

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ:  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ**

Национальная (с международным участием)  
научно-практическая конференция  
(Казань, 10 – 11 апреля 2024 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

Казань  
2024

УДК 004.02+004.9  
ББК 32.813 + 32.973  
Ц75

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматизированные системы сбора и обработки информации» ФГБОУ ВО «КНИТУ» Р.Н. Гайнуллин;

д-р техн. наук, профессор кафедры «Системы информационной безопасности» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» А.С. Катасёв

*Редакционная коллегия:*

И.Г. Ахметова (гл. редактор); Ю.Н. Смирнов (зам. гл. редактора); Р.С. Зарипова, О.А. Пырнова, Г.А. Овсёенко, О.Ю. Янова

**Ц75**     **Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения:** материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции (Казань, 10-11 апреля 2024 г.) / под общ. ред. И.Г. Ахметовой. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2024. 1636 с.

ISBN 978-5-89873-660-6

В электронном сборнике представлены статьи по материалам национальной (с международным участием) научно-практической конференции «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения» по следующим направлениям:

1. Цифровые технологии и решение прикладных задач. Программная инженерия.
2. Технологии искусственного интеллекта.
3. Информационная безопасность.
4. Цифровая экосистема в образовании и в формировании личности человека.

Предназначен для научных работников, преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и специалистов, работающих в сфере информационных технологий, а также для всех интересующихся цифровыми технологиями.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.

УДК 004.02+004.9  
ББК 32.813 + 32.973

ISBN 978-5-89873-660-6

© ФГБОУ «Казанский государственный энергетический университет», 2024

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Регина Римовна Зинатуллина, Юрий Николаевич Смирнов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия  
regzphoto@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящее время в автоматизированных системах активно используются цифровые двойники, которые могут помочь в снижении затрат, мониторинге и оптимизации технического обслуживания. В статье представлена обобщенная схема АСУ ТП для наглядного понимания процесса управления технологическими процессами, рассматривается роль автоматизированных систем управления технологическими процессами и объекты управления в этой области.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, автоматизированная система управления технологическими процессами, модель, оптимизация, мониторинг.

## DIGITAL TWINS OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS

Regina R. Zinatullina, Yuri N. Smirnov  
KSPEU, Kazan, Russia  
regzphoto@yandex.ru

**Abstract.** Nowadays, digital twins are actively used in automated systems, which can help to reduce costs, monitor and optimize maintenance. The article presents a generalized scheme of automated process control systems for a clear understanding of the process control process, considers the role of automated process control systems and control objects in this area.

**Keywords:** digital twin, automated process control system, model, optimization, monitoring.

В настоящее время цифровые двойники способны предложить новые способы снижения затрат, мониторинга, оптимизации технического обслуживания. Модель цифрового двойника быстро внедряется в обрабатывающую промышленность и другие отрасли. Цифровые двойники – это прекрасный пример этого и ключ к видению Индустрии 4.0 и промышленного Интернета. Подтверждением этому является растущая поддержка вариантов использования цифровых двойников в промышленных платформах.

Цифровые двойники – это мощные инструменты со значительными преимуществами, особенно при разработке новой стратегии управления. Виртуальная среда позволяет проводить эксперименты, не мешающие

нормальной работе установки [1]. Кроме того, эти эксперименты могут быть выполнены за относительно короткое время с возможностью тестирования экстремальных условий эксплуатации, а также различных конфигураций схем. В результате можно разработать надежную стратегию управления, способную справиться с широким спектром возможных сценариев, которые могут возникнуть на объекте.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) представляют собой человеко-машинные системы управления, обеспечивающие сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с критерием качества функционирования, и реализацию управляющих воздействий на технологический объект. Оператор при этом выполняет только анализ полученных управлений и их реализацию.

Объектом управления в АСУ ТП является технологическое оборудование, агрегаты, установки, отдельные производства – участки, цеха.

Цифровые двойники создаются путем сбора данных из различных источников, таких как датчики, устройства сбора данных и другие системы [2]. Эти данные затем обрабатываются и моделируются с использованием различных алгоритмов и методов анализа данных.

Одной из основных функций цифровых двойников является возможность предсказывать поведение реальных систем и процессов на основе полученных данных. Это позволяет операторам и инженерам принимать более информированные решения и оптимизировать работу системы. Обобщенная схема АСУ ТП представлена на рис. 1

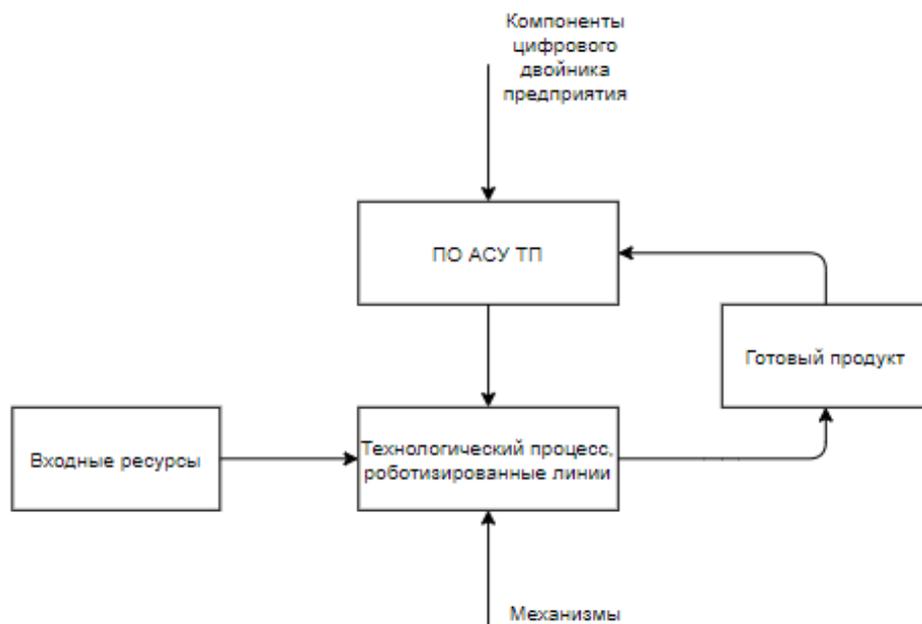


Рис.1. Обобщенная схема АСУ ТП

Краткую работу АСУ ТП [3] можно описать следующим образом: на вход управляющего вычислительного комплекса (УВК) от датчиков поступает информация о текущих значениях переменных, характеризующих ход технологического процесса. В УВК эта информация обрабатывается и в соответствии с принятым законом (алгоритмом) управления определяются управляющие воздействия, которые должны быть приложены к исполнительным механизмам для изменения управляемых переменных, чтобы технологический управляемый процесс протекал оптимальным образом.

Существуют следующие преимущества [4] использования систем управления технологическими процессами (СУТП) в качестве компоненты цифрового двойника предприятия:

1. Оптимизация производственных процессов: СУТП позволяет автоматизировать и оптимизировать различные этапы технологических процессов, что приводит к повышению эффективности и снижению затрат. СУТП может контролировать и регулировать параметры производства, оптимизировать распределение ресурсов и материалов, а также улучшать планирование и синхронизацию операций.

2. Улучшение качества продукции: СУТП позволяет контролировать и анализировать данные о качестве продукции на каждом этапе производства. Это позволяет выявлять и устранять проблемы и отклонения в режиме реального времени, что приводит к улучшению качества и снижению количества брака.

3. Повышение гибкости и адаптивности: СУТП позволяет быстро адаптироваться к изменениям в производственных условиях и требованиях рынка. Оно может автоматически перенастраиваться на новые параметры и оптимизировать процессы для удовлетворения изменяющихся потребностей. Это позволяет предприятию быть более гибким и конкурентоспособным.

4. Улучшение безопасности и снижение рисков: СУТП позволяет контролировать и управлять рисками, связанными с технологическими процессами. Оно может обнаруживать потенциально опасные ситуации, предотвращать аварии и минимизировать риски для персонала и оборудования. Это способствует повышению безопасности и снижению возможных убытков.

5. Улучшение принятия решений: СУТП предоставляет операторам и менеджерам предприятия доступ к актуальным данным и аналитическим инструментам для принятия информированных решений. Они могут анализировать данные о производстве, прогнозировать результаты и оптимизировать процессы на основе этих данных. Это помогает улучшить эффективность и принимать более обоснованные решения.

Технология цифровых двойников потенциально может существенно повлиять на развитие систем управления технологическими процессами, предоставляя виртуальную копию или модель физической системы или

процесса. Эта технология обеспечивает мониторинг, анализ и управление процессами в режиме реального времени, что позволяет принимать более эффективные решения [5-7]. Вот несколько способов, с помощью которых цифровые двойники могут повлиять на рост в области систем управления технологическими процессами:

1. Улучшенное профилактическое обслуживание: Цифровые двойники могут отслеживать производительность оборудования и систем в режиме реального времени, обеспечивая профилактическое обслуживание на основе анализа данных. Выявляя потенциальные проблемы до их возникновения, компании могут минимизировать время простоя и оптимизировать графики технического обслуживания.

2. Расширенное моделирование и тестирование: Технология Digital twin позволяет моделировать и тестировать различные сценарии в виртуальной среде без необходимости в физических прототипах. Это может помочь компаниям оптимизировать процессы, повысить эффективность и снизить затраты.

3. Оптимизация операций: Используя цифровые двойники для анализа данных в режиме реального времени и показателей производительности, компании могут оптимизировать свои операции и принимать основанные на данных решения для повышения производительности, сокращения отходов и повышения прибыльности.

5. Повышенная безопасность и надежность: Цифровые двойники могут дать представление о потенциальных рисках и опасностях в процессах, позволяя компаниям активно решать проблемы безопасности и повышать надежность. Это может помочь предотвратить несчастные случаи, сократить время простоя и обеспечить соответствие нормативным стандартам.

6. Интеграция с технологиями Интернета вещей и искусственного интеллекта: Цифровые двойники могут быть интегрированы с устройствами Интернета вещей (IoT) и алгоритмами искусственного интеллекта (ИИ) для дальнейшего совершенствования систем управления технологическими процессами. Это может обеспечить автоматизацию, оптимизацию и интеллектуальное принятие решений в режиме реального времени [8-9].

В целом, технология цифровых двойников обладает потенциалом произвести революцию в области систем управления технологическими процессами, позволяя компаниям повышать эффективность, оптимизировать операции и повышать прибыльность. Поскольку эта технология продолжает развиваться и совершенствоваться, мы можем ожидать значительного роста и инноваций в области систем управления технологическими процессами.

## **Источники**

1. Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В., Зиганшин Э.Ш. Интеграция автоматизированных систем управления как один из факторов повышения эффективности работы машиностроительного предприятия // Вестник МГТУ "Станкин". 2021. № 1(56). С. 19-24.
2. Смирнов Ю.Н. Основы проектирования и разработки цифровых платформ предприятий // Научно-технический журнал «Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева», 2018. №3.
3. Зыкин С. А., Катаева М. И. Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом на предприятии // Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь). 2018 Т. 1. С. 139-140.
4. Гривз, Майкл; Викерс, Джон (17 августа 2016). «Цифровой двойник: смягчение непредсказуемого, нежелательного возникающего поведения в сложных системах». Трансдисциплинарные перспективы сложных систем. С. 85-113. doi: 10.1007/978-3-319-38756-7\_4. ISBN 978-3-319-38754-3.
5. Тасуева Х.З.А., Албогачиева Л.А., Николаева С.Г. Автоматизация бизнес-процессов с использованием системного подхода // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 393-395.
6. Емдиханов Р.А., Зарипова Р.С. Применение информационных систем для решения проблем современности // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 70-72.
7. Филимонова Т.К., Овсенко Г.А., Мустафаев Т.А. Разработка имитационной информационно-математической модели деятельности предприятия // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 11. С. 127-130.
8. Хаджиева Л.К., Халидов А.А., Хагаева А.В. Цифровизация и автоматизация производства в российской экономике // Экономика и предпринимательство. 2023. № 12 (161). С. 443-446.
9. Цифровые технологии в решении проблем современности: монография / Р. С. Зарипова, Ю. С. Валеева, Ю. Н. Смирнов [и др.]. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. 298 с.