ОБЗОР ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Рабунец В.М., студент,

Дмитриева А.Д., студентка,

Зенцова И.М., к.пед.н., доцент,

Березниковский филиал ПНИПУ, г. Березники, Россия

Аннотация. В статье проведен обзор некоторых цифровых двойников типовых технологических процессов химической промышленности. Также была обоснована актуальность их применения. Показаны направления использования цифровых двойников для обучения операторов автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Ключевые слова: цифровой двойник, модель, оператор автоматизированной системы управления технологическим процессом, АСУТП.

Современное развитие химической промышленности требует не только создания новых высокоэффективных технологий, но и существенного повышения уровня автоматизации. Одним из ключевых направлений цифровой трансформации является внедрение цифровых двойников технологических объектов. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель, которая отражает поведение реального устройства или процесса на всех этапах его жизненного цикла. В настоящее время благодаря расширению инструментов моделирования и повышению уровня визуализации происходит расширение возможностей цифровых двойников [6].

Актуальность разработки цифровых двойников для химико-технологических систем обусловлена несколькими факторами. Во-первых, прямое экспериментирование на реальных аппаратах часто связано с высокими затратами, рисками аварий и невозможностью воспроизведения нештатных ситуаций. Во-вторых, существующие системы автоматизации требуют тщательной отладки алгоритмов управления до их внедрения на действующем производстве. В-третьих, подготовка квалифицированных операторов автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) невозможна без практической работы с технологическим процессом, но использование реальных установок для обучения недопустимо [2].

Особое значение цифровые двойники приобретают для типовых процессов, таких как смешение компонентов, теплопередача, ректификация. Эти процессы широко распространены в химической промышленности, и создание их универсальных цифровых моделей позволяет многократно использовать результаты разработки.

В период с 2022 по 2025 гг. группа ученых в составе В.Ю. Невиницын, П.Н. Гримeницкий, И.К. Ваняйкин, Д.С. Отлягузов, А.Н. Лабутин, Н.М. Хабибулин разрабатывали модель цифрового двойника аппарата идеального перемешивания с двумя входными потоками жидкости и выходным потоком со свободным истечением. Ключевой особенностью разработанной модели является использование рабочего места оператора, программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК200, сенсорной панели оператора ОВЕН СП307 и других технических средств автоматизации [4]. Разработчики предлагают ряд сценариев работы данного цифрового двойника для изучения различных аспектов в сфере систем диспетчерского контроля и управления: изменение температуры и скоростей подачи жидкости в аппарате со временем [5].

В 2026 г. М.В. Иноземцева, М.Ю. Серебряков разработали цифрового двойника с использованием BP-симулятора, позволяющего воспроизводить нормальные и аварийные режимы работы оборудования в зависимости от действия оператора АСУТП. Он позволяет полностью погрузить оператора в рабочую обстановку [3].

В этом же году С.С. Абызгильдина, Р.Р. Аскаров предложили новые направления использования цифровых двойников для обучения операторов АСУТП: прогнозирование остаточного ресурса, обслуживание по фактическому состоянию, диагностика коренных причин неисправностей [1].

Таким образом, в настоящее время цифровые двойники для обучения операторов АСУТП используются в следующих направлениях: диагностика состояния аппаратов и их техническое обслуживание. Цифровые двойники позволяют безопасно и экономно изучать особенности эксплуатации аппаратов химико-технологических систем.

Литература

1. Абызгильдина С.С., Аскаров Р.Р. Цифровой двойник как ключевой инструмент прогностического обслуживания и оптимизации режимов работы систем автоматизации // Международный научный журнал «Вестник науки». 2026. №1 (94) Т.3. С. 2330-2335.

2. Готеляк А.В. Использование цифровых двойников промышленных объектов в рамках обучения инженерных кадров // Инженерное образование в цифровом обществе. Минск: БГУИР, 2024. С. 203-205.

3. Иноземцева М.В., Серебряков М.Ю. Применение виртуальной реальности и цифровых двойников для подготовки операторов автоматизированных систем управления технологическими процессами // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. Выпуск 10 (Труды XXIX Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество», IMS-2026, Санкт-Петербург, 2026 г. Сборникнаучных статей). СПб: Университет ИТМО, 2026. С. 14-19 DOI: 10.17586/3033-5574-2026-10-14-19

4. Невиницын В.Ю., Грименицкий П.Н., Ваняйкин И.К., Отлягузов Д.С. Разработка цифровых двойников типовых технологических процессов // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. 2025. № 1(81). С. 111-117. DOI: 10.6060/snt.20258101.00013.

5. Невиницын В.Ю., Лабутин А.Н., Хабибулин Н.М. Симулятор системы контроля и управления теплообменником смешения // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2022. № 4(72). С. 40-46. DOI: 10.6060/snt.20227204.0006.

6. Сосфенов Д.А. Цифровой двойник: история возникновения и перспективы развития //

Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2024. № 4. С. 35-43. DOI: 10.25198/2077-7175-2024-4-35.