Урок 22. Что такое цифровой двойник?

8 класс · Урок 22 из 34 · 45 минут

Вся программа 8 класса

Что такое цифровой двойник промышленного объекта? На уроке восьмиклассники узнают, как он получает данные с оборудования и помогает проверять решения.

Содержание урока

- Цель урока
- Ход урока
- Этап 1: Станок на экране
- Этап 2. Связь с настоящим станком
- Этап 3. Когда прогнозу можно доверять
- Этап 4. Испытание сушилки
- Этап 5. Последнее показание
- Главное за урок
- Источники

Цель урока

Объяснить, что такое цифровой двойник промышленного объекта, и решить, как проверять его показания и прогнозы перед изменением работы оборудования.

Ход урока

План занятия

Этап	Мин	Учитель	Ученики
1. Станок на экране	4	Предлагает сравнить два экрана.	Выбирают, что узнать из каждого изображения.
2. Связь с настоящим станком	9	Объясняет, как показания превращаются в описание состояния и прогноз.	Различают наблюдение, поиск причины и пробу нового режима.
3. Когда прогнозу можно доверять	10	Показывает сравнение прогноза с измерением и разбирает стенд NIST.	Решают, что проверить, если прогноз расходится с измерением.
4. Испытание сушилки	17	Выдаёт два прогноза и проводит обмен планами испытаний.	Предлагают опыт, задают признаки успеха и проверяют чужой план.
5. Последнее показание	5	Сопоставляет ценность модели и пределы прогноза.	Пишут, как действовать при задержке данных.

01. Этап 1: Станок на экране 4 мин.

ГОВОРИМ УЧЕНИКАМ

На экране можно вращать модель мотора и рассматривать его детали. На соседнем экране видны температура работающего мотора и прогноз на случай, если прибавить скорость. С какого экрана вы узнаете, что происходит с мотором прямо сейчас? Каких сведений вам не хватит, чтобы решить, можно ли прибавить скорость?

Сегодня узнаем, что такое цифровой двойник и почему его вывод зависит и от работающего оборудования, и от того, как устроена модель.

02. Этап 2. Связь с настоящим станком 9 мин.

ГОВОРИМ УЧЕНИКАМ

Цифровой двойник — модель конкретного объекта или процесса, которая обновляется по данным о его работе. Чертёж показывает, из каких частей собран мотор. Датчик показывает температуру в месте, где он установлен. Двойник связывает показания с моделью мотора: например, учитывает, как скорость и нагрузка влияют на нагрев. Так оператор может увидеть текущее состояние и проверить, чего ожидать при изменении режима. На втором экране мы увидим, как работает мотор сейчас, если показания пришли недавно. Прежде чем прибавлять скорость, проверим время последнего измерения и выясним, при какой нагрузке прогноз уже сверяли с реальной работой мотора.

От задачи зависит, какие данные понадобятся. Чтобы следить за нагревом, полезно знать температуру и нагрузку. Чтобы понять, почему упаковки скапливаются перед машиной, которая наклеивает этикетки, нужны скорость подачи и время обработки упаковки. Точная модель мотора сама по себе на вопрос об очереди не ответит.

В одном двойнике могут работать физическая модель нагрева и обученная модель, которая ищет необычную вибрацию. Физическая модель рассчитывает нагрев по известным законам. Модель машинного обучения ищет необычную вибрацию, опираясь на примеры работы оборудования. Способ выбирают по вопросу и доступным данным. Сам по себе цифровой двойник не обязательно использует ИИ.

Три вопроса к одной машине

Сформулируйте по одному вопросу, чтобы узнать, что происходит со станком сейчас, почему он мог начать перегреваться и что случится после изменения скорости.

Для учителя

Примеры: какова температура сейчас, связано ли повышение температуры с ростом нагрузки, успеет ли мотор остыть на меньшей скорости. Подчеркните разницу между наблюдением, поиском причины и прогнозом.

03. Этап 3. Когда прогнозу можно доверять 10 мин.

ГОВОРИМ УЧЕНИКАМ

Допустим, по данным двойника мотор остывает, а переносной термометр показывает рост температуры. Возможны две причины: модель плохо описывает этот режим или получает неверные показания. Сначала посмотрите, когда пришли данные и не менялись ли условия измерения. Если датчик перестал отправлять данные, старая температура на экране может выглядеть как свежая.

Испытание лучше начать с режима, который завод уже умеет безопасно проверять. Сначала запишите прогноз, потом отдельно измерьте, что произошло. Если на двух скоростях прогноз совпал с измерением, это основание использовать его в похожих условиях. Для непривычной нагрузки нужна дополнительная проверка. В этом и ценность двойника: можно отсеять часть вариантов до дорогого или долгого испытания на оборудовании.

Реальный случай. Стенд для проверки двойников

В апреле 2024 года американский Национальный институт стандартов и технологий (NIST) опубликовал описание проекта по цифровым двойникам для промышленности. В план проекта входит испытательный стенд. На нём исследователи смогут проверять, как создавать двойники и как проверять их работу. В отдельной работе о станках с числовым управлением авторы объяснили, как выбирать данные под задачу: для наблюдения за состоянием и для прогноза могут потребоваться разные сведения.

Для учителя

Попросите класс разделить описанное применение стенда и возможный результат для завода. Публикации описывают проверку методов и требования к данным. Экономию на любом станке по этим публикациям посчитать нельзя.

04. Этап 4. Испытание сушилки 17 мин.

ГОВОРИМ УЧЕНИКАМ

Производству важно одновременно успеть к отгрузке и высушить покрытие. Двойник позволяет испытать идею на экране, а небольшой опыт с контрольными пластинками покажет, насколько хорошо его прогноз помогает именно здесь.

Какой режим испытать первым?

В камере сушат покрытие на металлических деталях. Текущий режим занимает 24 минуты. Двойник предложил два варианта. До начала работы над заказом можно провести один пробный запуск с контрольными пластинками. Когда в камеру поставят сам заказ, на его сушку до отгрузки будет 20 минут. Если ускорение не подтвердится, заказ перенесут. Режим подойдёт, если к отгрузке покрытие высохнет и на пластинках у двери, и в глубине камеры.

Два предложения модели

Режим	Прогноз времени	Данные похожих запусков
А	18 минут	Есть только для тёплой камеры
Б	21 минута	Есть для тёплой и холодной камеры

1. В паре выберите, какой режим испытать на холодной камере. Запишите, что измерите до запуска и после него.
2. Укажите результат, при котором вы откажетесь применять режим к заказу.
3. Обменяйтесь планами. Отметьте в чужом плане наблюдение, которое может опровергнуть прогноз.

Для учителя

Для срочного заказа имеет смысл сначала испытать А: прогноз укладывается в 20 минут, но для холодной камеры пока не проверен. Б можно испытать для следующих заказов. Текущую отгрузку в

этом случае придётся перенести, потому что даже прогноз для Б превышает 20 минут. Перед запуском проверяют исходную температуру. К концу прогнозного времени проверяют сухость обеих пластинок одним способом и сравнивают с прогнозом. Если к 20-й минуте хотя бы одна пластинка сырая, срочный заказ в этом режиме не успеет.

05. Этап 5. Последнее показание 5 мин.

> **ГОВОРИМ УЧЕНИКАМ**
>
> Двойник полезен, когда данные приходят вовремя, а его расчёты проверены для похожего режима. Эти два условия можно проверять отдельно.

Вопрос на выходе

Перед запуском модель показывает, что камера уже прогрелась. Последнее измерение на экране сделано двадцать минут назад. Что вы проверите перед запуском и как сохраните эти данные для разбора прогноза?

Для учителя

Проверяют текущую температуру независимым прибором или восстанавливают связь и убеждаются, что пришло новое показание. Для разбора записывают время, оба значения и условия опыта.

06. Главное за урок

Цифровой двойник обновляет модель конкретного объекта по данным о его работе. Состав данных зависит от вопроса, на который должен ответить двойник. Прогноз полезен в тех условиях, где его сверили с измерениями.

07. Источники

1. NIST. Digital Twins for Advanced Manufacturing. 15.04.2024. «use a NIST Digital Twin Testbed to support research and reference implementations»
2. NIST. Data Requirements for a Digital Twin of a CNC Machine Tool. 29.01.2026. Авторы связывают состав и источники данных с тем, для чего нужен двойник станка.