

# ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: ОТ ИДЕИ ДО РАБОТАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ

В. В. Касьяник, Е. С. Макаревич

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

*Digital engineering and modeling technologies offer significant opportunities for optimizing production processes through virtual simulations. This article explores the application of digital twins in industrial settings, highlighting their role in improving efficiency, reducing operational costs, and enhancing sustainability. Practical examples illustrate how digital twins contribute to predictive maintenance and process optimization across various industries.*

## **Введение**

В условиях стремительного развития промышленных технологий и повышающейся конкуренции предприятия всё чаще обращаются к решениям, которые позволяют оптимизировать производственные процессы и снизить издержки. Одним из таких решений стало внедрение цифровых двойников — виртуальных моделей реальных объектов, которые помогают анализировать, тестировать и предсказывать работу системы, не вмешиваясь в реальное производство.

В Республике Беларусь особое внимание к цифровому инжинирингу уделяется в учебно-научно-практической лаборатории «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета. Эта лаборатория занимается разработкой и внедрением инновационных технологий в автоматизацию и роботизацию производственных процессов, активно используя коллаборативных роботов и системы технического зрения.

Данная статья освещает этапы создания цифровых двойников, их значимость для современного производства и роль лаборатории «Промышленная робототехника» в подготовке квалифицированных специалистов для промышленности Беларуси.

## **Процесс создания цифрового двойника и его роль в оптимизации производства**

Учебно-научно-практическая лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета, основанная 15 января 2019 года, активно занимается развитием автоматизации и роботизации производственных процессов в Республике Беларусь, уделяя особое внимание применению коллаборативных роботов и систем технического зрения. Лаборатория сотрудничает с рядом крупных предприятий, включая «Санта Бремор», «Савушкин Продукт» и Rozum Robotics.

Лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета имеет четко структурированную систему управления, в основе которой лежат функциональные рабочие группы [1]. Эти группы выполняют ключевые задачи по разработке и внедрению инновационных

технологий в области робототехники, технического зрения и цифрового инжиниринга.

Группа цифрового инжиниринга разрабатывает виртуальные модели и цифровые двойники производственных объектов, что позволяет анализировать и визуализировать производственные процессы. Инженеры-программисты создают алгоритмы управления и программное обеспечение для корректного функционирования моделей, а инженеры-конструкторы и специалисты по автоматизированным системам управления проектируют оборудование и настраивают системы, обеспечивая слаженную работу всех компонентов. Финальный этап работы осуществляется группой экономистов, которые анализируют рентабельность проектов и обосновывают целесообразность внедрения разработанных решений, способствуя оптимизации производственных процессов и повышению их эффективности.

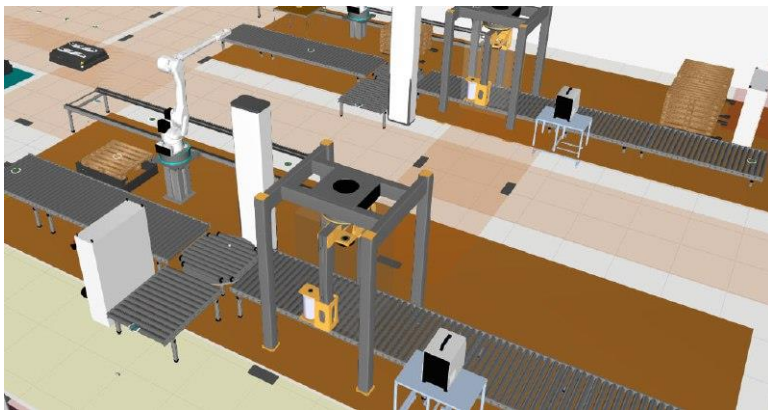
Одним из ключевых направлений работы лаборатории является цифровое моделирование. Для этого используется программный пакет R-Про (Рациональное Производство), построенный по модульному принципу. Он сочетает простоту создания трехмерных моделей производственных участков, цехов и предприятий с возможностью визуализации результатов, учетом реальных технических показателей оборудования и специалистов, а также применением эффективных методов статистического анализа производственных процессов.

Основой цифрового инжиниринга являются цифровые двойники — виртуальные копии производственных объектов, которые позволяют оптимизировать процессы без вмешательства в реальное производство [2]. Эти модели помогают визуализировать работу системы, тестировать сценарии, предсказывать поведение объектов и выявлять проблемы на стадии проектирования. Для выполнения этих задач используется программный пакет R-Про (Рациональное Производство), который позволяет создавать трёхмерные модели производственных цехов, визуализировать их с учётом реальных характеристик оборудования и проводить статистический анализ.

Процесс разработки цифрового двойника включает несколько этапов, начиная со сбора и обработки данных. Для создания точной модели производственного объекта выполняется 3D-сканирование, что позволяет зафиксировать все характеристики помещения и оборудования. В случаях, когда полноценное сканирование невозможно, применяется фотограмметрия. В результате создается цифровая копия производственного участка, которая станет основой для дальнейшего моделирования. Например, для предприятия «Гродно Азот» была успешно создана цифровая модель производственного участка с применением комплексного 3D-сканирования.

После сбора данных создается каталог компонентов: оборудование, станки, линии и прочие элементы производства. Каждый объект моделируется с учетом его реальных параметров, включая размеры, вес и функциональные возможности. Так, разрабатываются 3D-модели, которые точно отражают поведение элементов в процессе работы, обеспечивая

реалистичное представление производственной системы. На рисунке 1 представлен общий вид зоны паллетизации готовой продукции.



**Рисунок 1 - Общий вид зоны паллетизации готовой продукции**

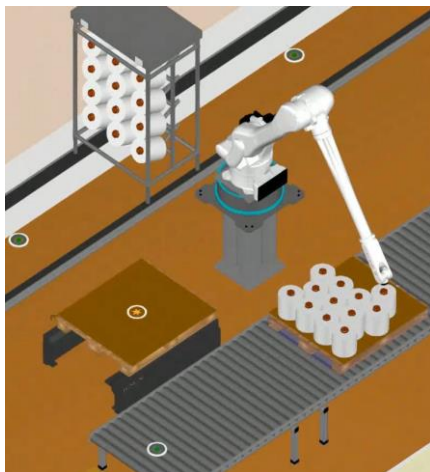
На этапе прототипирования исследуются различные компоновки оборудования с целью оптимизации его взаимодействия и увеличения эффективности использования пространства. Тестируются несколько вариантов расположения, учитываются реальные ограничения помещения, создаются визуальные модели. Это позволяет избежать ошибок на этапах внедрения и выявить узкие места в производственном процессе, предлагая пути их оптимизации.

После этого происходит программирование логики работы цифрового двойника, что позволяет создать алгоритмы для моделирования всех производственных процессов. Это минимизирует ошибки и сокращает время на пуско-наладочные работы. Эксперименты с различными параметрами системы позволяют заранее выявить узкие места и оптимизировать маршруты, обеспечивая эффективную эксплуатацию. На рисунке 2 представлен общий вид производственного помещения



**Рисунок 2 - Общий вид производственного помещения**

Цифровой двойник позволяет проводить эксперименты с различными параметрами системы, моделируя сценарии под увеличенную нагрузку или измененные условия работы. Это дает возможность заранее обнаружить и устранить потенциальные узкие места, оптимизировать маршруты и скорости операций, минимизировать издержки. Таким образом, система становится готовой к эффективной эксплуатации даже в нестандартных условиях. На рисунке 3 представлен промышленный робот Kawasaki RS015X [3].



**Рисунок 3 - Промышленный робот Kawasaki RS015X**

На завершающем этапе формируется отчет, который включает структуру цифрового двойника, его настройки, параметры, рекомендации и перечень оборудования с характеристиками. Это позволяет заказчику получить всю необходимую информацию для реализации проекта и принятия обоснованных решений.

### **Заключение**

Цифровые двойники становятся важным элементом современного производства, способствуя оптимизации процессов, снижению издержек и минимизации экологического следа. Внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые перспективы для создания гибких производственных систем. Лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета активно использует технологии цифрового моделирования, помогая предприятиям повышать эффективность и снижать затраты, а также обучая студентов современным технологиям автоматизации и роботизации.

### **Список использованных источников**

1. Лаборатория робототехники БрГТУ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://robotics.bstu.by/partners/>. – Дата доступа: 03.10.2024

2. IT – Концерн | R-Про [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.r-p-c.ru/>. – Дата доступа: 03.11.2024

3. Kawasaki RS080N [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.robotwizard.ru/products/industrial-robots/small-medium-payloads/kawasaki-rs080n/>. – Дата доступа: 03.11.2024

УДК 004.93

## **МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ УГРОЗ В СИСТЕМАХ «УМНОГО» ГОРОДА**

**Е. М. Косарева, Д. В. Лихачевский**

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, e.kosareva@bsuir.by

*In this article the description of the problem of recognizing potential anthropogenic threats is given. The methods used to recognize potential anthropogenic threats are analyzed.*

### **Введение**

Антропогенные угрозы представляют собой группу потенциальных угроз «умного» города, которые являются результатом реализации социальной опасности отдельных лиц или групп. Применение методов машинного обучения и нейросетевых алгоритмов позволяет повысить скорость и точность предиктивного обнаружения и реагирования на возможную реализацию социальной опасности.

### **Методы, применяемые для распознавания антропогенных угроз**

Для распознавания антропогенных угроз в качестве исходных данных используется фото/видеопоток, получаемый из систем общественного видеонаблюдения.

Предиктивное распознавание потенциальных антропогенных угроз представляет собой трехкомпонентную задачу. Ввиду того, что оценку потенциальной опасности предполагается производить на основании анализа предыдущего криминального опыта (т.е. наличия/отсутствия конкретного лица в базе данных правонарушителей), а также текущего психоэмоционального состояния человека суть задачи сводится к следующим компонентам:

- обнаружение лица;
- извлечение признаков;
- оценка психоэмоционального состояния и прошлого криминального опыта (классификация).

Существует обширный набор методов для решения задачи обнаружения, однако в рамках настоящего исследования интерес представляют методы обнаружения по внешним признакам.