

УДК 338

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ DIGITAL TWINS IN THE NUCLEAR INDUSTRY

М.Р. Пильковская, А.С. Мелькова, М.А. Сильванович  
Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
margo.pilkovskaya@mail.ru  
M. Pilkovskaya, A. Melkova, M. Silvanovich  
Supervisor – E.Korsak, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus  
Minsk, Belarus

**Аннотация:** В данной статье исследуется роль цифровых двойников в атомной энергетике, их возможности и применение для моделирования, оптимизации процессов и принятия решений. В атомной отрасли цифровые двойники становятся все более важными для обеспечения безопасности и эффективности ядерных установок.

**Abstract:** This article explores the role of digital twins in nuclear energy, their capabilities and applications for modeling, optimizing processes and decision-making. In the nuclear industry, digital twins are becoming increasingly important to ensure the safety and efficiency of nuclear installations.

**Ключевые слова:** Цифровые двойники, атомная отрасль, виртуальные модели, безопасность, эффективность, управление системами, моделирование, оптимизация.

**Keywords:** Digital twins, nuclear industry, virtual models, safety, efficiency, system management, modeling, optimization.

### Введение

Технология цифровых двойников - это инновационный подход, который предполагает создание виртуальной модели или точной копии физической системы, будь то машина, здание, промышленный производственный процесс или даже целый город.

Цель этой виртуальной модели - точно имитировать характеристики, поведение и функциональность своего физического аналога в режиме реального времени.

В атомной отрасли использование цифровых двойников становится всё более необходимым и актуальным, поскольку они способны обеспечить более точное моделирование и анализ работы ядерных установок. Внедрение цифровых двойников в атомную отрасль является важным шагом для оптимизации процессов, повышения безопасности и эффективности ядерных систем, а также для продвижения инноваций и развития в сфере атомной энергетике.

### Основная часть

Технология цифровых двойников может применяться в различных областях атомной энергетике, включая проектирование и эксплуатацию реакторов, обращение с отходами и вывод из эксплуатации.

Для атомной электростанции двойник помогает в техническом обслуживании и подготовке работ, которые необходимо выполнить во время сбоев в работе. Моделирование в первую очередь касается для технического обслуживания и корпуса реактора для прогнозирования его старения. Но это не просто. Математических формул, описывающих физические явления, недостаточно для адекватного воспроизведения таких сложных установок. Необходимо также использовать накопленный опыт.

Создание цифрового двойника позволяет всем заинтересованным сторонам, участвующим в управлении электростанцией, техническим службам, поставщикам, субподрядчикам работать с одним и тем же большим набором данных. Он также используется в пилотировании для оптимизации производства.

Моделируя установку в реальном времени, можно, например, лучше определить источник колебания параметра и быстрее устранить его. Цифровизация также позволяет упростить внедрение новых инструментов, таких как сенсорные планшеты..

К этим цифровым двойникам добавятся 3D-модели. Сделанные с помощью лазерного и фотографических, они позволят всем командам, задействованным во время перерыва, подготовиться к своим действиям, часто выполняемым в труднодоступных или даже запрещенных местах во время эксплуатации.

Весной 2019 года Imagine 4D и ее партнеры приступили к реализации проекта цифрового двойника атомной электростанции, который предусматривал создание полной 3D-копии недавно введенных в эксплуатацию ядерных реакторов на основе составной 3D-модели, созданной на основе чертежей САПР, и облаков точек, полученных на основе лазерных сканирований. Эта 3D-модель формирует основу для обучения операторов, которая обеспечит бесперебойную, эффективную и безопасную эксплуатацию, а также улучшит ознакомление с установкой и готовность к чрезвычайным ситуациям [1].

Компания KHNP заявила, что цифровые двойники, цифровая модель реальной физической системы, которая служит неразличимым цифровым аналогом, позволит ее центральному научно-исследовательскому центру в Тэджоне удаленно контролировать блоки на пяти атомных электростанциях по всей стране — Kori, Wolsong, Hanbit, Hanul и Saeul — и применять немедленные решения в непредвиденных ситуациях. Предстоящий прорыв является революционным улучшением по сравнению с первоначальными операциями отрасли, при которых электростанции управлялись каждой из их собственных операционных систем, а не отдельной организацией, что делает контроль компании над своими установками неэффективным и сложным.

Разработка цифрового двойника KHNP в настоящее время развивается в отношении подробных систематических чертежей блоков 1 и 2 АЭС Сaeул в Ульсане. Ожидается, что ее разработка будет завершена в 2026 году, технология впервые будет внедрена на 3-м и 4-м энергоблоках АЭС Шин Кори в Ульсане, где аватары будут бродить по объекту и контролировать определенные детали точно так же, как это делал бы техник в реальной жизни [2].

Однако, несмотря на потенциальные преимущества, внедрение цифровых двойников может столкнуться с рядом ограничений и вызовов в данной отрас-

ли. Одним из таких вызовов является сложность создания точных и достоверных цифровых моделей для отдельных элементов атомных установок. Например, для того чтобы создать точный цифровой двойник реактора, необходимо учитывать множество переменных, включая физические, химические и термодинамические параметры, а также динамику ядерных процессов. Это может потребовать значительных ресурсов и времени на сбор и анализ данных.

Кроме того, существует проблема обновления и поддержки цифровых двойников в динамике. Поскольку атомные установки постоянно совершенствуются и модернизируются, цифровые модели должны постоянно обновляться, чтобы отражать изменения в системе. Это может быть сложно и требовать постоянного мониторинга и адаптации цифровых двойников к новым условиям.

Вопрос безопасности данных также становится критически важным при использовании цифровых двойников в атомной отрасли. Поскольку эти модели содержат конфиденциальную и чувствительную информацию об атомных установках, необходимы строгие меры безопасности для защиты от несанкционированного доступа и потенциальных кибератак.

Хотя цифровые двойники обладают значительным потенциалом для оптимизации и повышения безопасности атомных установок, их внедрение также сопряжено с вызовами, которые требуют внимательного рассмотрения и решения.

### **Заключение**

Внедрение цифровых двойников в атомной отрасли обладает потенциалом для оптимизации процессов и повышения безопасности, но сопряжено с вызовами. Создание точных моделей требует значительных ресурсов, а обновление и поддержка моделей — постоянного мониторинга. Безопасность данных также является ключевым аспектом. Несмотря на вызовы, понимание ограничений технологии поможет разработать эффективные стратегии для успешной реализации проектов в этой области.

### **Литература**

1. Стацура Д.Б., Тучков М.Ю., Поваров П.В. и др. Использование программной модели блока для совершенствования проектных решений и оптимизации управления технологическим процессом // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2020. – № 4. – С. 37-49.
2. . Цифровизация производственных задач в АО «Атомтехэнерго» [Электронный ресурс] // АО «Атомтехэнерго» [сайт]. URL: <https://atech.ru/news/tsifrovizatsiya-proizvodstvennykh-zadach-v-aotomtekhenargo/>.