

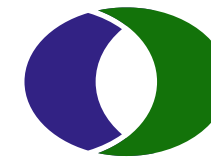


IN FAVOUR
OF FUTURE GENERATIONS
ROSECO

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК В ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕДВИЖИМОСТИ ИНСТРУМЕНТЫ, ЭФФЕКТЫ И ВЫЗОВЫ 2025 ГОДА

2024
ГОД

О спикере



in favour
of future generations

ROSECO



АЛЕКСАНДР
ЛАПЫГИН

Главный инженер проекта с опытом более 10 лет,

 Создатель группы взаимопомощи ГИПов [@gip2gip](#)

 Генеральный директор [ООО «РОСЭКО-СТРОЙПРОЕКТ»](#)

 Участник [ОЭГ по BIM при Минстрое России,](#)

 Участник [РГ при ГАУ ЦГЭ СПб,](#)

 Участник [РГ «Строительство» при ООЦ и ЕМЦ Университета Иннополис](#)

 Участник [ТК 505 Информационное моделирование](#)

 Эксперт [Университета Минстроя НИИСФ РААСН](#)

 Эксперт по BIM при [Межрегиональном Ресурсном Центре СПб](#)

 Участник [международного проекта BIM Dictionary](#)

 [Autodesk Expert Elite](#), [Group Network Leader](#), [BIM-лидер 2019-2022](#)

 Спикер учебных курсов: [СПБ ГАСУ](#), [Политех Петра I](#), [Университет Иннополис](#), [ГАУ ЦГЭ СПб](#), [Главгосэкспертиза](#) и др.

Спикер конференций: [BIM на практике '18](#); [Autodesk university '17](#), [18](#), [19](#), [20](#), [21](#); [BIM-форум '20](#), ['21](#); [Science fest](#)

['19](#); [BIM&BEM '21](#), [22](#), [ЮНЕСКО УНИТВИН](#), [Цифровой девелопмент](#)

Финалист премий [«BIM Security '20»](#), [«AEC Excellence awards '20»](#)

Автор статей для порталов [isicad.ru](#), [Цифровое строительство](#), [Геоинфо](#), [Roseco](#)

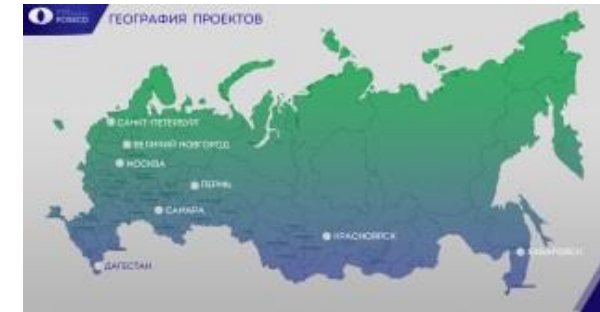


РУСЭКО-СТРОЙПРОЕКТ – это

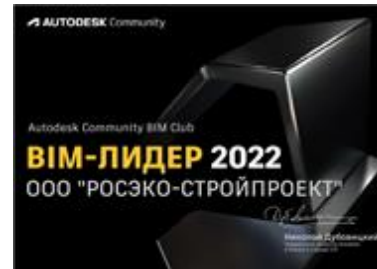
- Лазерное сканирование
- Фотограмметрия
- Обследование зданий и сооружений
- Проектирование
- BIM-моделирование



Работаем
из Санкт-Петербурга по
всей России с 2011 года



Участвуем в
рабочих группах и
образовательных
мероприятиях



ПОБЕДЫ

РЕКОМЕНДАЦИИ

ВЫСТУПЛЕНИЯ

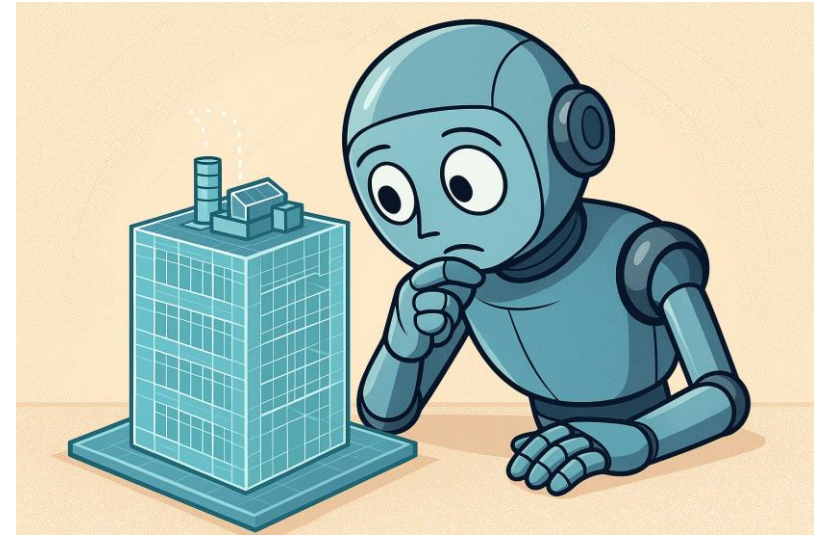
ЛИЦЕНЗИИ

ЛЮДИ

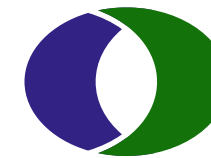


Содержание

- История ЦД (цифрового двойника)
- Настоящее ЦД
- Задачи ЦД и классификация ЦД
- Компоненты ЦД
- Методы создания ЦД
- Схема работы ЦД
- Примеры применения ЦД – в мире и в РФ
- Примеры применения ЦД с ИИ – в мире и в РФ
- Выводы



Цифровой двойник: история и современность



in favour
of future generations

ROSECO



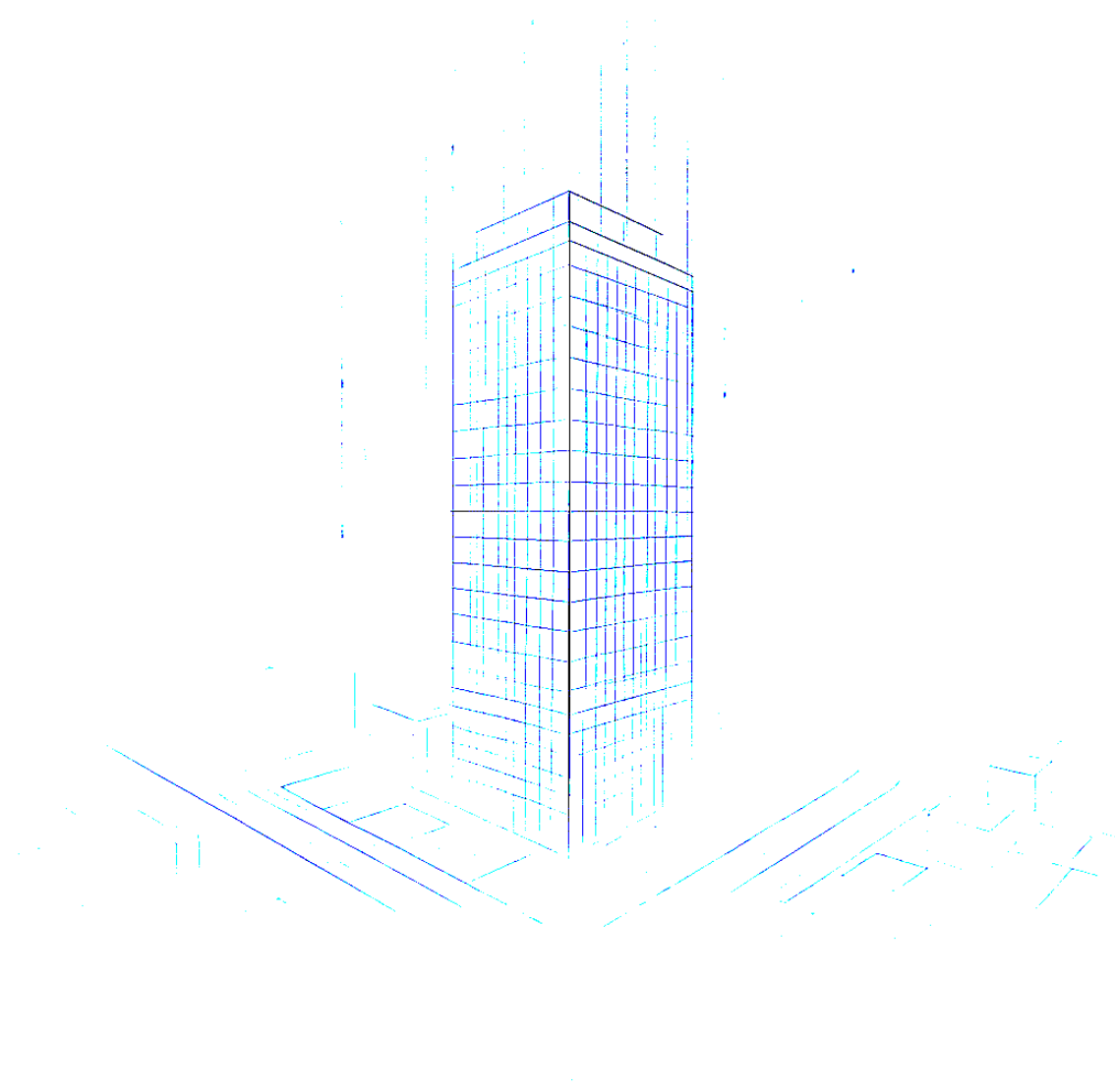
Цифровой двойник: история и современность

Современный термин «digital twin» впервые появился в работах профессора Мичиганского университета [Майкла Гривза](#) в **2002 году** в докладе об управлении жизненным циклом продукции (PLM).

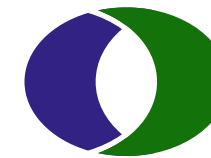
Уже через 10 лет, с развитием облачных вычислений, big data и интернета вещей (IoT) — умных приборов (от чайников до станков), которыми можно управлять через интернет, — цифровые двойники из абстрактной концепции превратились в прикладную технологию.

Например, автоконцерны [BMW](#) и [Renault](#) создали диджитал-копии производственных процессов и добились с их помощью многомиллионной экономии.

Renault в 2025 году оценивает ее в 320 млн €.



«Цифровой двойник» сегодня

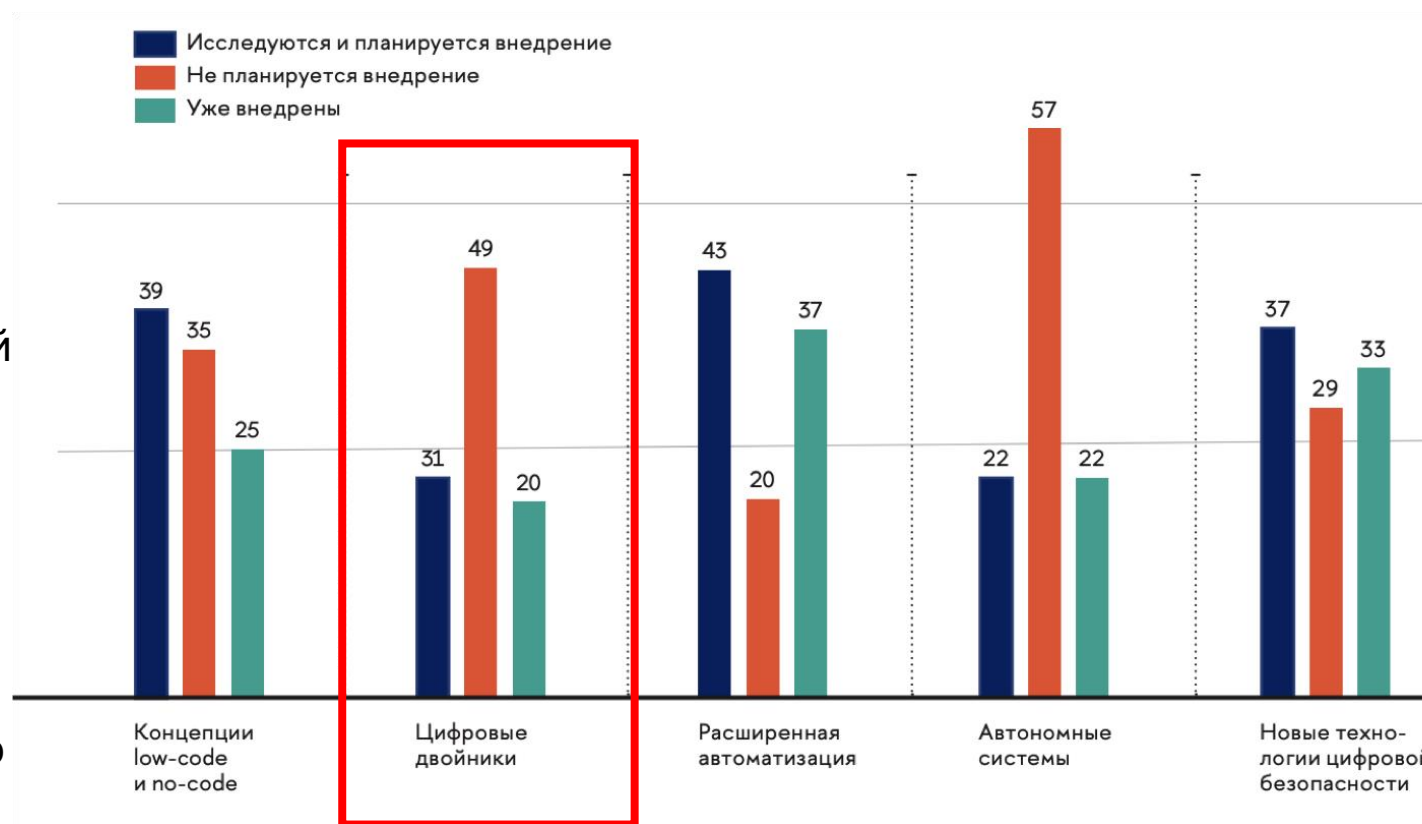


in favour
of future generations

ROSECO

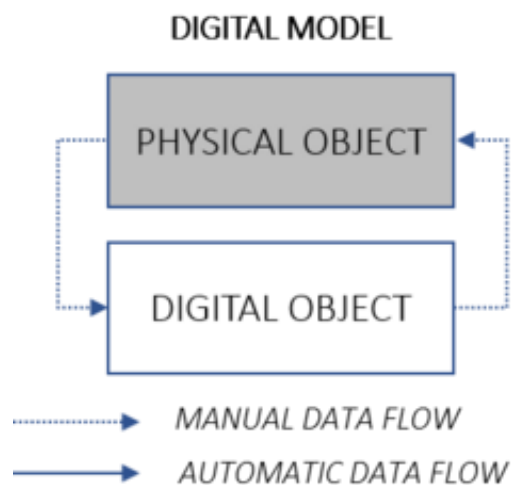
Цифровые двойники внедрили около 20% российских компаний, еще 31% предприятий изучают технологию и планируют применять ее в будущем — показало [исследование](#) «Главные российские ИТ-тренды 2024» Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ (опрошено 315 компаний из 14 отраслей).

Консалтинговая компания MarketsandMarkets Research [оценивает](#) объем мирового рынка цифровых двойников в 10,1 млрд \$ по итогам 2023 года и рассчитывает, что к 2028 году он вырастет в десять раз — до 110,1 млрд \$.

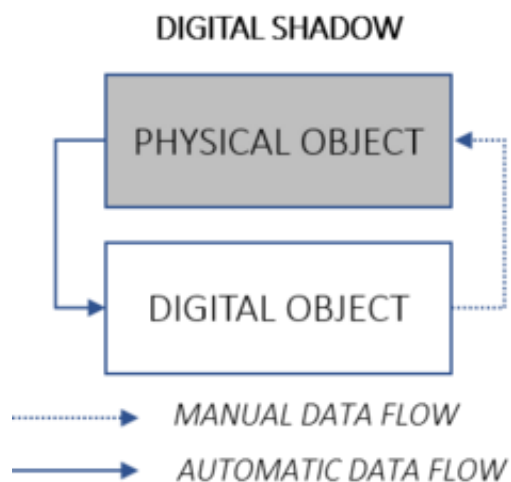


Популярность технотрендов среди российских компаний. Источник: результаты исследования [«Главные российские ИТ-тренды 2024»](#) Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ

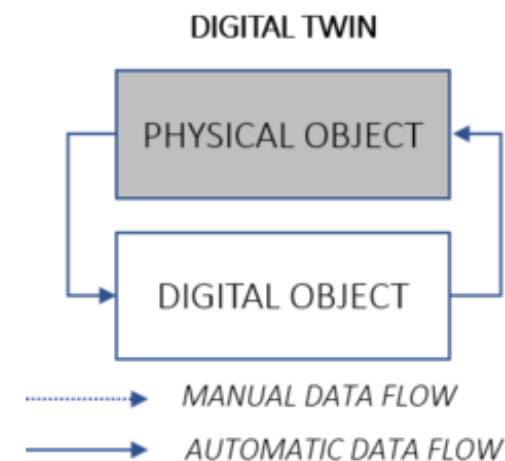
Классификация ЦД по задачам:



Цифровая модель
Моделирование работы



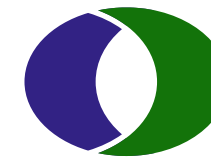
Цифровая тень
Мониторинг, Имитация работы



Цифровой двойник
Прогнозирование

Разница между DM, DS и DT (Digital Model vs. Digital Shadow vs. Digital Twin)

Классификация ЦД по уровню зрелости:



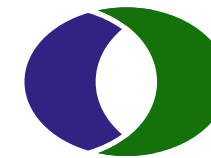
in favour
of future generations

ROSECO



Доцифровой-Цифровой-Адаптивный-Интеллектуальный

Классификация ЦД по уровню сложности:



in favour
of future generations

ROSECO



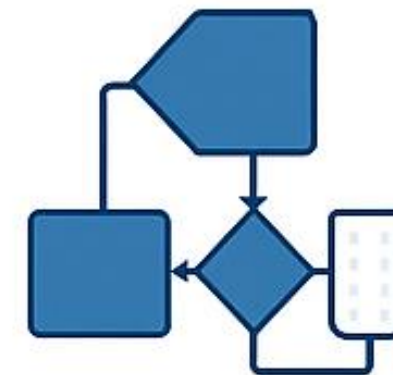
**Двойник
компонента**



**Двойник
продукта**



**Двойник
системы**

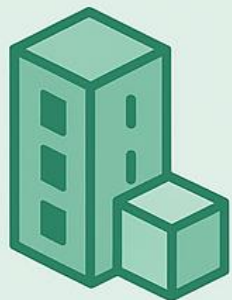


**Двойник
просесса**

Компонента-Продукта-Системы-Процесса

Компоненты Цифрового двойника

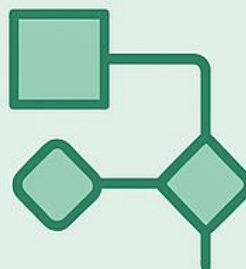
От 3D-модели до цифрового экосистемного решения/программно-аппаратного комплекса:
компоненты — модель (3D), данные (IoT), процессы (BPM), визуализация (BI), сервисы (UX/UI).



**Модель
(3D)**



**Данные
(IoT)**



**Процессы
(BPM)**

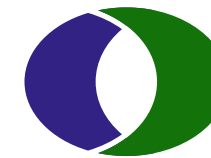


**Визуализация
(BI)**



**Сервисы
(UX/UI)**

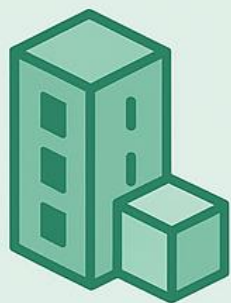
Компоненты Цифрового двойника



in favour
of future generations

ROSECO

От 3D-модели до цифрового экосистемного решения/программно-аппаратного комплекса:



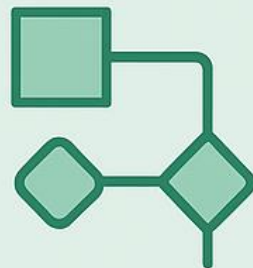
Модель
(3D)

BIM



Данные
(IoT)

Датчики



Процессы
(BPM)

SCADA



Визуализация
(BI)



Сервисы
(UX/UI)

Облачные
платформы

Методы создания ЦД

Метод «белого ящика» (аналитический)

В основе подхода лежат знания экспертов о технологическом процессе, а также законы физики и химии. Все параметры системы и возможные реакции рассчитываются с помощью точных математических формул. Такой метод обеспечивает максимально точное моделирование и глубокое понимание работы объекта, однако требует значительных временных затрат, серьезных вычислительных ресурсов и высокой квалификации инженеров.

Метод «черного ящика» (численный)

Этот подход основан на анализе многолетних исторических данных, собранных с промышленных датчиков. Специальные алгоритмы искусственного интеллекта выявляют скрытые закономерности в массивах информации и на их основе строят прогностические модели. Главное преимущество метода — относительно быстрое создание цифрового двойника, но необходим большой объем достоверных и качественных данных.

Гибридный метод

Комбинированный подход объединяет преимущества первых двух: часть процессов моделируют с помощью физико-математических формул, а для остальных применяются алгоритмы машинного обучения. Такой метод обеспечивает более высокую точность цифровых двойников.



Упрощённая схема работы ЦД

Сбор данных. Датчики и сенсоры (температуры, давления, вибрации, камеры, микрофоны и другие) постоянно собирают данные.

Передача данных. Данные с датчиков передаются в цифровую модель.

Анализ. Искусственный интеллект/алгоритм обрабатывает информацию, выявляет закономерности и просчитывает, как изменение параметров влияет на всю систему.

Прогноз. Допустим, один из насосов начал вибрировать и потерял 5% мощности из-за износа. Система предупреждает, что через 1-2 месяца часа возможен его выход из строя.

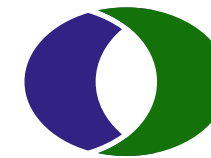
Оптимизация. Система предлагает снизить нагрузку на насос, перенаправив часть потока на другие насосы, и запланировать техобслуживание/замену до поломки.

Тестирование изменений. Перед запуском нового режима работы инженеры проверяют его на виртуальном стенде (модели) в составе ЦД, чтобы избежать простоев.



Современный центр управления производством на цементном заводе в Германии.
Источник: сайт производителя систем управления [Jungmann](https://www.jungmann.com)

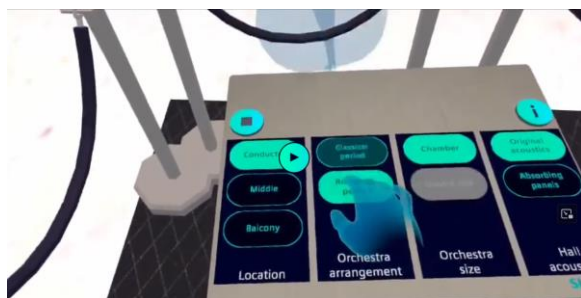
Примеры применения ЦД в мире: акустический двойник



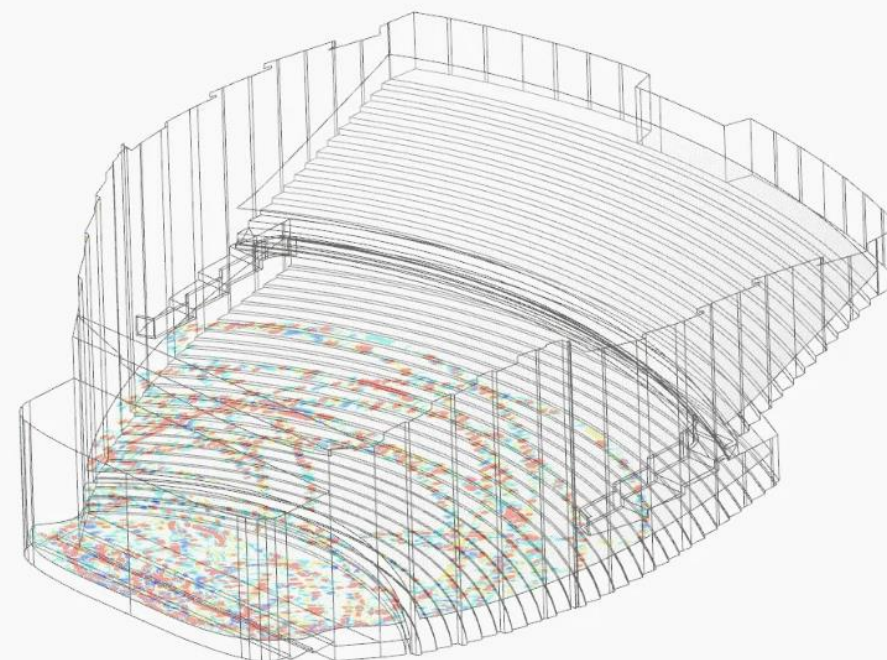
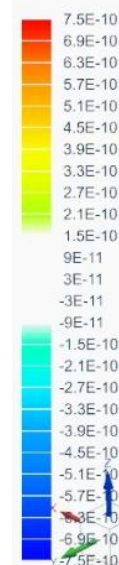
in favour
of future generations

ROSECO

Siemens [создала](#) цифрового двойника Grosses Festspielhaus, главной концертной площадки музыкального фестиваля в Зальцбурге. Точная 3D-модель учитывает акустические особенности концертного зала и свойства разных музыкальных инструментов и позволяет «репетировать» в виртуальном пространстве — экспериментировать с расстановкой инструментов, акустикой и даже отрабатывать нюансы звучания, не посещая зал физически. Благодаря виртуальной сцене новые постановки можно организовывать быстрее и с меньшими затратами.



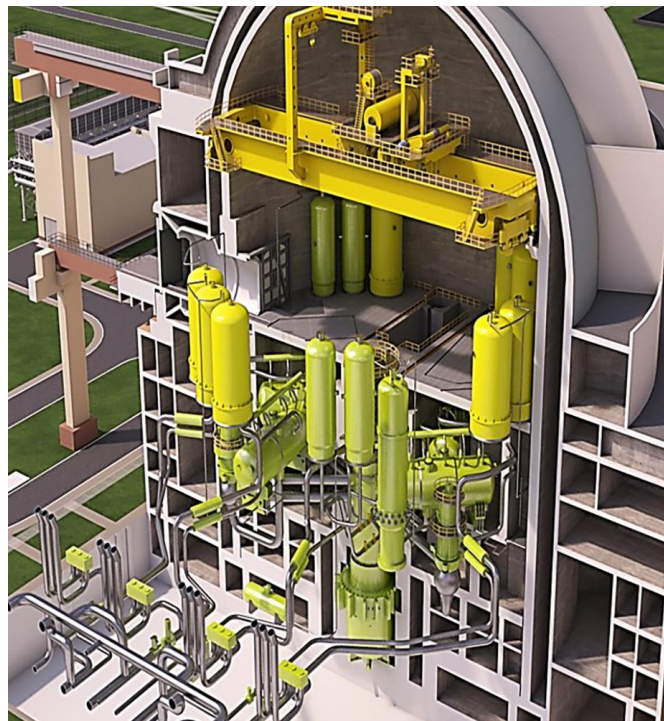
Spatial Results Set : fem1_sim1-Contour_less-results.sc_h5
Contour, Time 781, 0.049s
Pressure - Nodal, Scalar
Min : -5.076E-09, Max : 1.400E-08, Units = MPa
Animation Frame 79 of 276



How sound travels: simulation of acoustics in Salzburg's Grosses Festspielhaus
<https://www.siemens.com/global/en/company/insights/hacking-acoustics-sound-of-science-and-the-power-of-digital-twins.html>

Примеры применения ЦД в РФ: двойник АЭС

Операторы электростанции учатся управлять реактором или тепловой генерирующей установкой в симуляторе, прежде чем работать с реальным оборудованием. Человеку сложно держать под контролем 12 тысяч параметров современного энергоблока. Подразделение «Росатома» разработало цифровую 3D-модель станции с системой предиктивной аналитики. Она отслеживает работу систем и передает обобщенную информацию о текущем состоянии оборудования. Алгоритмы способны спрогнозировать параметры энергоблока на 30 минут вперед, чтобы предупредить возможные проблемы и повысить безопасность АЭС.



Цифровой двойник АЭС с ВВЭР-1200

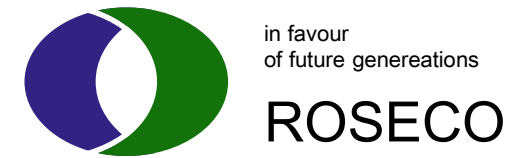
Система информационной поддержки оператора охватывает 360 технологических систем современного атомного энергоблока, 157 интерактивных процедур и 19 функций. Программа акцентирует внимание оператора на критически важных шагах в управлении энергоблоком, передает обобщенную информацию о текущем состоянии оборудования. Кроме того, алгоритмы СИПО способны спрогнозировать параметры энергоблока на 30 минут вперед, что позволяет предупредить возможные отклонения от нормальной работы и тем самым существенно повысить безопасность АЭС.



Нововоронежская АЭС

<https://strana-rosatom.ru/2024/04/26/intellektualnyj-shturm-na-aes-vnedrya/>

Примеры применения ЦД с ИИ в мире: кейс Microsoft и Ecolab



Microsoft разработала вместе с Ecolab (мировым лидером в области водоснабжения) ассистента на основе генеративного ИИ для работы с цифровыми двойниками. Решение представляет собой чат-бота, в котором сотрудники предприятия на разговорном языке могут делать запросы к цифровому двойнику. ИИ умеет анализировать и визуализировать данные, давать ответы на основе документации предприятия. Задачи, решаемые с помощью ИИ: контроль рабочих процессов, прогнозирование объёмов производства, определение эффективности работы оборудования, управление запасами на предприятии, обслуживание оборудования. Другими словами, ИИ может использоваться при анализе любых процессов на производстве. НО: для этого оно должно быть в достаточной степени «оцифровано».

Как я могу помочь?

Что является причиной увеличения потребления воды?

Данные показывают, что потребление воды увеличилось до 130 gpm в минуту, а потребление энергии возросло до 2065 kWh. Это увеличение было вызвано изменениями в расписании, связанными с SKU 23398.09.

Хотели бы вы получить рекомендации по оптимизации?

Да

Если производство SKU 23398.09 продолжится на уровне 400 единиц в неделю, то система рециркуляции с замкнутым контуром является оптимальным способом снижения расхода воды для этого резервуара.

Как я могу помочь?

Какой датчик должен быть использован на трубопроводе L971?

Так как выбрана 2-дюймовая вертикальная трубы из нержавеющей стали, лучшим датчиком является FD-328432840230489.

Ключевые настройки:

- К-фактор: 1
- Ключ-код: 0094L-00000
- Нулевая точка: %0.5

Эти настройки позволяют наиболее точно измерять расход воды в данном месте.

На каком расстоянии должен находиться счетчик воды от другого счетчика воды?

Счётчик воды должен быть установлен на расстоянии более 10 метров от любого другого счётчика воды или оборудования.

Примеры взяты из демо ролика решения Microsoft и Ecolab.

Примеры применения ЦД с ИИ в РФ: кейс Metamentor и «Корпорации Экополис»

«Корпорация Экополис» применяет приложение, основанное на генеративном ИИ, которое «дообучается» на технологических регламентах производственных линий. Решение позволяет упростить обслуживание оборудования, а также повысить качество работы с ним.

Линейные сотрудники производства через приложение могут:

- получать ответы на вопросы, связанные с документацией и регламентами технических процессов
- общаться с генеративным ИИ, как с главным инженером-наставником
- проходить обучение по работе с оборудованием
- сдавать экзамены по эксплуатации техники

«По сути, получилась нянька для линейных сотрудников».

Игорь Сидоров, CEO «Корпорации Экополис»

Какие есть этапы разборки ЭЛТ на участке УШМ?

Этапы разборки ЭЛТ на участке УШМ включают в себя следующие шаги:

1. Перед началом работы открыть красный кран на синей трубе, расположенной у станции сжатого воздуха.
2. Вручную переместить кинескоп с роликового конвейера на стол станции резки, направив вырез на кинескопе к катодам.
3. Отрегулировать высоту стола так, чтобы место выхода проволоки из катодов находилось на одном уровне с вырезом на боковой поверхности кинескопа...

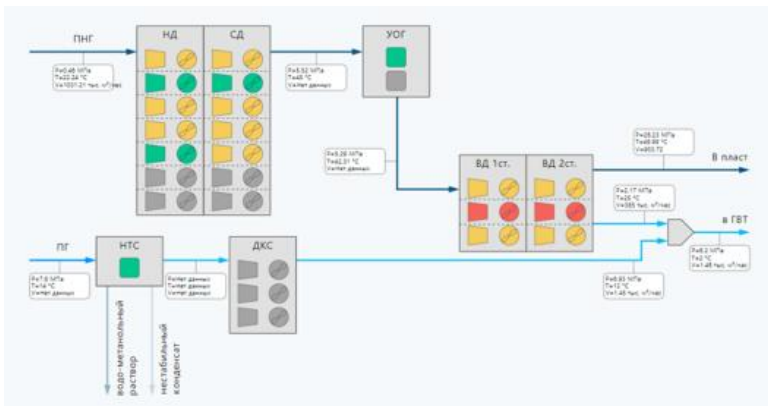
Показать следующие этапы

Визуализируй этапы



Демо решения с сайта компании

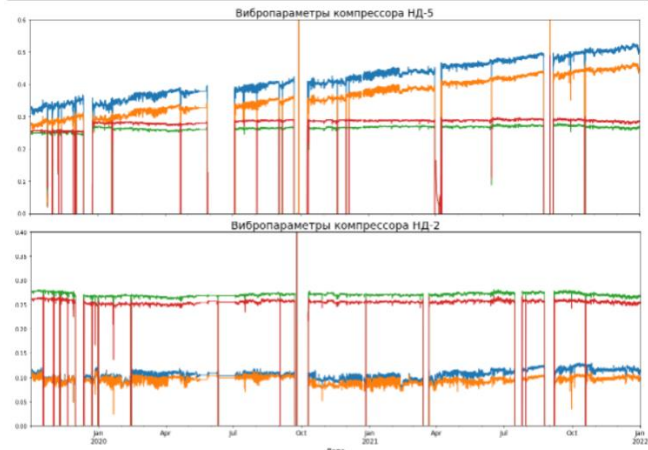
Примеры применения ЦД с предиктивной аналитикой в РФ: кейс IBS



Модель установки комплексной подготовки газа



Детализация модели внутри газоперекачивающего агрегата



Сравнение вибропараметров компрессоров.
Сверху – смещение оси ротора, снизу – нормальная работа



Визуализация состояния узлов оборудования

Для определения эффективного режима работы каждого из газоперекачивающих агрегатов, внутренние детали каждого агрегата, в том числе компрессор, также были смоделированы в цифровом двойнике.

В ЦД рассчитывается оптимальный режим при разном количестве оборудования с рекомендованной частотой, что дает возможность задействовать минимальное количество агрегатов, при этом в целом при внедрении ЦД расход топлива был снижен на 4% без потери производительности.

Интеллектуальная система мониторинга анализирует больше 350 параметров в реальном времени, при этом:
11 предсказательных моделей отслеживают различные типы отказов;
Автоматическая сигнализация предупреждает операторов при обнаружении аномалий;
Рекомендации по корректировке параметров отображаются в режиме реального времени.

- ЦД – понятие не устоявшееся, разные участники рынка могут понимать его по-разному, нужно уточнять предмет обсуждения
- Рынок ЦД (что бы под этим ни понимали) растёт по мере развития технологий
- ИИ активно применяется в ЦД для взаимодействия (боты) и предиктивной аналитики (ML)
- Пока наиболее активно его применяют крупные компании ввиду большой стоимости, взрывной рост будет при удешевлении технологии
- Поэтому перспективным выглядит внедрение в ЦД AI-агентов

ROSECO. В интересах будущих поколений



КАНАЛЫ ДЛЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ:

Александр Лапыгин

E-mail: aal@roseco.net

Моб.: +7 (921) 651-57-14

[facebook.com/lapygin](https://www.facebook.com/lapygin)

Telegram: [@lapaleks](https://www.t.me/lapaleks)

+7 (812) 336-42-82

INFO@ROSECO.NET

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,

УЛ. ФУЧИКА Д. 4 ЛИТ. К, ОФ. 405

[HTTPS://ROSECO.NET/](https://roseco.net/)

