

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*С.С. Бобоев<sup>а</sup> студент гр. 10А21, С.Н. Хабибуллодова, студент гр. 10А21,  
И.З. Исмоилов студент гр.10В21*

*Научный руководитель: Сапрыкина Н.А., к.т.н., доц.  
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета,  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: <sup>а</sup>saifullonematullo@gmail.com*

**Аннотация:** Внедрение цифровых двойников на производстве, моделирующих реальное состояние производственных систем в реальном времени необходимо для повышения производительности, а также для снижения затрат и энергопотребления. В статье рассмотрены типичные проблемы, связанные с современным производством, которые позволят решить внедрение цифровых двойников. Дано описание ключевых элементов, которые позволяют создать управляемого данными цифрового двойника для умного производства.

**Ключевые слова:** современное производство, цифровые двойники, обрабатывающая промышленность.

**Abstract:** The introduction of digital twins in production, simulating the real state of production systems depending on the time required for production, as well as to reduce costs and energy consumption. The article deals with typical problems associated with social production, which allow solving the problem of digital twins. A description is given of the incoming elements that allow you to manage a dual-use dataset for smart manufacturing.

**Keywords:** modern production, digital twins, manufacturing industry.

Обрабатывающая промышленность в настоящее время стоит на пороге очередной промышленной революции. Рост новой цифровой промышленной трансформации, известной как Индустрия 4.0, в которой в настоящее время на переднем крае находится интеллектуальное производство, меняет способ функционирования бизнеса. Умное производство напоминает полностью интегрированную совместную производственную экосистему, которая в режиме реального времени реагирует на постоянно меняющиеся требования и условия по всей цепочке создания стоимости. Технологическая революция, вызванная умным производством, коренным образом меняет основу образования стоимости товара в производственных условиях. Взаимосвязь и слияние физического и цифрового миров лежат в основе умного производства. Это означает, что интеграция информационных и цифровых технологий во все аспекты производства является стратегическим приоритетом для современных производителей. В будущем эти технологии найдут широкое применение на всех предприятиях, что приведет к повышению эффективности бизнеса за счет улучшения продаж, эффективных отношений с клиентами и поставщиками и поддержки основных организационных возможностей. Интеллектуальное производство включает в себя использование самых передовых технологий и расширенной аналитики данных, таких как интеллектуальное планирование ресурсов предприятия (ERP), искусственный интеллект (ИИ), промышленные датчики, дополненная/виртуальная реальность (AVR), технологии аддитивного производства, промышленная автоматизация и интеллектуальная робототехника, а также облачные данные, которые позволяют создавать имитационные модели, называемые «Цифровыми двойниками». Концепцию цифровых двойников можно рассматривать как естественное расширение традиционного имитационного моделирования в сочетании с повышенной доступностью данных, возможностью подключения и растущими потребностями конечных пользователей. Способность «понимать», «контролировать» и «экспериментировать» со сложными физическими системами свойственна имитационному моделированию и цифровым двойникам. Дополнительная возможность цифровых двойников заключается в том, что они используют знания, полученные в результате моделирования, для обеспечения обратной связи с физическими системами. Эта обратная связь затем может использоваться для контроля или манипулирования некоторыми ее аспектами для оптимизации некоторых параметров, заданных конечным пользователем. Существует несколько применений цифровых двойников в различных областях, от автомобильной промышленности до здравоохранения: дизайн продукта, мониторинг и оценка интеллектуальных производственных систем в реальном времени, диагностика неисправностей вращающихся механизмов, автономные производственные системы.

Цифровые двойники помогают решить типичные проблемы, связанные с современным производством:

1. *Часто меняющиеся требования:* потребности клиентов и рынков постоянно меняются, что приводит к часто меняющимся требованиям в запрашиваемых количествах и типах продуктов. Чтобы отразить меняющиеся потребности, меняются и производственные линии. Следовательно, традиционная производственная парадигма перешла от жестких систем к настраиваемым, гибким и реконфигурируемым [1].

2. *Необходимость мониторинга в режиме реального времени:* производственные системы подвержены частым изменениям для удовлетворения требованиям, что увеличивает необходимость их постоянного мониторинга в режиме реального времени. Мониторинг в режиме реального времени позволяет принимать более качественные и обоснованные решения, которые могут повлиять на достижение связанных с производительностью целей [2].

3. *Сложность производственных систем:* из-за смены парадигмы от обычных к реконфигурируемым системам схемы и операции полных производственных систем становятся исключительно сложными. Автоматизированный и управляемый данными способ управления и оптимизации этих систем для удовлетворения потребностей клиентов, который могут обеспечить цифровые двойники, помогает справиться с этой задачей [3].

4. *Потребность в более рентабельном производстве:* из-за высокой конкуренции в производственном секторе существует потребность в более инновационных идеях для снижения затрат и повышения рентабельности производственных процессов. Повышение экономической эффективности невозможно без точных и своевременных имитационных моделей различных аспектов производственных процессов и других, связанных с ними процессов. Наличие точных и своевременных моделей позволяет проводить более эффективную и полезную описательную, прогнозную и предписывающую аналитику для достижения экономической эффективности на конкурентном рынке [4].

Цифровые двойники помогают справиться с этими проблемами, предоставляя средства для постоянной оценки, контроля и оптимизации производительности производственной системы.

Ключевыми элементами, которые позволяют создать управляемого данными цифрового двойника для умной фабрики, являются следующие:

1. Сбор данных. Среда умного завода связана с большими объемами данных, получаемых из многих источников. Первой задачей, которую необходимо выполнить перед началом сбора данных, является идентификация объекта. Этот шаг включает в себя поиск и сбор данных об объектах, имеющих отношение к цели создания цифрового двойника, в моделируемой реальной системе. По завершении этой задачи данные, которые постоянно генерируются идентифицированными объектами в производственных системах завода, сохраняются в базе данных.

2. Проверка данных. Поскольку данные являются основным объектом, определяющим правильность модели, крайне важно, чтобы данные сначала подверглись тщательной проверке. Это может быть в форме проверки достоверности и очистки. Некоторые из проблем, связанных с данными, включают следующее: шум, отсутствующие значения, несколько модальностей; большой размер и др.

3. Извлечение знаний. Задача извлечения знаний из проверенных данных, полученных на предыдущем шаге.

4. Разработка модели. Разработка единой управляемой данными модели является следующим ключевым компонентом. Обнаруженные события и процессы служат входными данными разработки модели. Имитационная модель разрабатывается с использованием этих входных данных, первоначально с некоторым уровнем вмешательства человека. Затем эта исходная модель будет автоматически обновляться, чтобы отражать изменения в умной фабрике. Чтобы облегчить это обновление, необходимо четко определить связи между моделью и потоками умной фабрики. Кроме того, необходимо будет разработать алгоритмы извлечения и обновления моделей для поддержки процессов автоматического/полуавтоматического имитационного моделирования.

5. Проверка модели. Тщательная проверка модели является неотъемлемой частью подхода к имитационному моделированию на основе данных, целью которого является создание высокоточных моделей, помогающих принимать правильные и своевременные решения. Поскольку данные постоянно собираются в режиме реального времени, очевидна возможность непрерывной проверки имитационных моделей.

б. Эта доступность данных дает возможность разработать новые подходы к проверке моделей, которые подходят к процессу проверки поэтапно, позволяя проверять части имитационных моделей, как только по ним будет «достаточно» данных. Полная зависимость от данных для проверки модели требует, чтобы сами данные были тщательно проверены.

Имитационное моделирование на основе данных является перспективным направлением для исследования.

Список используемых источников:

1. Yelles-Chaouche et al Reconfigurable manufacturing systems from an optimisation perspective: a focused review of literature / A.R. Yelles-Chaouche et al, E. Yelles-Chaouche, N. Gurevsky A. Brahimi, Int Dolgui, J. Prod. Res. – 2020. – 59. – pp. 1–19
2. Shahbazi and Byun Byun Smart manufacturing real-time analysis based on blockchain and machine learning approaches / Shahbazi and Byun, Z. Shahbazi, Y.C. Byun // Appl. Sci. – 2021. – 11 (8). – p. 3535.
3. Malik and Brem Brem Digital twins for collaborative robots: a case study in human-robot interaction / Malik and Brem, A.A. Malik, A. Brem // Robot. Comput. Integr. Manuf. – 2021. – 68 Article 102092
4. He and Bai, Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: a review / B. He, K.-J. Bai // Adv. Manuf. – 2021. – 9 (1). – pp. 1–21

#### ОХЛАЖДЕНИЕ И СМАЗКА ПРИ ОБРАБОТКИ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

*В.В. Абрамов, студент гр. 10А91,*

*Научный руководитель: Ласуков А.А.<sup>а</sup>, к.т.н., доц.*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета,*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: <sup>а</sup> lasukow@tpu.ru*

**Аннотация:** оптимальная и эффективная механическая обработка жаропрочных сплавов является одной из основных задач, которые сегодня ставятся перед технологией производства с учетом свойств материала, требуемой производительности и параметров процесса. Рассмотрены данные вопросы с точки зрения охлаждения и смазки при обработке.

**Ключевые слова:** жаропрочный сплав, способы охлаждения, обработка резанием.

**Annotation:** optimal and efficient machining of heat-resistant alloys is one of the main tasks that are put before the production technology itself today, taking into account the properties of the material, the required productivity and process parameters. These issues are considered from the point of view of cooling and lubrication during processing.

**Keywords:** heat-resistant alloy, cooling methods, cutting.

Благодаря своим уникальным свойствам: высокая прочность и твердость при высоких температурах, жаропрочные сплавы находят все большее применение в авиационной, нефтяной и газовой промышленности. Однако, механическая обработка таких материалов связана с некоторыми проблемами: особые свойства и высокая температура при обработке приводят к увеличению контактных нагрузок, повышенному расходу инструмента, ухудшению шероховатости поверхности. Тем более, что детали из сплавов на основе никеля могут работать вплоть до температур 1000÷1100°C [1].

В данной работе рассматриваются вопросы улучшения обрабатываемости за счет применения разных способов охлаждения и смазки зоны резания. Обычные способы охлаждения являются малоэффективными из-за высокой температуры резания.

Охлаждение под высоким давлением позволяет менять вид стружки, повышает стойкость инструмента. Наиболее эффективным, но дорогим способом подвода жидкости является ее подвод через канал резца, при этом обеспечивается лучший контроль за стружкодроблением. Высокое давление СОЖ снижает радиус завивания стружки и последняя распадается на кусочки, это улучшает ее отвод. Можно жидкость подавать между задней поверхностью инструмента и обрабатываемой заготовкой. Этот способ улучшает охлаждение задней поверхности, но мало влияет на стружкообразование.