реализовать технологию «Цифровой двойник» на потенциально опасном объекте или объекте жизнеобеспечения.	Министерство науки и высшего образования РФ; Министерство цифрового развития, связи и СМИ РФ.	Не требуются. Необходимо на законодательном уровне ввести обязательное создание цифровой кафедры в вузах до 2030 года. (на сам проект Федеральный проект «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» [8] выделено 69 522 235,3 0 тыс. рублей до 2030 году).	Развитие кадрового потенциала в области IT (3D-моделирование), реализующих технологию «Цифровой двойник» на потенциально опасном объекте или объекте жизнеобеспечения.
		Обучение существующих сотрудников в сфере IT, а именно 3D-моделировании, которые в будущем смогут реализовать технологию «Цифровой двойник» на потенциально опасном объекте или объекте жизнеобеспечения.	Возможность обучения действующего персонала с целью повышения квалификации в этой области.	Руководители, отвечающие за безопасность потенциально опасного объекта и объекта жизнеобеспечения.	В расчете на каждого сотрудника, отвечающего за функционирование объекта стоимость курса 3D-моделирования – 150 000 руб.	Скорейшее внедрение технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения и специалисты, которые будут повышать свои навыки и умения.

Таким образом, была определена одна из причин отсутствия технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасном объекте и объекте жизнеобеспечения.

Выводы по исследованию. В данном исследовании автор успешно достиг своей цели – выяснил одну из причин отсутствия технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения.

Одна из причин – отсутствие кадров, которые могут реализовать применение «Цифрового двойника» на потенциально опасных объектах или объектах жизнеобеспечения.

В результате проведенного исследования автором были разработаны два предложения по решению существующей проблемы. Эти предложения поспособствуют внедрению технологии «Цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения. В продолжении данного исследования автор исследования проанализирует социологический опрос среди студентов Академии гражданской защиты МЧС России и определит причины, которые также замедляют внедрение данной технологии.

Литература

1. Цифровые двойники. Новые подходы [Электр. ресурс] // «Рамблер» URL: https://news.rambler.ru/scitech/50097718/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения: 03.09.2023).

2. Холиков, И. В. Правовые аспекты химической и биологической безопасности Российской Федерации // Современное право. 2010. № 3. – С. 23-28. – EDN MTWFWT.

3. Итоговый доклад о результат деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2022 год [Электр. ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/principle/%D0%98%D1%...B4%202022%20(23.03.2023).docx?ysclid=llzfqnqgd4962257996 (дата обращения: 04.09.2023).

4. Постановление Правительства РФ от 28 октября 2009 г. N 846 «Об утверждении Правил расследования причин аварий в электроэнергетике» [Электр. ресурс] // Официальный сайт Правительства России. URL: http://government.ru/docs/all/69971/ (дата обращения: 04.09.2023).

5. Постановление Правительства России от 17 октября 2015 г. № 1114 «О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении и о признании утратившими силу отдельных положений Правил расследования причин аварий в электроэнергетике» [Электр. ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: http://enis.gosnadzor.ru/activity/control/control_teplo/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0%20%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B8.pdf (дата обращения: 05.01.2023).

6. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 N 117-ФЗ (последняя редакция) [Электр. ресурс] // СПС Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/?ysclid=lm4wi1x492777997796 (дата обращения: 06.01.2023).

7. Статистический анализ аварийности на производстве в результате некорректного функционирования системы энергообеспечения предприятия / Р. Н. Пигилова, Т. В. Малышева, Ю. А. Аверьянова, Ф. М. Филиппова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25. № 2 (112). – С. 27–33. – DOI 10.37313/1990–5378–2023-25-2-27-33. – EDN DADYKI.

8. Анализ причин аварий на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора за 2021 год [Электр. ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору URL: http://volok.gosnadzor.ru/info/2022/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%202021.pdf (дата обращения: 03.09.2023).

9. Первый в России цифровой двойник очистных сооружений: от проектной модели строительства до эксплуатационной [Электр. ресурс] // ВКонтакте. URL: https://vk.com/@bim_tech-pervyi-v-rossii-cifrovoi-dvoinik-ochistnyh-sooruzhenii-ot-pr?ysclid=lm3fwrzvgg542804523 (дата обращения: 11.01.2023).

10. Что такое цифровые двойники и где их используют [Электр. ресурс] // РБК. URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb (дата обращения: 12.01.2023).

11. Причины отсутствия технологии «цифровой двойник» на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения [Электр. ресурс] // Онлайн сервис Google Формы. URL: https://forms.gle/QCswoHFtYvcmL8Xj7 (дата обращения: 15.01.2023).

12. Федеральный проект «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электр. ресурс] // Официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1085/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f (дата обращения: 11.01.2023).