



Energiya tizimlarini optimallashtirish uchun raqamli modellardan foydalanish

Viktoriya V. Sipkina¹, Vera P. Ivanova^{1,a)}, Aybek U. Turabekov^{1,b)}, Xumoyun A. Muminov^{1,c)} Dilshod N. Isamuxamedov²

¹ PhD, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; c-victory@yandex.com <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

^{1,a)} PhD, dosent, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston veronika.tsipkina@yandex.com <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

^{1,b)} katta o'qituvchi, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston turabekovaybek2@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8749-7747>

^{1,c)} katta o'qituvchi, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston 91humo91@gmail.com

² katta o'qituvchi, Moskva energetika institutining Toshkent shahridagi ilmiy-tadqiqot universiteti filiali, Toshkent, O'zbekiston dilshod.isamuxamedov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0176-5067>

Dolzarbli: hozirgi vaqtda jarayonlarni optimallashtirish va raqamli transformatsiya qilish maqsadida raqamli tizimlardan foydalanish kun sayin ortib bormoqda va energetika sanoatida raqamli transformatsiyani amalga oshirish eng dolzarb soha hisoblanadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi sanoat samaradorligiga ta'sir etuvchi ichki va tashqi muhit omillarini o'rganish imkonini beruvchi raqamli modellar sohasidagi joriy xalqaro amaliyotning eng yaxshi amaliy natijalari asosida mavjud xalqaro tajribani umumlashtirishdan iborat. Maqolada mintaqaviy energetika muammolarini hal qilish uchun texnologiyalardan foydalanishning qiyinchiliklari va afzalliklari tahlili, shuningdek, raqamlashtirish jarayonlarining iqtisodiy ko'rsatkichlarga ta'siri va energiya kompaniyalarida raqamli egizaklardan foydalanishni yanada kengaytirish istiqbollari baholanadi. Ish qo'shni va uzoq xorijdagi energetika kompaniyalari tomonidan raqamli egizaklarni joriy etish bo'yicha ma'lumotlarni baholash asosida tashkil etilgan bo'lib, ular tarqatish tarmoqlarining unumdorligi va ishonchligini oshirish orqali mintaqaviy muammolarni hal qilishda ushbu texnologiyaning yuqori samaradorligini ko'rsatdi. Ta'kidlanganidek, o'z loyihalarida raqamli egizaklardan foydalanadigan kompaniyalar foyda va kompaniya rentabelligining kuchli o'sishini ko'rsatib, innovatsion texnologiyalarni yanada joriy etish imkoniyatlarini tasdiqladi.

Maqsad: mintaqaviy energetika muammolarini hal qilishda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish, shuningdek, raqamlashtirish jarayonlarining iqtisodiy ko'rsatkichlarga ta'sirini baholash va energiya kompaniyalarida raqamli egizaklardan foydalanishni yanada kengaytirish istiqbollari.

Usullar: tizimlarni raqamlashtirish masalalarini ko'rib chiqishda tizim faoliyatining dinamik jarayonlarini modellashtirish uchun matematik dasturlashning zamonaviy nazariyalari va usullaridan foydalanildi va energetika sohasida raqamli transformatsiyalarni samarali amalga oshirish uchun tegishli algoritmlar ishlab chiqildi. Ish qo'shni va uzoq xorijdagi energetika kompaniyalari tomonidan raqamli egizaklarni joriy etish bo'yicha ma'lumotlarni baholash asosida tashkil etilgan bo'lib, ular tarqatish tarmoqlarining unumdorligi va ishonchligini oshirish orqali mintaqaviy muammolarni hal qilishda ushbu texnologiyaning yuqori samaradorligini ko'rsatdi.

Natijalar: yaqin va uzoq xorij mamlakatlari energetika sohasida raqamli egizaklardan foydalanish tajribasi tahlili shuni ko'rsatdiki, raqamli transformatsiya elektr energiyasi ishlab chiqarish sohasida ham, magistral va taqsimlovchi elektr tarmoqlarini ekspluatatsiya qilishda ham sezilarli rivojlanishga erishdi.

Kalit so'zlar: raqamlashtirish, raqamli transformatsiya, raqamli texnologiyalar, raqamli egizak.

For citation: Sipkina V.V, Ivanova V.P, Isamuxamedov D.N, Turabekov A.U, Muminov X.A. Verification of initial data for long-term electricity consumption forecasting. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 377-382.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18694356>

Received: 04.04.2025

Revised: 18.04.2025

Accepted: 10.07.2025

Published: 27.12.2025

Copyright: Viktoriya V. Tsyapkina, Vera P. Ivanova, Dilshod N. Isamuxamedov, Aybek U. Turabekov, Xumoyun A. Muminov, 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Использование цифровых моделей для оптимизации энергетических систем

Виктория В. Ципкина¹, Вера П. Иванова^{1,a)}, Айбек У. Турабеков^{1,b)}, Хумоюн А. Муминов^{1,c)} Дилшод Н. Исамухамедов²

¹ PhD, профессор, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан; c-victory@yandex.com <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

^{1,a)} PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан; veronika.tsipkina@yandex.com <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

^{1,b)} старший преподаватель, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан turabekovaybek2@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8749-7747>

^{1,c)} старший преподаватель, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан 91humo91@gmail.com

² старший преподаватель, Филиал НИУ «МЭИ» в г.Ташкенте, г. Ташкент, Республика Узбекистан dilshod.isamuxamedov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0176-5067>

Актуальность: в настоящее время использование цифровых систем с целью оптимизации процессов, цифровой трансформации возрастает день ото дня и внедрение цифровой трансформации в энергетической отрасли является наиболее актуальным направлением. Основной целью проведенного исследования является обобщение существующего зарубежного опыта на базе лучших практических результатов действующих международных практик в области цифровых моделей, которые позволяют изучить факторы внутренней и внешней среды оказывающие влияние на эффективность работы отрасли.



Особое внимание в статье уделено анализу проблем и преимуществ использования технологии для решения региональных энергетических задач, а также оценке воздействия процессов цифровизации на экономические показатели и перспектив дальнейшего расширения применения цифровых двойников в энергетических компаниях.

Проведенная работа строилась на оценки данных по внедрению цифровых двойников энергетическими компаниями стран дальнего и ближнего зарубежья, которые имеют высокую эффективность этой технологии в решении региональных задач за счет повышения производительности и надежности работы распределительных сетей. Отмечено, что компании, где в проектах участвуют цифровые двойники имеют высокие результаты по росту прибыли и рентабельности компаний, что подтверждает возможность дальнейшего внедрения инновационных технологий.

Цель: использование современных технологии для решения региональных энергетических задач, а также оценка воздействия процессов цифровизации на экономические показатели и перспектив дальнейшего расширения применения цифровых двойников в энергетических компаниях.

Методы: при рассмотрении вопросов цифровизации систем были использованы современные теории и методы математического программирования для моделирования динамических процессов работы системы, а так же были разработаны соответствующие алгоритмы для эффективного внедрения цифровых трансформаций в энергетический сектор. Проведенная работа строилась на оценки данных по внедрению цифровых двойников энергетическими компаниями стран дальнего и ближнего зарубежья, которые имеют высокую эффективность этой технологии в решении региональных задач за счет повышения производительности и надежности работы распределительных сетей.

Результаты: анализ опыта применения цифровых двойников в энергетике стран дальнего и ближнего зарубежья показал, цифровая трансформация успела получить значительное развитие как в сфере генерации электроэнергии, так и в эксплуатации магистральных и распределительных электрических сетей.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, цифровые технологии, цифровой двойник.

Using digital models to optimise energy systems

Viktoriya V. Tsyapkina^{1, a)}, Vera P. Ivanova^{1, a)}, Aybek U. Turabekov^{1, b)}, Khumayun A. Muminov^{1, c)} Dilshod N. Isamukhamedov

¹ PhD, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; c-victory@yandex.com <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

^{1, a)} PhD, assistant of prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; veronika.tsipkina@yandex.com <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

^{1, b)} senior lecturer, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan;

^{1, c)} senior lecturer, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; 91humo91@gmail.com

² senior lecturer, Branch of the Moscow Power Engineering Institute Research University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan; dilshod.isamuxamedov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0176-5067>

Relevance: Currently, the use of digital systems for process optimisation and digital transformation is growing day by day, and the implementation of digital transformation in the energy sector is the most relevant area of focus. The main objective of this study is to summarise existing international experience based on the best practical results of current international practices in the field of digital models, which allow us to study the internal and external factors that influence the efficiency of the industry. The article pays particular attention to analysing the problems and advantages of using technology to solve regional energy problems, as well as assessing the impact of digitalisation processes on economic indicators and the prospects for further expansion of the use of digital twins in energy companies. The work was based on an assessment of data on the implementation of digital twins by energy companies in neighbouring and distant foreign countries, which have demonstrated the high effectiveness of this technology in solving regional problems by increasing the productivity and reliability of distribution networks. It was noted that companies where digital twins are involved in projects have high results in terms of profit growth and profitability, which confirms the possibility of further implementation of innovative technologies.

Aim: Using modern tech to tackle regional energy challenges, as well as assessing how digitalisation affects economic indicators and the prospects for further expanding the use of digital twins in energy companies.

Methods: When considering issues related to the digitalisation of systems, modern theories and methods of mathematical programming were used to model the dynamic processes of the system, and appropriate algorithms were developed for the effective implementation of digital transformations in the energy sector. The work was based on an assessment of data on the implementation of digital twins by energy companies in neighbouring and distant foreign countries, which have demonstrated the high effectiveness of this technology in solving regional problems by increasing the productivity and reliability of distribution networks.

Results: An analysis of the experience of using digital twins in the energy sector in neighbouring and distant foreign countries has shown that digital transformation has undergone significant development both in the field of electricity generation and in the operation of transmission and distribution networks.

Keywords: digitalisation, digital transformation, digital technologies, digital twin.

1. Введение (Introduction)

Развитие мировой экономики неразрывно связано с внедрением инновационных технологий во все отрасли народного хозяйства, в том числе и энергетический комплекс, в котором скорость,



качество и эффективность функционирования энергетического рынка определяет экономический уровень любого государства. Сегодня, развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) рассматривается как инструмент позволяющий укрепить международное положение любой страны, и является одним из основных факторов обеспечивающий поддержку социально-экономического прогресса.

Вопросы разработки современной Энергетической политики охватывают задачу внедрения информационно-цифровых технологий, что является эффективным решением позволяющим существенно снизить затратный механизм на добычу и производство энергоресурсов, т.к. создает условия для формирования «интеллектуальной энергетики». Данный факт предполагает повышение эффективности работы оптового и розничного рынков электроэнергии за счёт развития научно-технического потенциала отрасли и создания современной инфраструктуры.

В настоящее время наиболее перспективными цифровыми технологиями (ЦТ), позволяющими эффективно реализовать поставленные цели по цифровой трансформации энергетического объекта, являются процессы по внедрению Интернет вещей (IoT), анализа больших данных (Big Data), применение облачных вычислений и искусственного интеллекта (AI), а также технологии цифрового моделирования — цифровых двойников (ЦД) [1].

Внедрение современного термина «цифровой двойник» принадлежит американскому профессору М. Гривс, который определил ее суть путем разработки физической (технической, технологической) системы на основе математической модели, которая виртуально отображает полную информацию о работе рассматриваемого объекта по входным и выходным параметрам (техническим характеристикам).

Рассматриваемая реальная технологическая система – как объект моделирования, после ее информационного отображения, представляет собой его цифровой двойник (ЦД), который является виртуальной моделью с информационными потоками, обеспечивающими обмен данными между реальной и цифровой частью системы [2].

К концу 2010-х годов технология цифрового двойника (ТЦД) получила широкое распространение, что следует из результатов проводимых исследований в 2019г. (Компания «Gartner») среди промышленных предприятий [3]:

- внедрение ЦД - 13 % компаний, которые успешно реализовывали на своих промышленных площадях цифровые проекты, а именно высокотехнологичные отрасли аэрокосмическая сфера, исследование космоса (NASA), судостроение, авиастроение;
- разработка собственных цифровых моделей производственных систем - 62 % компаний, начиная от фармацевтики и пищевой промышленности и заканчивая металлургией и энергетикой.

Таким образом, по состоянию на конец 2023 года, стоимость мирового рынка ЦД превысила 4,2 млрд долл. США, а прогнозы на период до 2030 года указывают на возможный рост до более чем 9,7 млрд долл. США при среднем ежегодном увеличении на 12,7 % [4].

Исследования проводимые в этой области позволили сделать вывод, о том, что основной целью разработки виртуальной копии - «цифровой двойник», для физического объекта, созданной с помощью ЦТ, является получение реальной возможности при моделировании возможных физических и технологических процессов и разработки методик позволяющих на основе полученных результатов обеспечить повышение эффективности работы технических систем за счет [5]: выявления возможных путей оптимизации расходов на обслуживание и замену оборудования; проведение мониторинга технического состояния энергетических систем, диагностика и предотвращение крупных сбоев с уменьшением возможных рисков и повышением уровня безопасной эксплуатации энергетического оборудования; разработка и тестирование инновационных технологий с целью получения прогнозов обеспечивающих уменьшение возможных негативных сценариев в работе реальных энергетических объектов.

2. Материалы и методы (Methods and materials)

Внедрение современного термина «цифровой двойник» принадлежит американскому профессору М. Гривс, который определил ее суть путем разработки физической (технической, технологической) системы на основе математической модели, которая виртуально отображает полную информацию о работе рассматриваемого объекта по входным и выходным параметрам (техническим характеристикам).

Рассматриваемая реальная технологическая система – как объект моделирования, после ее информационного отображения, представляет собой его цифровой двойник (ЦД), который является виртуальной моделью с информационными потоками, обеспечивающими обмен данными между реальной и цифровой частью системы [2].

К концу 2010-х годов технология цифрового двойника (ТЦД) получила широкое распространение, что следует из результатов проводимых исследований в 2019г. (Компания «Gartner») среди промышленных предприятий [3]:



- внедрение ЦД - 13 % компаний, которые успешно реализовывали на своих промышленных площадях цифровые проекты, а именно высокотехнологичные отрасли аэрокосмическая сфера, исследование космоса (NASA), судостроение, авиастроение;
- разработка собственных цифровых моделей производственных систем - 62 % компаний, начиная от фармацевтики и пищевой промышленности и заканчивая металлургией и энергетикой.

Таким образом, по состоянию на конец 2023 года, стоимость мирового рынка ЦД превысила 4,2 млрд долл. США, а прогнозы на период до 2030 года указывают на возможный рост до более чем 9,7 млрд долл. США при среднем ежегодном увеличении на 12,7 % [4].

Исследования проводимые в этой области позволили сделать вывод, о том, что основной целью разработки виртуальной копии - «цифровой двойник», для физического объекта, созданной с помощью ЦТ, является получение реальной возможности при моделировании возможных физических и технологических процессов и разработки методик позволяющих на основе полученных результатов обеспечить повышение эффективности работы технических систем за счет [5]: выявления возможных путей оптимизации расходов на обслуживание и замену оборудования; проведение мониторинга технического состояния энергетических систем, диагностика и предотвращение крупных сбоев с уменьшением возможных рисков и повышением уровня безопасной эксплуатации энергетического оборудования; разработка и тестирование инновационных технологий с целью получения прогнозов обеспечивающих уменьшение возможных негативных сценариев в работе реальных энергетических объектов.

3. Результаты (Results)

Процедура создания ЦД осуществляется в зависимости от области их применения (назначения), которая подразделяется на группы приведенные в таблице 1:

Таблица 1. Ключевые виды (группы) цифровых двойников

Table 1. Key types (groups) of digital twins

Название группы	Наименование и краткое обозначение на английском	Предназначение
Двойники реальных физических объектов	Digital Twin Instance - DTI	Мониторинг и управление реальным физическим объектом на основе сбора информации и моделирования его работы в рамках виртуальной системы
Цифровые двойники-прототипы	Digital Twin Prototype - DTP	Сбор информации в рамках функционирования виртуальной модели будущей технической системы
Вычислительные центры	Digital Twin Aggregate - DTA	Консолидирует и обрабатывает данные, полученные от нескольких DTI, в режиме реального времени или оффлайн
Приложения-симуляторы для работы с цифровым источником	Digital Twin Environment - DTE	Прогнозирование вариантов будущей работы физических систем, выявление уже имеющихся и потенциальных проблем их функционирования

В настоящее время наибольшее распространение получили ЦД группы DTI, функциональная часть которых обеспечивает сбор, хранение и обработку данных по работе энергетического объекта: электростанции, трансформаторы, линии электропередачи, магистральные и распределительные электрические сети.

Цифровая трансформация в энергетической сфере, за счет внедрения ЦД в работу электрических сетей (ЭС), позволит не только минимизировать число аварий [7], но и сократить время перерывов в подаче электроэнергии к объектам. При этом, основными ключевыми параметрами, позволяющими поддерживать ЦД требуемый уровень надежности и безотказности путем регулирования работы систем, являются [8]:

- частота электрического тока и напряжение сети;
- активная и реактивная мощность электростанций и компенсаторов;
- потоки мощности в электрических сетях;
- давление, температура пара, нагрузка и другие показатели на тепловых электростанциях, а также аналогичные параметры для других типов электростанций.

Наиболее рациональным решением, в вопросе применения ТЦД, является интеграция ЦД с автоматизированными системами управления, которые на основе результатов анализа обработанных данных (входных параметров) осуществляют поиск оптимального решения, режиме реального времени, по обеспечению регулировки работы энергетических систем: автоматическое отключение или включение объектов, ввод в эксплуатацию резервных



элементов энергетической инфраструктуры. Следует отметить, что максимальный результат в функционировании ЦД строится на использовании облачных вычислений, технологий обработки и хранения данных, систем визуализации, а также сенсорных устройств для сбора информации (за исключением некоторых прототипов типа DTP).

На примере российских энергосистем, таких как Компания ПАО «Газпром» (ЦД газопровода «Сила Сибири», 2020г.) [4], Компания «Газпром нефть» («Бизнес-модель» на базе ЦД, 2023г.) [4], Компания «Росэнергоатом»/подразделение ГК «Росатом» (внедрен комплекс «Виртуальная цифровая АЭС», 2020г.) [4] внедрение ТЦД позволило создать «цифровые скважины», «цифровые перерабатывающие заводы» и другие аналогичные объекты [12].

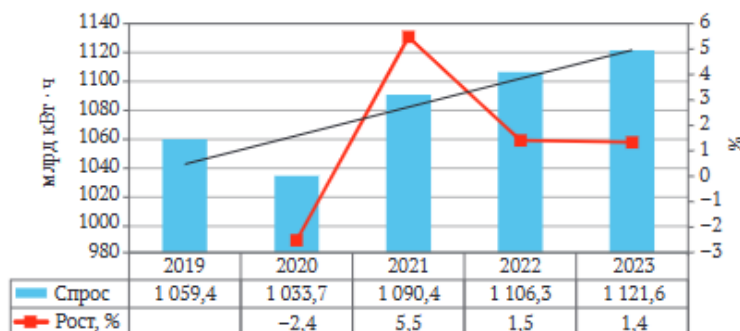


Рис.1. Динамика спроса на электроэнергию в Единой энергетической системе России в период 2019-2023 гг.

Fig.1. Dynamics of electricity demand in Unified Energy Systems of Russia in the period 2019-2023

В настоящее время решение задач по ЦТ энергетического сектора экономики России, является весьма актуальным направлением (рис.1), т.к. имеется весьма устойчивая положительная динамика не только в увеличении объемов промышленного производства, но и в сопутствующем росте потребности в обеспечении народно-хозяйственного комплекса электроэнергией.

Тенденция к расширению применения ТЦД в мировой энергетике и в энергетическом секторе Российской Федерации (с 2010-х по настоящее время) объясняется ростом спроса на электроэнергию, а перспективы дальнейшего внедрения данной технологии формируются за счет следующих факторов:

- ускоренного развития отечественных ИТ-компаний;
- увеличения инвестиций со стороны компаний ТЭК в инновационные проекты, включая цифровизацию;
- активного внедрения цифровых технологий на уровне конечных потребителей энергетики.

4. Обсуждение (Discussion)

Начало практического внедрения ЦТ на уровне конечных потребителей, считается 2017 год, когда путем установки «умных счетчиков» созданы условия для формирования Информационной базы, которая состоит из обширных массивов данных по потреблению электроэнергии и динамики развития событий, что по сути позволило осуществить анализ обрабатываемых и поступающих от них данных на ЦД [8].

5. Заключение (Conclusion)

Анализ опыта применения ЦД в энергетике стран дальнего и ближнего зарубежья показал, что несмотря на относительно недавнее начало их использования (с начала 2010-х годов), ЦТ успела получить значительное развитие как в сфере генерации электроэнергии — включая тепловые, атомные и объекты возобновляемой энергетики, — так и в эксплуатации магистральных и распределительных электрических сетей.

Примеры внедрения ЦД демонстрируют их эффективность, как в плане повышения производительности систем и надежности их функционирования путем оперативного анализа данных, так и в сокращении затрат и увеличении прибыли (Компания Fingrid, Финляндия). Также проект цифровизации Компании VSE Group (Словакия) подтверждает, что применение ЦД способствует улучшению качества анализа работы распределительных сетей.

Перспективы дальнейшего распространения технологии ЦД обусловлены как успешными результатами пилотных проектов, так и ростом спроса на электроэнергию в экономике любой страны. Кроме того, ускорение темпов научно-технологического развития в Мире создаёт



дополнительные возможности для масштабного внедрения ЦТ в энергетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молчанов А.А. Цифровизация в области энергоснабжения. Энергетическое право: модели и тенденции развития. В: Сб. матер. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 12–13 ноября, 2020 г. Под ред. А.В. Габова. Белгород: Изд. Дом «Белгород»; 2021. С. 139–141.
2. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. Digital Twin White Paper. 2014;(1):1–7.
3. Стариков Е.Н. Цифровые двойники: содержание и особенности развития концепции в России. В сб.: Матер. 4-го Уральского экономического форума «Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России». Екатеринбург, 20–21 октября, 2022 г. Екатеринбург: УрГЭУ; 2022. С. 192–196.
4. Синицын С.Н. Необходимость создания цифровых двойников в России. Экономика и управление: проблемы, решения. 2024;1(3(142)):77–84. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
Sinitsyn S.N. The need for creating digital twins in Russia. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2024;1(3(142)):77–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
5. Щербенев Н.А. Цифровые двойники: от концепции до промышленной эксплуатации. В сб.: Матер. 9-й Нац. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию КГЭУ «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве». Казань, 7–8 декабря 2023 г. Казань: КазГЭУ; 2024. С. 446–448. <https://www.osp.ru/os/2022/04/13056597>
6. Абазьева М.П. Цифровые двойники: концепция, возможности, перспективы. Наука и бизнес: пути развития. 2019;(5(95)):210–212. Abazyeva M.P. Digital twins: concept, opportunities, perspectives. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2019;(5(95)):210–212. (In Russ.)
7. Фомин К.Д. Цифровой двойник в электрических сетях. В сб.: Труды 16-й Всеросс. Открытой молодеж. науч.-практ. конф. «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике». Казань, 20–21 октября 2021 г. Казань: ООО «Изд.-полиграф. компания «Бриг»; 2022. С. 233–235.
8. Найденов Д.Н., Мясоедова М.А. К вопросу внедрения современных технологий в энергетике. В: Сб. матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы». Луганск, 23–24 ноября, 2023 г. Луганск: ЛугГАУ им. К.Е. Ворошилова; 2023. С. 296–299.

REFERENCES

1. Molchanov A.A. Sifrovizatsiya v oblasti energosnabjeniya. Energeticheskoye pravo: modeli i tendentsii razvitiya. V: Sb. mater. 2-y Mejdunar. nauch.-prakt. konf. Belgorod, 12–13 noyabrya, 2020 g. Pod red. A.V. Gabova. Belgorod: Izd. Dom «Belgorod»; 2021. S. 139–141.
2. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. Digital Twin White Paper. 2014;(1):1–7.
3. Starikov Ye.N. Sifrovyye dvoyniki: sodержaniye i osobennosti razvitiya kontseptsii v Ros-sii. V sb.: Mater. 4-go Ural'skogo ekonomicheskogo foruma «Ural – drayver neoindustrial'no-go i innovatsionnogo razvitiya Rossii». Yekaterinburg, 20–21 oktyabrya, 2022 g. Yekaterinburg: UrGEU; 2022. S. 192–196.
4. Sinitsyn S.N. Neobходимость sozdaniya sifrovых dvoynikov v Rossii. Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya. 2024;1(3(142)):77–84. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
Sinitsyn S.N. The need for creating digital twins in Russia. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2024;1(3(142)):77–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
5. Щербенев N.A. Sifrovyye dvoyniki: ot kontseptsii do promyshlennoy ekspluatatsii. V sb.: Mater. 9-y Nats. nauch.-prakt. konf., posvyash. 55-letiyu KGEU «Priborostroyeniye i avtomatizirovannyy elektropriwod v toplivno-energeticheskom komplekse i jilishno-kommunal'nom hozyaystve». Kazan', 7–8 dekabrya 2023 g. Kazan': KazGEU; 2024. S. 446–448. <https://www.osp.ru/os/2022/04/13056597>
6. Abazyeva M.P. Sifrovyye dvoyniki: kontseptsiya, vozmojnosti, perspektivy. Nauka i biz-nes: puti razvitiya. 2019;(5(95)):210–212. Abazyeva M.P. Digital twins: concept, opportunities, perspectives. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2019;(5(95)):210–212. (In Russ.)
7. Fomin K.D. Sifrovoy dvoynik v elektricheskix setyax. V sb.: Tруды 16-y Vseross. Ot-krytoy molodej. nauch.-prakt. konf. «Dispetcherizatsiya i upravleniye v elektroenergetike». Ka-zan', 20–21 oktyabrya 2021 g. Kazan': ООО «Izd.-poligraf. kompaniya «Brig»; 2022. S. 233–235.
8. Naydenov D.N., Myasoyedova M.A. K voprosu vnedreniya sovremennykh texnologiy v energe-tike. V: Sb. mater. 3-y Mejdunar. nauch.-prakt. konf. «Integratsiya obrazovaniya, nauki i prak-tiki v APK: problemy i perspektivy». Lugansk, 23–24 noyabrya, 2023 g. Lugansk: LugGAU im. K.E. Voroshilova; 2023. S. 296–299.