

# Цифровые двойники в добыче:

## от виртуальных моделей к реальной выгоде



**Максим ВЛАСЮК,**  
директор департамента Группы Arenadata  
по работе с промышленным сектором

### Что такое цифровой двойник и его роль в добывающей промышленности

Цифровой двойник – это точная виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, которая помогает моделировать и предсказывать поведение реальных активов. Она позволяет анализировать состояние оборудования, предсказывать возможные поломки, оптимизировать процессы и даже создавать новые методы взаимодействия с физическим миром. По прогнозу исследования Research and Markets глобальный рынок технологий цифровых двойников будет расти примерно на 60% в год в течение следующих пяти лет, достигнув 73,5 млрд долл. к 2027 г.

В добывающей промышленности, где ошибки могут приводить

Концепция цифровых двойников стала важной составляющей цифровой трансформации в добывающей промышленности. Ее использование позволяет компаниям реального сектора сокращать издержки, повышать производительность и минимизировать операционные риски. В этой статье рассмотрим, какие модели и математические методы применяются в создании цифровых двойников, а также какие эффекты они приносят отрасли.

к значительным финансовым потерям и даже критичным ситуациям, цифровые двойники помогают управлять производством и делать процесс добычи более предсказуемым и безопасным.

### Математические методы для создания цифровых двойников

Основой цифровых двойников является искусственно сгенерированная модель, которая должна точно отражать поведение реального объекта. Для создания таких объектов используются несколько подходов, каждый из которых опирается на сложные математические методы.

1. Физические модели базируются на законах физики и описывают поведение материалов и оборудования на основе дифференциальных уравнений и методов численного моделирования. Такие модели помогают имитировать работу оборудования, прогнозировать износ и определять оптимальные параметры эксплуатации. Например, при моделировании работы буровых установок учитываются механические, тепловые и динамические процессы, что требует применения уравнений гидродинамики и теории упругости.

2. Статистические модели анализируют поведение объекта на основе данных. Они позволяют выявить закономерности и тренды, но не объясняют физические процессы, происходящие в системе. Например, регрессионный анализ и методы машинного обучения могут быть использованы для построения моделей отказов оборудования на основе исторических данных.
3. Гибридные модели сочетают физические и статистические методы. Такой подход позволяет использовать физические законы для создания базовой модели, а затем корректировать ее с учетом реальных данных. Это особенно актуально для объектов и процессов, где некоторые параметры трудно предсказать только на основе физических уравнений.

Для создания моделей цифровых двойников в добывающей промышленности применяются различные математические инструменты, включая методы конечных элементов (Finite Element Method) и методы конечных объемов (Finite Volume Method), которые позволяют моделировать поведение материалов и оценивать, например, прочность конструкций под воздействием внешних факторов.

## Средства цифровизации для создания цифровых двойников

Для создания и работы цифровых двойников используется множество цифровых технологий.

1. Интернет вещей (IoT) обеспечивает сбор данных с датчиков, установленных на оборудовании. В реальном времени данные передаются в облако или локальную сеть, где они обрабатываются и поступают в цифровую модель.
2. Машинное обучение и аналитика больших данных играют важную роль в анализе данных, поступающих с оборудования, и построении предсказательных моделей. С их помощью цифровой двойник может оценить состояние объекта, предсказать износ и оптимизировать параметры эксплуатации.
3. Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) помогают визуализировать цифровые двойники и проводить виртуальные тренировки. Виртуальные модели позволяют техникам и инженерам тренироваться и выполнять диагностику оборудования в безопасной среде, а дополненная реальность – видеть данные и подсказки в реальном времени в ходе работы на реальных объектах.
4. Облачные вычисления и инфраструктура имеют большое значение в масштабировании и хранении данных, необходимых для работы цифровых двойников. В добывающей промышленности, где количество данных огромно, облачные технологии обеспечивают быстрый доступ к данным для анализа и моделирования.
5. Цифровые платформы управления активами (Asset Performance Management, APM) – системы, которые объединяют данные из различных источников, анализируют их и предоставляют информацию о состоянии оборудования и рисках. Платформы APM



Источник: <https://dixinews.kz/>

позволяют объединить данные от цифрового двойника с финансовыми и операционными данными, что помогает принимать более точные решения.

### Примеры моделей цифровых двойников в добывающей промышленности

Для буровых установок часто создают модели, которые отражают поведение оборудования в зависимости от условий эксплуата-

ции, таких как давление, температура и глубина. На основе данных из цифрового двойника можно определить оптимальную нагрузку на установку, предсказать износ и планировать обслуживание. Одним из ярких примеров эффективности применения цифровых двойников стал запуск нефтегазового месторождения компанией «Газпромнефть» в условиях пандемии коронавируса. В течение

четырех лет удалось запустить уникальный проект Тазовского месторождения в Ямало-ненецком автономном округе, содержащего запасы 419 млн т. нефти и 225 млрд т. газа. Осложнялось все не только эпидемией, но и особенностями залежей полезных ископаемых, для добычи которых требовалась буквально ювелирная точность. Обе проблемы удалось решить благодаря использованию цифрового двойника, который не только почти исключил участие человека, но и сократил сроки запуска проекта. При этом технологии моделиро-

---

По прогнозу исследования Research and Markets глобальный рынок технологий цифровых двойников будет расти примерно на 60% в год в течение следующих пяти лет, достигнув 73,5 млрд долл. к 2027 г.

---

вания позволили минимизировать влияние на экологию региона, сохранив все важнейшие характеристики флоры и фауны.

На обогатительных фабриках цифровые двойники могут моделировать весь процесс обогащения руды. Они дают возможность контролировать параметры работы, прогнозировать результаты и повышать качество продукции. Так, «Норникель» разработал

Так, «Норникель» разработал

Так, «Норникель» разработал

и внедрил систему-советчик с использованием технологии цифровых двойников на обогатительной фабрике Кольской ГМК. Система затрагивает главные производственные процессы – измельчение, классификацию и флотацию –

2. Оптимизация процессов и сокращение затрат. Цифровые двойники способствуют улучшению работы оборудования и сокращению расхода ресурсов, таких как топливо и электроэнергия. В частности, моде-

решения и внедрять изменения, направленные на улучшение производственных процессов.

5. Воздействие на экологию. Оптимизация процессов с применением цифровых двойников способствует снижению выбросов и более рациональному использованию природных ресурсов.

---

Цифровые двойники позволяют добывающим компаниям получить конкурентные преимущества и адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка.

---

и позволяет оптимизировать их работу. Новая технология обеспечила прирост извлечения никеля на 0,73%.

### Эффективность применения цифровых двойников в добывающей промышленности

Рассмотрим ключевые эффекты, которые дает применение цифровых двойников.

1. Повышение производительности и снижение простоев. Благодаря мониторингу состояния оборудования в реальном времени цифровые двойники позволяют планировать техническое обслуживание на основе фактических данных, а не по расписанию. Это помогает минимизировать простои и увеличить срок службы оборудования. Например, «Сибур» повысил эффективность экструдера – аппарата, который нарекает полипропилен на гранулы. В связи с его частой забивкой установку приходилось останавливать. В год происходило до 20 таких ситуаций, которые негативно сказывались на всем процессе производства. Создание и внедрение аналитической модели двойника позволили полностью исключить внеплановые остановки оборудования.

лирование процесса дробления и сортировки руды позволяет подобрать оптимальные параметры для каждого участка, что сокращает энергозатраты и снижает расходы на сырье.

3. Улучшение безопасности. В добывающей промышленности безопасность играет ключевую

### Преимущества и перспективы цифровых двойников в будущем

Цифровые двойники позволяют добывающим компаниям получить конкурентные преимущества и адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка. В перспективе технологии будут совершенствоваться, в том числе благодаря развитию искусственного интеллекта и машинного обучения. Это позволит моделям становиться еще более точными, предсказывать еще более сложные сценарии и анализировать огромные массивы данных в реальном времени.

---

## Объединение цифровых двойников с IoT, большими данными и облачными технологиями открывает огромные перспективы для добывающей отрасли.

---

роль. Цифровые двойники помогают прогнозировать аварийные ситуации и принимать превентивные меры. Например, цифровой двойник карьера позволяет отслеживать подвижки грунта и оползни, что снижает риски для рабочих и оборудования.

4. Поддержка принятия решений на основе данных. Цифровые двойники предоставляют данные, которые можно использовать для анализа и моделирования различных сценариев. Это дает возможность руководителям принимать обоснованные

Объединение цифровых двойников с IoT, большими данными и облачными технологиями открывает огромные перспективы для добывающей отрасли. Этот «союз» поможет предприятиям оптимизировать работу оборудования, снизить затраты и минимизировать риски, связанные с эксплуатацией активов. Цифровые двойники становятся неотъемлемой частью добывающей промышленности, и их внедрение позволяет отрасли повышать эффективность, улучшать безопасность и более осознанно относиться к экологии. ■