

УДК 004.94

Возможности создания цифрового двойника мелкосортно - проволочного стана «170»

Тюгова Виктория Ивановна

Филатов Илья Вячеславович

Волосова Александра Владимировна (научный руководитель)

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В современном мире заметно возросло внимание к развитию и внедрению новых информационных технологий в сферах бизнеса и промышленности. Это позволило автоматизировать многие процессы, создать более контролируемую и управляемую среду для работы, а также увеличить безопасность на опасных производствах. Но мир технологий не стоит на месте, а значит, появилась необходимость в постоянном развитии. Представлен наглядный пример создания имитационной системы процессов производства катанки на Магнитогорском металлургическом комбинате, также выделена проблема несовершенства данной модели и обоснована необходимость перехода к более сложной системе, позволяющей получать актуальные данные в режиме реального времени — цифровому двойнику.

Ключевые слова: симуляция, цифровой двойник, автоматизирование процессов, имитационное моделирование, новые технологии

Введение. Технологии на сегодняшний день стремительно развиваются. И это неудивительно, ведь прогресс не стоит на месте, а вместе с ним растут потребности науки и экономики. Объемы обрабатываемых данных увеличиваются. В связи с этим, возрастает внимание к развитию информационных технологий. К примеру, в крупных компаниях, не связанных с ИТ, все чаще можно встретить целые отделы ИТ-специалистов. Ведь системы усложняются, находят новые, более рациональные решения старых проблем. Крупные предприятия понимают значимость таких изменений, начинают интересоваться открытиями в этой области и возможностями их применения в своей сфере.

Технологические инновации оказывают глубокое влияние на промышленность, значительно меняя способы производства и управления. В последние годы наблюдается переход к цифровым технологиям, которые позволяют повысить эффективность производственных процессов. Внедрение автоматизированных систем и роботов на производственные линии позволяет компаниям снизить затраты на рабочую силу и повысить точность производства [1]. Так, согласно исследованиям, проведенным ИТ-компанией McKinsey Digital, около 70 % руководителей крупных предприятий инвестируют в развитие имитационного моделирования [2].

Имитационная система — симуляция. Одним из примеров имитационной системы является симуляция. Общий взгляд на симуляции в пределе можно выразить через определение, сформулированное М. Хайенга: «Ком-

пьютерная симуляция — это инструмент системного анализа, который применяет теорию предмета исследования, определенные математические структуры, логику программирования и эмпирический анализ для сведения сложной системы в математическую формулировку, дублирующую исследуемую сущность реальной системы» [3].

Одному из авторов данной статьи была поставлена задача на основе облака точек в формате LGS спроектировать BIM-модель (Building Information Model, информационная модель) стана «170», в которой, с помощью интерактивного режима, можно менять параметры и наблюдать за изменениями системы.

Мелкосортно-проволочный стан «170», введенный в эксплуатацию в 2006 г., имеет производительность до 765 тыс. тонн в год и предназначен для производства катанки и круглого сортового проката диаметром от 5,0 до 22,0 мм, а также бунтовой арматуры малых диаметров 6–8–10–12–16 мм. Широкие технологические возможности стана 170 позволяют производить катанку из легированной стали с повышенными пластическими свойствами и из высокоуглеродистой стали, обеспечивающую необходимую прочность канатов после переработки в метизном переделе, а также множество других самых разнообразных видов продукции: катанку для фибры, самонарезающих винтов, производства дюбелей, крепежа, двухвитковых шайб и т. д.

Запуском данного агрегата на ММК завершилась коренная реконструкция сортопрокатного производства, благодаря которой Магнитогорск получил самые современные в стране мощности по выпуску сортового проката суммарной производительностью до 2 млн тонн в год. Возникла потребность в создании математической модели (симуляции), процессов производства катанки. Основные причины создания модели:

- установка управляемых параметров технологического процесса;
- возможность демонстрации различных сценариев технологического процесса;
- возможность изучения строения оборудования.

Результатом работы стала симуляция, которая описывает технологический процесс и оценку промежуточного состояния продукта металлургического производства, с помощью которой могут осуществляться исследования новых режимов и демонстрации уже существующих. Изготовленная модель включает в себя конструктор и демонстрационный режим работы. Конструктор используется для задания параметров химического состава исходного материала, режима охлаждения, скорости движения лент с целью получения необходимой микроструктуры. Режимы охлаждения выбираются в зависимости от марки стали и необходимых свойств готового продукта. Демонстрационный режим — VR-приложение, в полной мере показывающее возможности симуляции (рис. 1).

Цифровой двойник. В описанном выше проекте есть ряд недостатков, представленных в таблице. На любом крупном предприятии есть специальные датчики, которые считывают текущее состояние элемента производства,

в том числе и на ММК. В основу работы разработанной модели легли принципы работы стана, однако нет учета текущего состояния объекта, что делает ее не совсем универсальной в использовании, учитывая, что уже существуют более сложные системы.



Рис. 1. BIM-модель стана «170»

Сравнение симуляции и цифрового двойника

Минусы симуляции	На что влияет недостаток?	Решение с помощью цифрового двойника
Детерминированный результат работы модели	Данная имитационная модель предполагает работу исключительно с определенными, заданными значениями, что не дает возможность пользователю учесть все состояния системы	Цифровой двойник напрямую связан с реальным объектом, т. е. обладает способностью отражать все возможные состояния объекта, а не только заданные
Не учитывает внешние факторы, влияющие на систему	Симуляция учитывает только те параметры, которые указаны разработчиком в программе, тогда как на систему могут влиять гораздо больше факторов	Цифровой двойник может учитывать реальное состояние объектов системы, так как учитывает состояние датчиков, сопряженных с системой

Окончание таблицы

Минусы симуляции	На что влияет недостаток?	Решение с помощью цифрового двойника
Обратная связь между пользователем и моделью является односторонней	Пользователь может только задать параметры и получить конкретный ответ, являющийся результатом работы алгоритма, но он не может влиять на реальный объект	Такая модель может влиять на реальный объект, потому что связана с ним посредством датчиков
Нельзя совершать мониторинг реального объекта	Симуляция не дает возможность посмотреть и изучить текущее состояние системы, в настоящий момент времени	Отличительной особенностью цифрового двойника является его связь с реальным объектом, следовательно, пользователь может наблюдать за состоянием системы, напрямую не контактируя с ней

Что такое цифровой двойник? Наиболее близкое к нашей сфере определение дал Абдулмоталев Эль-Саддик: «Цифровой двойник — это цифровая копия живой или неживой физической сущности. Соединяя физический и виртуальный мир, данные передаются незаметно, позволяя виртуальной сущности существовать одновременно с физической сущностью» [4]. Для чего эта технология нужна? Цифровой двойник — эффективный инструмент для увеличения эффективности, безопасности и скорости производства. Так, на примере Магнитогорского металлургического комбината, можно отметить, что внедрение такой технологии на линии упростит и в какой-то степени даже улучшит работу службы быстрого реагирования. Ведь цифровые двойники включают в себя слой поведенческих идей и визуализаций, полученных из данных. Можно сделать вывод, что это позволит предсказывать поведение стана, снимая показания с датчиков в режиме реального времени. Виртуальный производственный процесс может создать различные сценарии и показать то, что произойдет при различных ситуациях. Это позволяет компании разрабатывать наиболее эффективную методику производства. Процесс можно оптимизировать с помощью виртуальных двойников продукта для каждой части оборудования. Таким образом, предприятие сможет выполнять профилактическое обслуживание, избегая дорогостоящих простоев [5].

Описываемый подход обеспечивает синергию работы человека и машины. Данные и их анализ становятся более точными и структурированными. Это позволяет оптимизировать работу стана, прогнозировать поломки и аварии на линии, а также посредством данной модели можно увеличить уровень понимания работы оборудования для сотрудников.

Заключение. Современные технологии открывают огромное количество возможностей перед людьми, умеющими ими пользоваться. В данной работе был рассмотрен конкретный проект по созданию симуляции производственной единицы. Были выявлены минусы данной имитационной модели и рассмотрен способ их устранения. Технология цифровых двойников является крайне полезной и универсальной. Главным ее преимуществом над симуляцией является синхронизация модели с физическим объектом, что позволяет совершать мониторинг, оптимизацию и управление реальным объектом производства. Однако есть и свои минусы у такой технологии, а именно цена разработки подобной модели и ее внедрения на производство, она достаточно высока. Но несмотря на это, технология цифрового двойника так или иначе является окупаемой во всех смыслах разработкой, внедряемой в крупное производство. Подтверждением может послужить исследование, опубликованное IT-компанией McKinsey Digital: «По опыту McKinsey, организации зафиксировали рост выручки на целых 10 %, разрабатывая цифровых двойников своих клиентов, позволяя этим клиентам полностью взаимодействовать и погружаться в продукт компании. Например, Mercedes-Benz (ранее Daimler) разработала двойников клиентов, которые позволяют клиентам «тестировать» автомобиль, не садясь за руль» [2].

Литература

- [1] Атаева Э.С., Байрамова Б. Технологические инновации и их влияние на развитие промышленности и общества. *Наука и мировоззрение*, 2025, № 37, с. 1–5.
- [2] What is digital twin technology. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology> (дата обращения 13.05.2025).
- [3] Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки. *Epistemology & Philosophy of Science*, 2021, № 2, с. 151–169.
- [4] El Saddik A. Digital twins: the convergence of multimedia technologies. *IEEE MultiMedia*, 2018, vol. 25, no. 2, pp. 87–92.
- [5] Кокорев Д.С., Юрин А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса. *Colloquium-journal*, 2019, № 10 (34), с. 101–104.

Possibilities for creating a digital twin of the small-section wire mill “170”

Tyugova Victoria Ivanovna

Filatov Ilya Vyacheslavovna

Volosova Alexandra Vladimirovna (*scientific advisor*)

BMSTU, Moscow, Russia

In the modern world, attention to the development and implementation of new information technologies in business and industry has significantly increased. This has enabled the automation of many processes, the creation of a more easily controlled and managed work environment, and the enhancement of safety in hazardous production settings. However, the world of technology continues to evolve, necessitating ongoing advancements. This paper presents a practical example of developing a simulation system for wire rod production processes at the Magnitogorsk Metallurgical Plant. It also highlights the limitations of this model and justifies the need to transition to a more sophisticated system capable of providing real-time data—a digital twin.

Keywords: simulation, digital twin, process automation, simulation modeling, new technologies