

**Дегтярёва Виктория Владимировна**

канд. экон. наук, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», г. Москва, Российская Федерация

**ORCID:** 0000-0002-1165-1373

**e-mail:** iump@mail.ru

**Мурзинцева Дарья****Анатольевна**

магистр, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», инженер, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова», г. Москва, Российская Федерация

**ORCID:** 0000-0003-2969-8257

**e-mail:** iump@mail.ru

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»**

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс цифровизации атомной отрасли на примере Государственной корпорации по атомной энергетике «Росатом» (далее – ГК «Росатом») и иностранных компаний. Целью исследования является выявление цифровых конкурентных преимуществ ГК «Росатом» и анализ мировых конкурентов. Выявлены основные перспективы и тенденции развития госкорпорации. В статье описаны проблемы, с которыми сталкивается процесс оцифровки отрасли. Рассмотрены действующие цифровые продукты ГК «Росатом» и ее разработки. Описаны положительные эффекты от проекта Lean Smart Plant, внедрения электронного документооборота. Процесс цифровой трансформации включает в себя внедрение в деятельность искусственного интеллекта, цифрового двойника, интернета вещей, что также меняет методологию управления предприятием и производства, инфраструктурную сферу, наукоемкое моделирование, автоматизацию проектирования и строительства. Это констатирует, что цифровая трансформация обладает мультипликативным эффектом. Комплекс использования цифровых технологий и платформ позволяет сократить затраты на логистику, повысить производительность труда, снизить уровень трудоемкости производства и повысить ключевые показатели эффективности. Основными выводами данной статьи является, что на пути внедрения цифровизации в атомной отрасли существует ряд проблем, которые следует преодолевать, используя актуальные, современные, в том числе и зарубежные, цифровые сервисы, которые могут положительно повлиять на изменения в связи с трансформационными цифровыми сдвигами.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, Росатом, ядерная энергетика, цифровые продукты, цифровой двойник, наукоемкое моделирование, кибербезопасность, кадры для ядерной отрасли

**Для цитирования:** Дегтярёва В.В., Мурзинцева Д.А. Цифровизация как конкурентное преимущество госкорпорации «Росатом» // Вестник университета. 2021. № 12. С. 34–39.

**Viktoriya V. Degtyareva**

Cand. Sci. (Econ.), State University of Management, Moscow, Russia

**ORCID:** 0000-0002-1165-1373

**e-mail:** daria.murzintseva@gmail.com

**Daria A. Murzintseva**

Master of degree, State University of Management, Engineer, Dukhov Automatics Research Institute, Moscow, Russia

**ORCID:** 0000-0003-2969-8257

**e-mail:** iump@mail.ru

**DIGITALISATION AS A COMPETITIVE ADVANTAGE OF ROSATOM STATE CORPORATION**

**Abstract.** The article considers the process of digitalisation of the nuclear industry on the example of State Atomic Energy Corporation Rosatom and foreign companies. The purpose of the study is to identify the digital competitive advantages of Rosatom and analyse global competitors. The main prospects and trends in the development of the state corporation have been identified. The article describes the problems faced by the process of digitisation of the industry. The current digital products of Rosatom and its developments have been considered. The positive effects of the Lean Smart Plant project, the introduction of electronic document management have been described. The process of digital transformation includes the introduction of artificial intelligence, a digital twin, the Internet of things, which also changes the methodology of enterprise management and production, the infrastructure sector, high-tech modeling, automation of design and construction. It is stated that digital transformation has a multiplicative effect. The complex use of digital technologies and platforms allows you to reduce logistics costs, increase labor productivity, reduce the level of labor intensity of production and increase KPI. The main conclusions of this article are that there are a number of problems on the way of implementing digitalisation in the nuclear industry that should be overcome using current, modern, including foreign digital services that can positively affect changes due to transformational digital shifts.

**Keywords:** digital transformation, Rosatom, nuclear energy, digital products, digital twin, high-tech modeling, cybersecurity, personnel for the nuclear industry

**For citation:** Degtyareva V.V., Murzintseva D.A. (2021) Digitalisation as a competitive advantage of Rosatom state corporation. *Vestnik universiteta*, no. 12, pp. 34–39. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-12-34-39

© Дегтярёва В.В., Мурзинцева Д.А., 2021.

Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Degtyareva V.V., Murzintseva D.A., 2021.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## Введение

Актуальность темы обусловливается развитием технологий, повышением уровня цифровизации компаний атомной отрасли и необходимостью России соответствовать новым требованиям рынка. Тема цифровизации атомной отрасли еще не так широко освещена, как, например, цифровая трансформация бизнеса в других отраслях экономики, но уже стоит в приоритете на государственном уровне. В качестве первичных источников выбраны официальные документы, программы, проекты, представленные на сайте Государственной корпорации по атомной энергетике «Росатом» (далее – ГК «Росатом»), Министерства энергетики и Министерства экономического развития Российской Федерации. В качестве вторичных источников информации использовались статьи, научные труды, монографии.

## Постановка проблемы

С целью комплексного развития компании ГК «Росатом» утвердил ряд программ, таких как «Единая цифровая стратегия 3.0» и Программа инновационного развития и технологической модернизации Госкорпорации «Росатом» на период до 2030 г. [8; 9]. При анализе конкурентных составляющих компаний следует брать во внимание специфику атомной отрасли. Заказчика, как правило, интересует комплексный продукт, который должен включать в себя этап НИОКР, ввод в эксплуатацию, техническую поддержку и т.д. [6]. Создание цифровых продуктов в первую очередь для внутренних нужд ГК «Росатом» будет способствовать улучшению качества производимой компанией продукции, а также являться ее конкурентным преимуществом. Целью исследования является выявление цифровых конкурентных преимуществ ГК «Росатом» и анализ мировых конкурентов.

Для проведения исследования необходимо решить ряд задач:

- анализ текущего положения атомной отрасли;
- выявление тенденции развития отрасли;
- выявление конкурентной среды;
- выявление конкурентных преимуществ ГК «Росатом»;
- определение проблем реализации процесса цифровизации атомной отрасли;
- выявление перспектив развития отечественной атомной отрасли.

## Литературный обзор

Обзор литературы в области цифровизации отрасли атомной промышленности сформировал ряд вопросов, которые охватывает процесс перехода от традиционной атомной энергетики к цифровой.

О цифровизации атомной отрасли, как приоритетном направлении развития атомной промышленности говорится в некоторых исследованиях [1; 2]. Некоторые авторы выявляют положительное влияние цифровизации в отрасли в направлении повышения технико-экономических показателей, которые могут добиться, например, при помощи «цифровых подстанций» [13]. Ядерные электростанции являются объектами повышенной опасности, и в этой связи ряд авторов предлагают на данных объектах применять дополненную реальность, которая поможет снизить риски при эксплуатации и защитить территории, персонал, окружающую среду [16]. Ядерная безопасность является ключевой характеристикой, необходимой в данной отрасли. Некоторые авторы свои исследования направляют именно на моделирование отдельных физических и социальных явлений, которые могут возникнуть в ходе аварийных ситуаций. Данные проблемы рассмотрены исследователями, которые отражают крупномасштабное моделирование физического и социального поведения, которое касается взаимосвязи между ядерной безопасностью и окружающей средой, а также взаимосвязи между ядерной безопасностью и общественностью [17]. Другой стороной цифровизации отрасли является повышение сложности операционного сопровождения процесса. Так в исследовании при сравнении обычных и цифровых главных диспетчерских пунктов операторы цифровых пунктов ощущали более высокую сложность, чем операторы обычных в случае наступления нештатных или аварийных ситуаций [15]. Из этого вытекает необходимость в подготовке более квалифицированных кадров, которые могли бы работать на современном оборудовании атомных станций. Для этого разрабатываются программы профессиональной переподготовки сотрудников предприятий ядерной промышленности в условиях цифровой трансформации промышленности, эффективность которых описана в исследовании [12], а также в трансформационных условиях необходимо

в правильном ключе развивать кадровый потенциал и цифровую грамотность будущих и нынешних специалистов [5]. Исследование о моделировании производительности человека формирует представление о том, что цифровизация атомных электростанций меняет работу операторов через систему, задачи, окружающую среду и самого человека [14].

Таким образом, анализ российских и зарубежных источников подтверждает актуальность темы и необходимость в раскрытии некоторых аспектов, касающихся конкурентоспособности ГК «Росатом» в условиях цифрового трансформационного процесса.

## Теория и методы

При проведении исследования использовались общенаучные методы, такие как анализ, синтез, обобщение, прогнозирование, изучение статистических данных, а также сравнительный и системный подходы.

Развитие атомной отрасли перспективно, в связи с тем, что она является альтернативным источником энергии, характеризуется экологичностью и безопасностью. Атомная энергетика в долгосрочной перспективе позволит уйти от нефти и газа. В 2020 г. в Европейском союзе атомная энергия заняла 25 % от всего производства электроэнергии. Однако, полный массовый переход на альтернативные источники энергии произойдет еще нескоро. По данным международного энергетического агентства, общая экономия от внедрения цифровизации в энергетике составит порядка 80 млрд долл. США в год в течение 2016–2040 гг., или около 5 % от общей годовой стоимости выработки электроэнергии [7]. Российская атомная отрасль успешно функционирует в настоящее время. Ведутся работы по инновационным продуктам, подготовке кадров для создания и обслуживания атомных электростанций. Росатом также активно занимается созданием цифровых продуктов, среди которых цифровой двойник. Он позволяет прогнозировать изменения в работе атомных электростанций, корректировать внештатные ситуации, и способствует повышению уровня безопасности.

Процесс цифровизации протекает в отраслях экономики, промышленности уже несколько лет, однако энергетический сектор, в частности атомная промышленность, относительно недавно начала активно заниматься цифровой трансформацией [3; 4]. Интерес к цифровым продуктам в энергетике быстро растет. Крупные компании понимают потенциал отрасли и работают над разработкой цифровых решений.

Цифровая трансформация решает ряд актуальных задач атомной энергетике: повышение операционной эффективности, повышение качества конечного продукта за счет цифровых инструментов, снижение себестоимости продукции и сроков реализации процессов. Цифровизация является ключевой тенденцией для атомной отрасли, так как даже при самых благоприятных обстоятельствах атомные электростанции представляют собой серьезную нагрузку как с точки зрения капитальных, так и эксплуатационных затрат.

## Основные результаты

В 2021 г. ГК «Росатом» начал разработку проекта Lean Smart Plant, который позволяет снизить затраты и сократить время на производство. Как отмечает Евгений Абакумов, ИТ-директор ГК «Росатом», работа по реализации будет проводиться в нескольких сферах: методология менеджмента производства, производственная система, стандартизация и цифровизация [11]. Процесс цифровой трансформации включает в себя процессы внедрения в деятельность предприятий искусственного интеллекта, цифрового двойника, интернета вещей и пр.

На предприятиях ГК «Росатом» также активно используется система электронного документооборота. В 2020 г. электронный документооборот сэкономил более 10 тыс. рабочих дней. Руководство ставит перед собой цель в ближайшие годы вывести уровень электронного документооборота на 85 %. Функция личного кабинета, которая реализуется на 74 предприятиях, ускорила работу кадровых процессов на треть [10].

Активно функционирует ряд цифровых продуктов ГК «Росатом» в управлении предприятием и производстве, инфраструктурной сфере, наукоемком моделировании, в автоматизации проектирования и строительства. Цифровая трансформация обладает мультипликативным эффектом. Комплекс использования цифровых технологий и платформ позволяет сократить затраты на логистику, повысить производительность труда, снизить уровень трудоемкости производства и повысить ключевые показатели эффективности (KPI).

Не только российская атомная отрасль развивает цифровые технологии. GE и Exelon, например, ведут совместную работу по реализации некоторых своих инструментов цифровизации на электростанции Calvert Cliffs Power Plant, США. Они разработали программное обеспечение Predix, которое является их флагманским про-

дуктом. Predix состоит из сбора данных с атомной электростанции и превращает их в цифрового двойника информации. Этот цифровой двойник повышает производительность за счет запуска прогностической аналитики и принятия разумных решений в отношении ресурсов технического обслуживания. Predix предоставляет оперативное состояние заводского оборудования в режиме реального времени, получая уведомления о потенциальных проблемах. Также используется Digital Plant Viewer, который представляет собой интерактивную карту с 360-градусным обзором каждого уровня станции, показывающую уровни радиации в активном режиме. Это позволяет каждому сотруднику атомной электростанции иметь доступ со своего телефона или планшета к оценке ситуации в режиме реального времени. Это инновационное программное обеспечение снижает затраты, связанные с потерями доходов в результате простоя, сокращает время, затрачиваемое на техническое обслуживание, улучшает принятие решений и повышает безопасность за счет снижения риска воздействия радиации.

Другим успешным примером может служить внедрение инструментов виртуальной реальности на атомной электростанции Форсмарк в Швеции. Инструменты виртуальной реальности предназначены для улучшения обучения сотрудников, позволяя им иметь реалистичное представление и моделирование проблем, которые могут возникнуть, например, таких как пожар в диспетчерской. Также данные решения позволяют тренироваться вместе с сотрудниками в разных географических районах. Кроме того, инструменты виртуальной реальности позволяли рабочим очень четко осматривать электростанцию даже в самых труднодоступных местах, например в бассейне с водой, и они могли бы соответственно принимать решение о ремонте. Эта технология позволяет сотрудникам быстро и более эффективно работать на объектах и снижать их нагрузку, а также сокращать простои, что, очевидно, снижает затраты.

Стоит упомянуть и трудности, с которыми столкнется цифровизация атомного сектора энергетики. Кибербезопасность является главной угрозой. В связи с увеличением количества доступной информации характерно увеличивается и риск ее раскрытия. Данная ситуация сможет привлечь кибертеррористов, которые могут воспользоваться незащищенной информацией и создать атомную катастрофу с большим масштабом воздействия. Вторая проблема – это высокая инвестиционная стоимость и не сиюминутная доходность, которые почему-то неохотно привлекают инвесторов. Наконец, последнее, но не менее важное – быстрые темпы технологических изменений (около 4-5 лет) по сравнению с медленными темпами развития атомной промышленности.

## Заключение

Цифровизация является ключевой тенденцией для атомной отрасли, поскольку даже при самых благоприятных обстоятельствах атомные электростанции представляют собой серьезную проблему как с точки зрения капитальных, так и эксплуатационных затрат. На пути внедрения цифровизации стоят определенные препятствия. Однако потенциал огромен, и выигрыш от этой реализации далеко выходит за рамки этих проблем; как следствие, цифровизация успешно внедрится в атомную промышленность в ближайшие десятилетия.

### *Библиографический список*

1. Бабкин, А. В., Кирпичникова, М. А. Разработка этапов цифровизации деятельности промышленного предприятия (на примере АО «АТОМПРОЕКТ») // Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием «Цифровая экономика и Индустрия 4.0: тенденции 2025 (Industry 2019)» / под ред. А. В. Бабкина, Санкт-Петербург, 3–5 апреля 2019 г. – СПб.: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2019. – С. 322–330. <https://doi.org/10.18720/IEP/2019.1/49>
2. Белякова, Н. О. Цифровизация атомной отрасли, как приоритетное направление развития атомной промышленности // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» / отв. ред. Земсков В. М., Балаково, 20 декабря 2018 г. – Балаково: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2019. – С. 217–220.
3. Гибадуллин, А. А., Камчатова, Е. Ю., Дегтярева, В. В., Зеленцова, Л. А. Анализ и оценка готовности энергетической отрасли к процессам цифровизации // Инновации в жизнь. – 2019. – № 4 (31). – С. 98–109.
4. Дуненкова, Е. Н., Гуреев, П. М., Прохорова, И. С., Болдырев, В. А., Камчатова, Е. Ю., Фаюстов, А. А., Дегтярева, В. В. Развитие инновационной деятельности в условиях цифровой экономики: монография / Государственный университет управления; отв. ред. А. Т. Волков, Е. Н. Дуненкова. – М.: Издательский дом ГУУ, 2019. – 139 с.
5. Ермоленко, К. С., Емельяненко, А. С. Развитие элементов цифрового университета в рамках ассоциации опорных вузов «Росатома» // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 23. – С. 685–699.

6. Пантелей, Д. С. Конкурентоспособность Госкорпорации «РОСАТОМ» на мировом рынке: дис. канд. экон. наук: 08.00.14. – М., 2019. – 232 с.
7. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации «Конкуренция на мировом рынке ядерных энергетических технологий» // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nangs.org/analytics/analiticheskij-tsentr-pri-pravitelstve-rf-konkurenciya-na-mirovom-gynke-yadernykh-energeticheskikh-tekhnologij-mart-2019-pdf>. (дата обращения: 17.10.2021 ).
8. Единая цифровая стратегия Росатома 3.0. // TAdviser.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные\\_технологии\\_в\\_Росатоме](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_Росатоме) (дата обращения: 17.10.2021 ).
9. Паспорт программы инновационного развития и технологической модернизации Госкорпорации «Росатом» на период до 2030 года // Госкорпорация РОСАТОМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosatom.ru/about/innovatsionnaya-deyatelnost/>. (дата обращения: 17.10.2021 ).
10. Электронный документооборот в Росатоме сэкономил 13 тысяч рабочих дней сотрудников в 2020 году // ГРИНАТОМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://greenatom.ru/press-center/companys\\_news/?ELEMENT\\_ID=49070](https://greenatom.ru/press-center/companys_news/?ELEMENT_ID=49070) (дата обращения: 17.10.2021 ).
11. Lean Smart Plant: РОСАТОМ взял курс на создание цифрового бережливого предприятия // Управление Производством [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://up-pro.ru/library/production\\_management/systems/rosatom-vzyal-kurs/](https://up-pro.ru/library/production_management/systems/rosatom-vzyal-kurs/) (дата обращения: 17.10.2021 ).
12. Filatova, O., Khoroshavina, G., Gordeev, M., Chibirev, S., Pozdnyakov, V. Innovative potential of “digital methodology” in the training of personnel of nuclear industry enterprises // Paper presented at the E 3 S Web of Conferences. – 2020. V. 210. – Pp. 9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021022005>.
13. Gibadullin, A. A., Pulyaeva, V. N., Yerygin, Y. V. The need for a digital substation during the digitalization of energy // Paper presented at the International Youth Scientific and Technical Conference Relay Protection and Automation (RPA). – 2018. <https://doi.org/10.1109/RPA.2018.8537223>
14. Jiang, X., Gao, Q., Li, Z. Introducing human performance modeling in digital nuclear power industry // Paper presented at the 5th International Conference “Cross-Cultural Design. Cultural Differences in Everyday Life”, Las Vegas, NV, USA, July 21–26, 2013. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39137-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39137-8_4)
15. Liu, P., Li, Z. Comparison between conventional and digital nuclear power plant main control rooms: A task complexity perspective, part I: Overall results and analysis // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2014. – V. 51. – Pp. 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.06.006>
16. Popov, O., Iatsyshyn, A., Sokolov, D., Dement, M., Neklonskyi, I., Yelizarov, A. Application of virtual and augmented reality at nuclear power plants // Systems, Decisions and Control in Energy II. – 2021. – Pp. 243–260. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9_14)
17. Wu, Y. Development and application of virtual nuclear power plant in digital society environment // International Journal of Energy Research. – 2019. – V. 43, No. 4. – Pp. 1521–1533. <https://doi.org/10.1002/er.4378>

#### References

1. Babkin A. V., Kirpichnikova M. A. Digitalization stages development of enterprise activity (on the example of “Atomproyekt”), *Proceedings of the Scientific and Practical Conference with International Participation “Digital economy and Industry 4.0: trends 2025 (Industry 2019)*, edited by A. V. Babkin, Saint Petersburg, April 3–5, 2019, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2019, pp. 322–330. (In Russian). <https://doi.org/10.18720/IEP/2019.1/49>
2. Belyakova N. O. Digitalisation of the nuclear industry as a priority direction for the development of the nuclear industry, *Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference “Modern technologies and automation in engineering, management and education”*, responsible editor Zemskov V. M., Balakovo, December 20, 2018, Balakovo, National Research Nuclear University MEPhI, 2019, pp. 217–220. (In Russian).
3. Gibadullin A. A., Kamchatova E. Yu., Degtyareva V. V., Zelentsova L. A. Analysis and assessment of readiness of the energy industry for digitalization processes, *Innovations in Life*, 2019, no. 4 (31), pp. 98–109. (In Russian).
4. Dunenkova E. N., Gureev P. M., Prokhorova I. S., Boldyrev V. A., Kamchatova E. Yu., Fayustov A. A., Degtyareva V. V. *Innovative activity development in the digital economy: monograph*, State University of Management, responsible editors A. T. Volkov, E. N. Dunenkova, Moscow, GUU Publishing House, 2019, 139 p. (In Russian).
5. Ermolenko K. S., Emelyanenko A. S. Development of elements of a digital university within the framework of the Association of reference universities “Rosatom”, *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*, 2020, no. 23. pp. 685–699. (In Russian).

6. Pantelei, D. S. Competitiveness of the State Corporation “ROSATOM” on the world market: Dissertation of Candidate of Economic Sciences: 08.00.14, Moscow, 2019, 232 p. (In Russian).
7. Analytical Center under the Government of the Russian Federation “Competition in the world market of nuclear energy technologies”, *National Oil and Gas Service Association*. Available at: <https://nangs.org/analytics/analiticheskij-tsentri-pravitelstve-ri-konkurenciya-na-mirovom-rynke-yadernyx-energeticheskix-tekhnologij-mart-2019-pdf>. (accessed 17.10.2021).
8. Rosatom’s Unified Digital Strategy 3.0., *TAdviser.Ru*. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php> Article: Information\_technology Rosatom (accessed 17.10.2021).
9. Program Passport of Innovative Development and Technological Modernisation of the State Corporation “Rosatom” for the Period up to 2030, *State Atomic Energy Corporation ROSATOM*. Available at: <https://rosatom.ru/about/innovacionnaya-deyatelnost/>. (accessed 17.10.2021).
10. Electronic document management in Rosatom saved 13 thousand working days of employees in 2020, *GREENATOM*. Available at: [https://greenatom.ru/press-center/companys\\_news/?ELEMENT\\_ID=49070](https://greenatom.ru/press-center/companys_news/?ELEMENT_ID=49070) (accessed 17.10.2021).
11. Lean Smart Plant: ROSATOM has set a course to create a digital lean enterprise, *Production Management*. Available at: [https://up-pro.ru/library/production\\_management/systems/rosatom-vzjal-kurs/](https://up-pro.ru/library/production_management/systems/rosatom-vzjal-kurs/) (accessed 17.10.2021).
12. Filatova O., Khoroshavina G., Gordeev M., Chibirev S., Pozdnyakov V. Innovative potential of “digital methodology” in the training of personnel of nuclear industry enterprises, *Paper presented at the E 3 S Web of Conferences*, 2020, vol. 210, pp. 9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021022005>
13. Gibadullin A. A., Pulyaeva V. N., Yerygin, Y. V. The need for a digital substation during the digitalization of energy, *Paper presented at the International Youth Scientific and Technical Conference Relay Protection and Automation (RPA)*, 2018. <https://doi.org/10.1109/RPA.2018.8537223>
14. Jiang X., Gao Q., Li Z. Introducing human performance modeling in digital nuclear power industry, *Paper presented at the 5<sup>th</sup> International Conference “Cross-Cultural Design. Cultural Differences in Everyday Life”*, Las Vegas, NV, USA, July 21–26, 2013. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39137-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39137-8_4)
15. Liu P., Li Z. Comparison between conventional and digital nuclear power plant main control rooms: A task complexity perspective, part I: Overall results and analysis, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2016, vol. 51, pp. 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.06.006>
16. Popov O., Iatsyshyn A., Sokolov D., Dement M., Neklonskyi I., Yelizarov A. *Application of virtual and augmented reality at nuclear power plants*, *Systems, Decisions and Control in Energy II*, 2021, pp. 243–260. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9_14)
17. Wu Y. Development and application of virtual nuclear power plant in digital society environment, *International Journal of Energy Research*, 2019, vol. 43, no. 4, pp. 1521–1533. <https://doi.org/10.1002/er.4378>