AUTODESK. UNIVERSITY

Цифровые двойники подвижного состава. Стратегия реализации.

Андрей Чураков

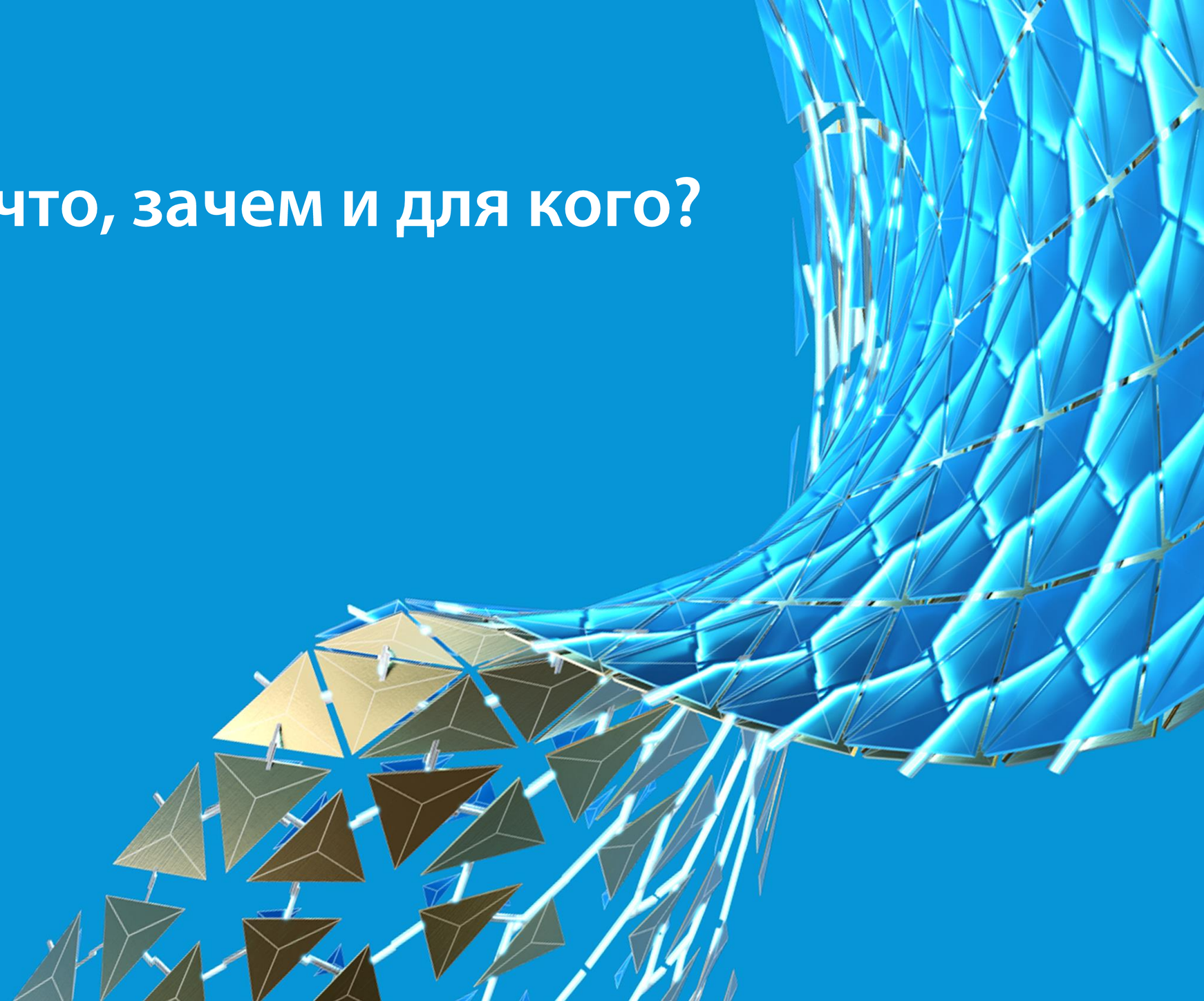
Заместитель руководителя подразделения методологии проектирования и программных средств

О докладчике

Андрей Чураков

Андрей работает в крупнейшем инжиниринговом центре СНГ – «ТМХ Инжиниринг», разрабатывающем практически все виды подвижного состава. Одним из ключевых направлений работ на текущий момент является построение единой платформы управления разработкой, производством и обслуживанием, следствием чего является создание цифрового двойника продукта.

Digital Twin – что, зачем и для кого?



Цифровой двойник (Digital Twin)

- **Что произойдет с поездом, если его эксплуатировать высоко в горах?**
- **Хочу запустить корабль на Марс. Как провести все испытания виртуально?**
- **Как оценить влияние внешних условий на изделие до испытаний опытного образца?**

The Centre for Digital Built Britain (CDBB), отдел Digital Framework Task Group, статья The Gemini Principles:

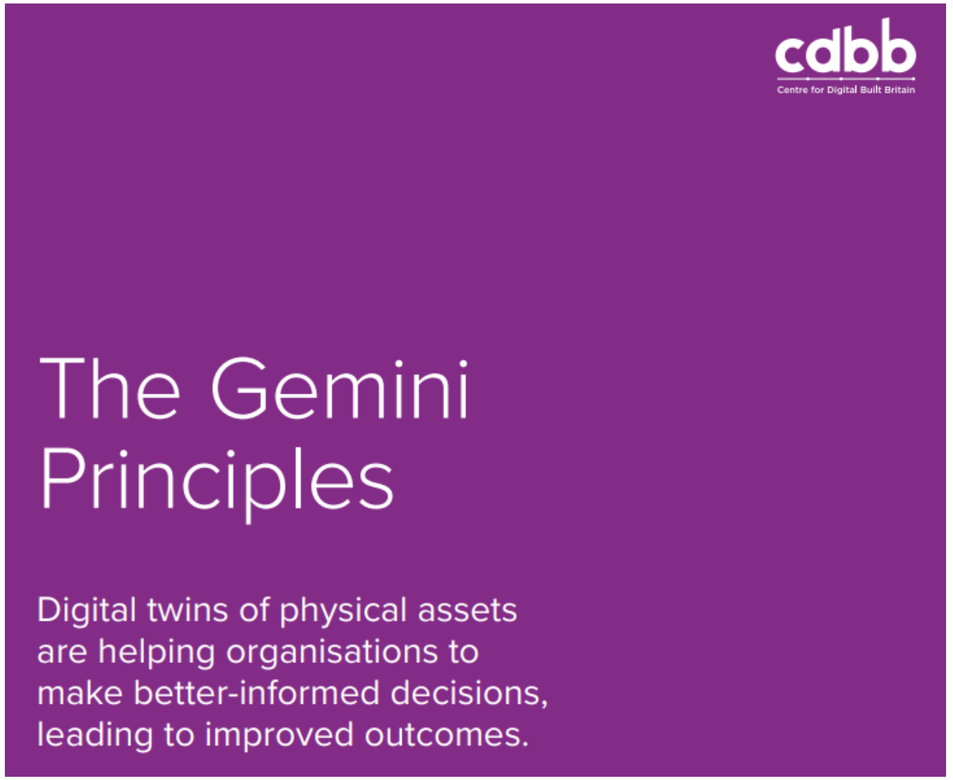
In the context of Digital Built Britain a digital twin is “a realistic digital representation of assets, processes or systems in the built or natural environment”. What distinguishes a digital twin from any other digital model is its connection to the physical twin

Цифровой двойник (Digital Twin)

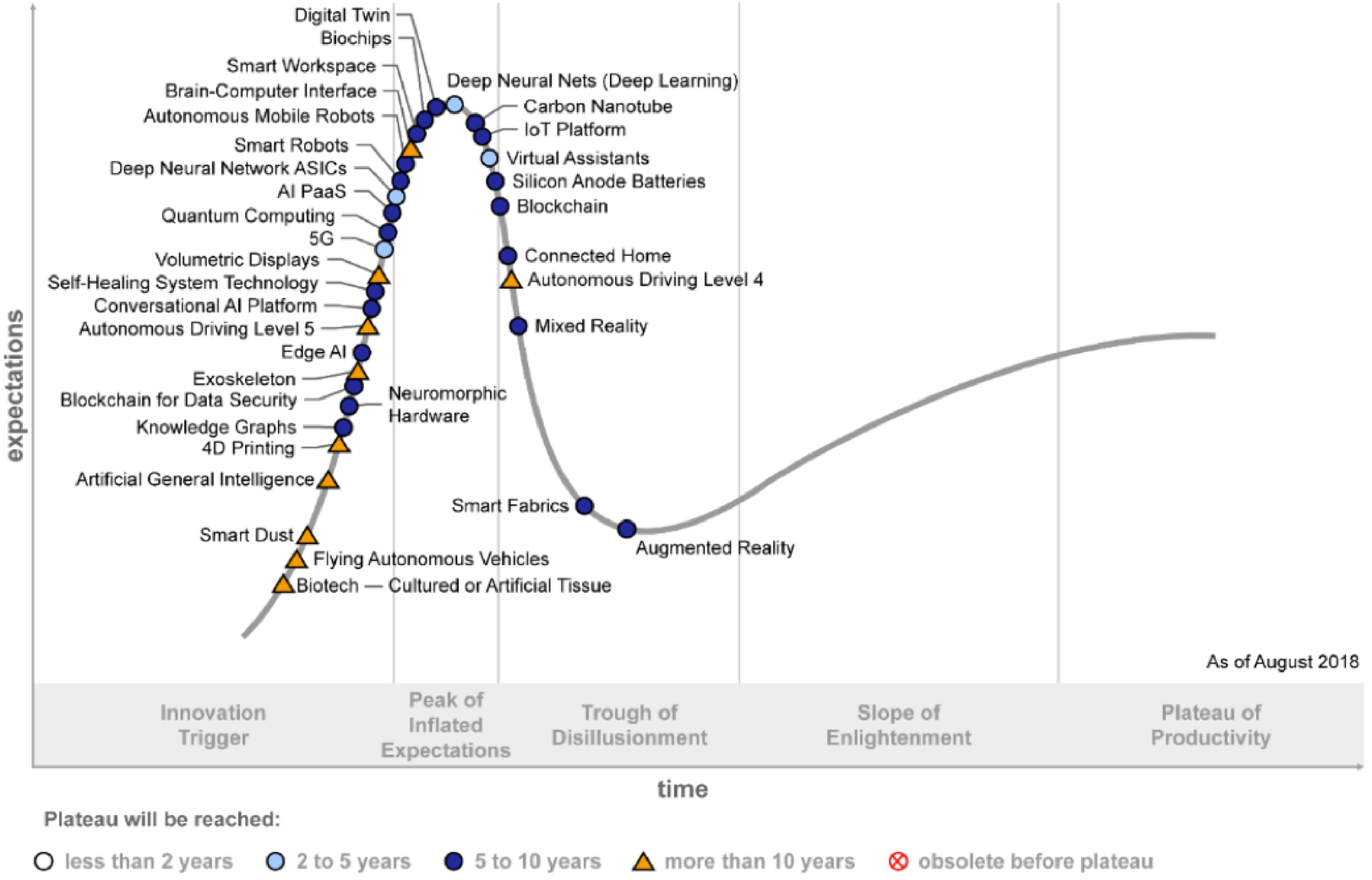
Digital twin 1:
A dynamic model of an asset, with input of current performance data from the physical twin via live data flows from sensors; feedback into the physical twin via real-time control.

Digital twin 2:
A static strategic planning model of a system, with input of long-term condition data from the physical twin via corporate systems; feedback into the physical twin via the capital investment process.

National Digital Twin:
An ecosystem of digital twins connected via securely shared data.

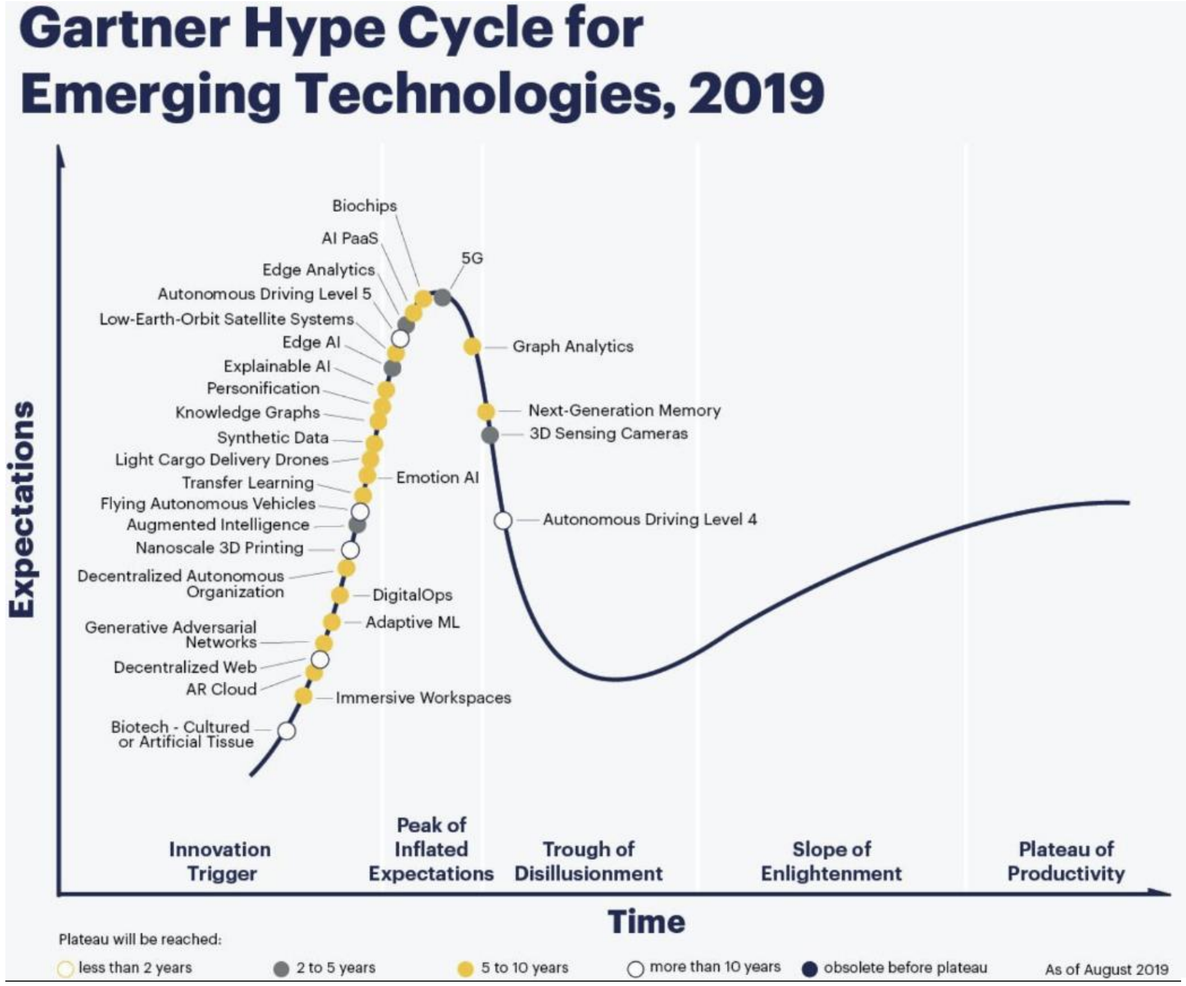


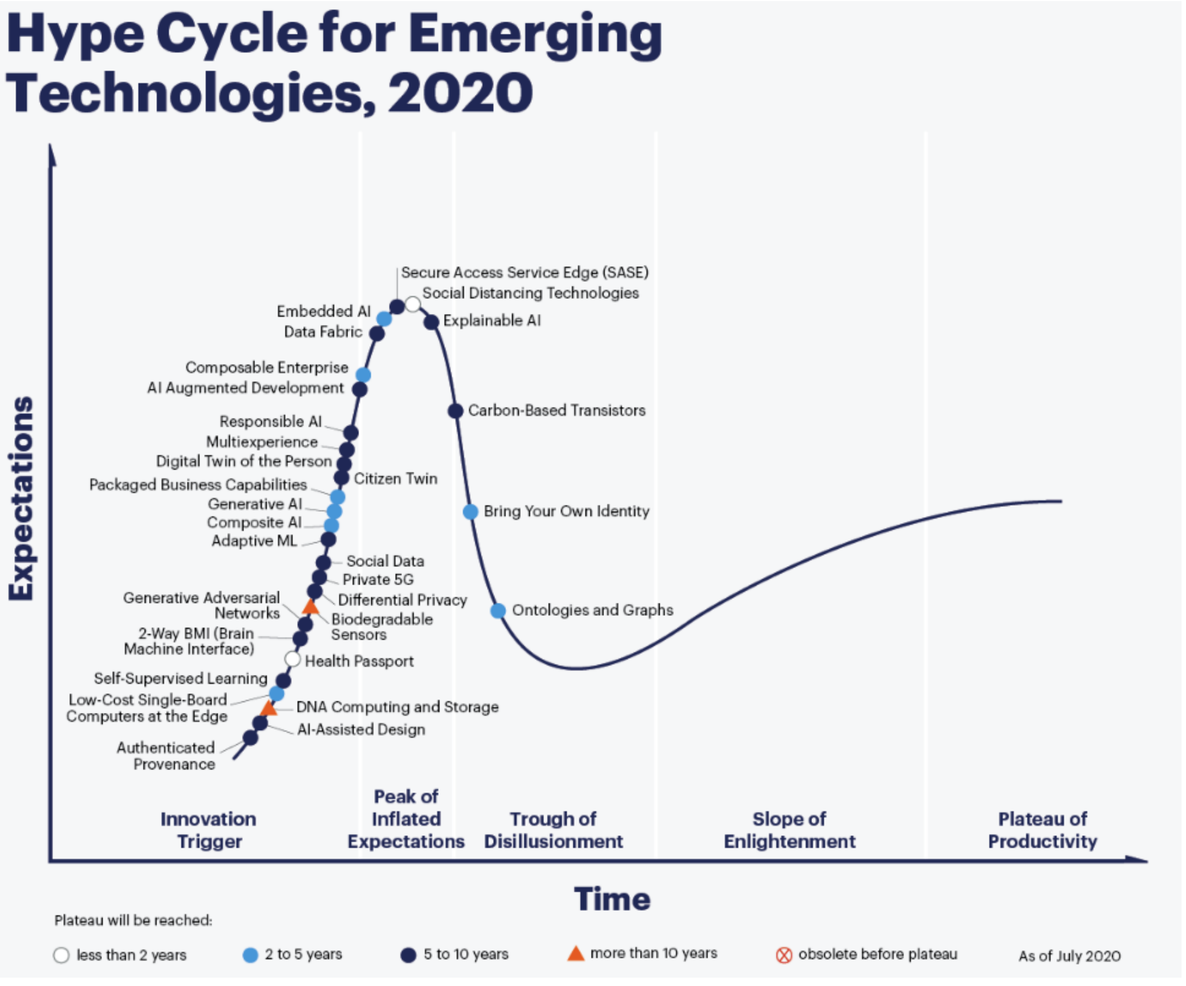
Исследование Gartner:
Циклы развития новых технологий (2018)



Источник: Gartner, Inc., 2018

Исследование Gartner:
Циклы развития новых технологий (2019/2020)



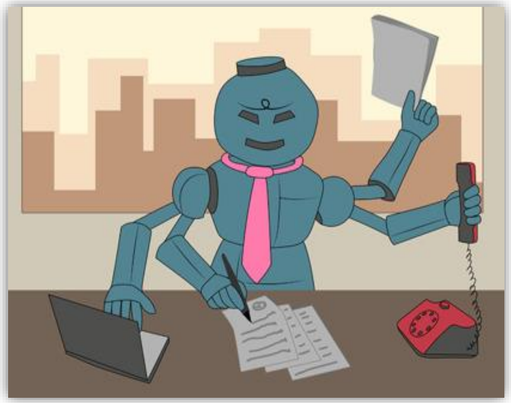


Источник: Gartner, Inc., 2019/2020

Автоматизация vs цифровизация vs цифровая трансформация

Автоматизация

- Перевод текущих бизнес-процессов в электронный вид
- Роботизация ручного труда

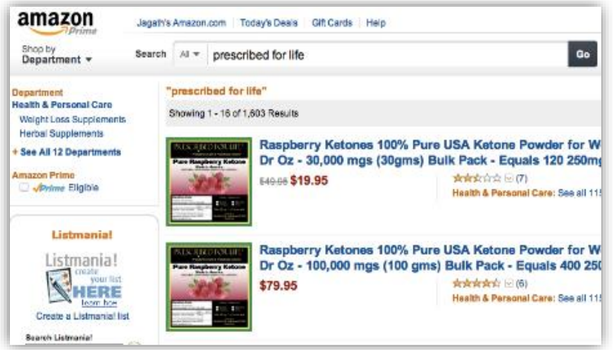


Цифровизация

- Непрерывный обмен данными между сферами деятельности (платформа)
- Цифровые модели физических активов
- Управление данными и ЖЦ продукта
- Скорость принятия решений

Цифровая трансформация

- Изменение бизнес-модели
- Изменение сознания и корпоративной культуры



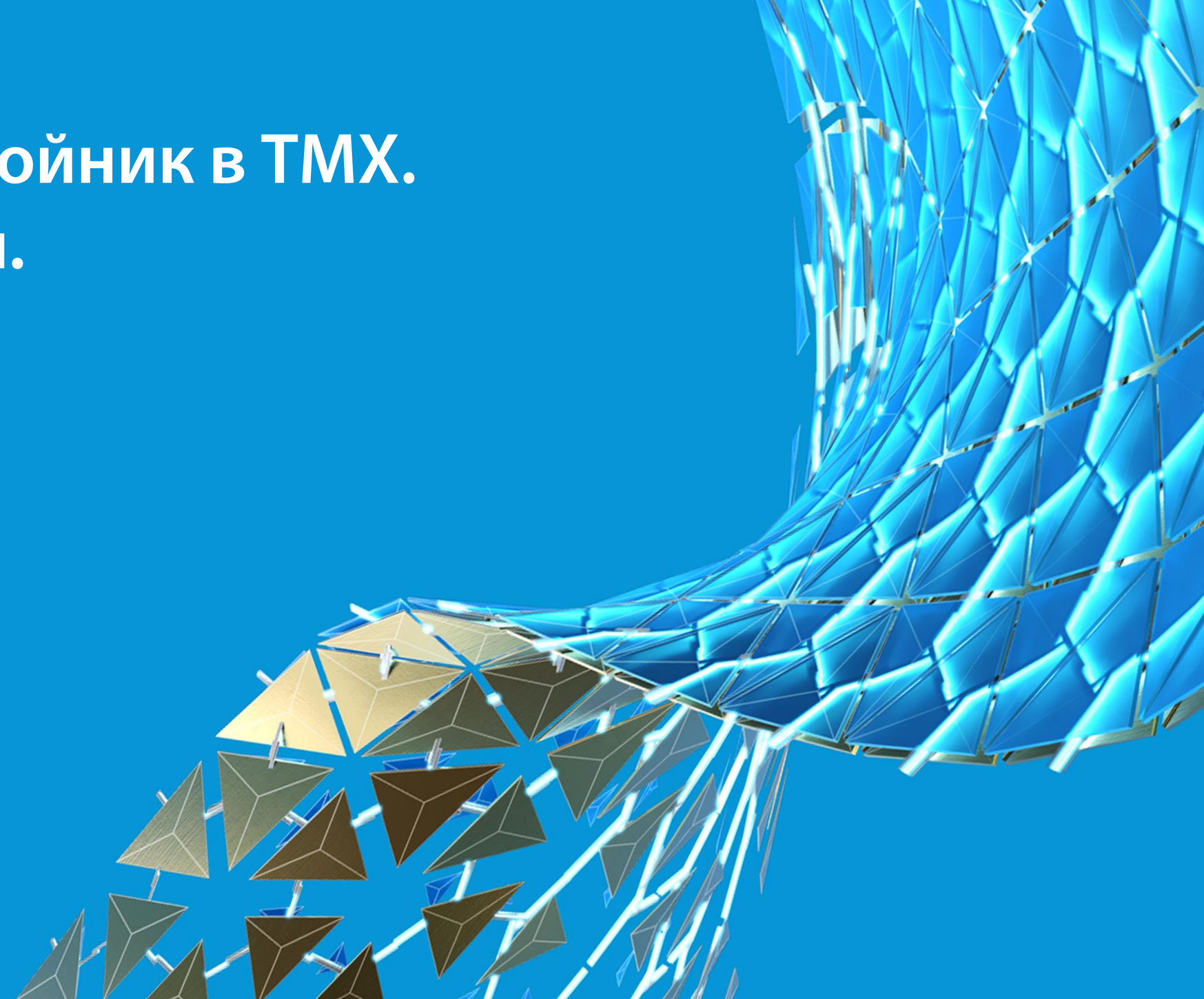
Автоматизация vs цифровизация vs цифровая трансформация

Венчурная стратегия: инвестиции без знания точного возврата

Инвестирование на основе оценки экономического эффекта

Источник: BCG

Цифровой двойник в ТМХ. Предпосылки.



TMH

reddot award 2020
winner

AUTODESK® ALIAS®

ТМХ: краткая справка. Политика цифровизации.

Продукция

ЭЛЕКТРОВОЗЫ

ТЕПЛОВОЗЫ

ПАССАЖИРСКИЕ ВАГОНЫ

РЕЛЬСОВЫЕ АВТОБУСЫ

ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

ВАГОНЫ МЕТРО

ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

КОМПОНЕНТЫ

Предприятия

- «ПО «БЕЖИЦКАЯ СТАЛЬ»
- БРЯНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
- ДЕМИХОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
- КОЛОМЕНСКИЙ ЗАВОД
- МЕТРОВАГОНМАШ
- НОВОЧЕРКАССКИЙ ЭЛЕКТРОВОЗОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
- ОКТЯБРЬСКИЙ ЭЛЕКТРОВАГОНОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД
- ПЕНЗАДИЗЕЛЬМАШ
- ТВЕРСКОЙ ВАГОНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
- ТМХ ИНЖИНИРИНГ
- ТМХ ИНТЕРНЕШНЛ
- ТРАНСМАШ

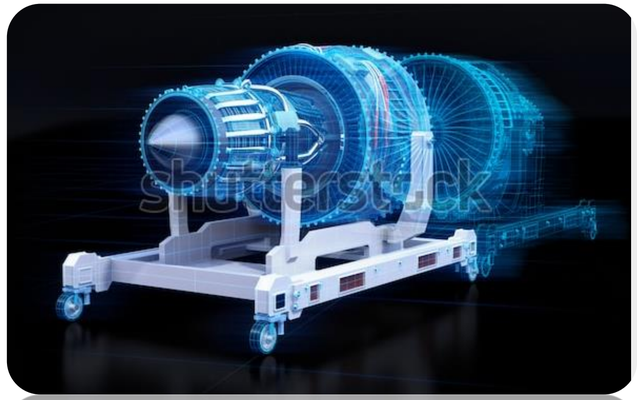
Политика цифровизации

- Большой объем цифровых инициатив
- 2019 год – год запуска глобальной цифровой трансформации ТМХ
- МШУ Сколково – «Лидеры цифровой трансформации ТМХ»

ТМХ: цифровые инициативы

Цифровое проектирование

- Цифровой макет изделия
- Системная инженерия
- Имитационное моделирование
- Цифровые данные подвижного состава
- Единая инженерная платформа

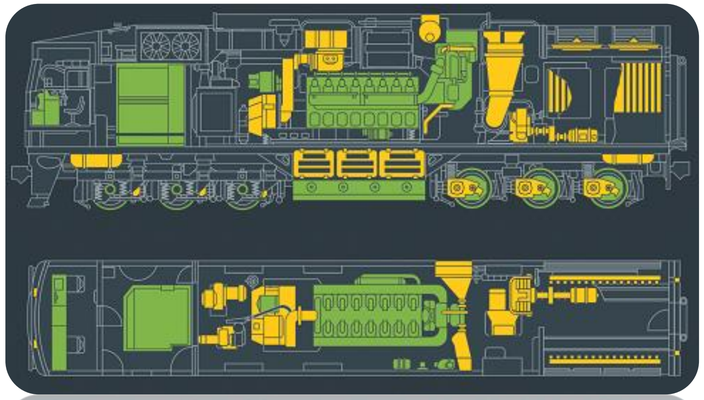


Цифровой завод

- ЦИМ завода (цифровая имитационная модель)
- ТОиР
- MES
- УПТСЛ
- АИС диспетчер (мониторинг оборудования)
- Цифровая платформа завода

Цифровое депо

- RFID для критичных категорий линейного оборудования
- Отслеживание ТМЦ для ремонтных работ с использованием штрих кодирования
- Роботизированный склад
- Приемка подвижного состава с использованием инструментов дополненной реальности (AR)
- Мобильный ассистент мастера по приемке/закрытию работ с фотофиксацией
- Мобильный ассистент сдачи/приемки подвижного состава заказчику



Управляющий комитет по Единому информационному пространству

ТМХ: предпосылки к реализации ЦД

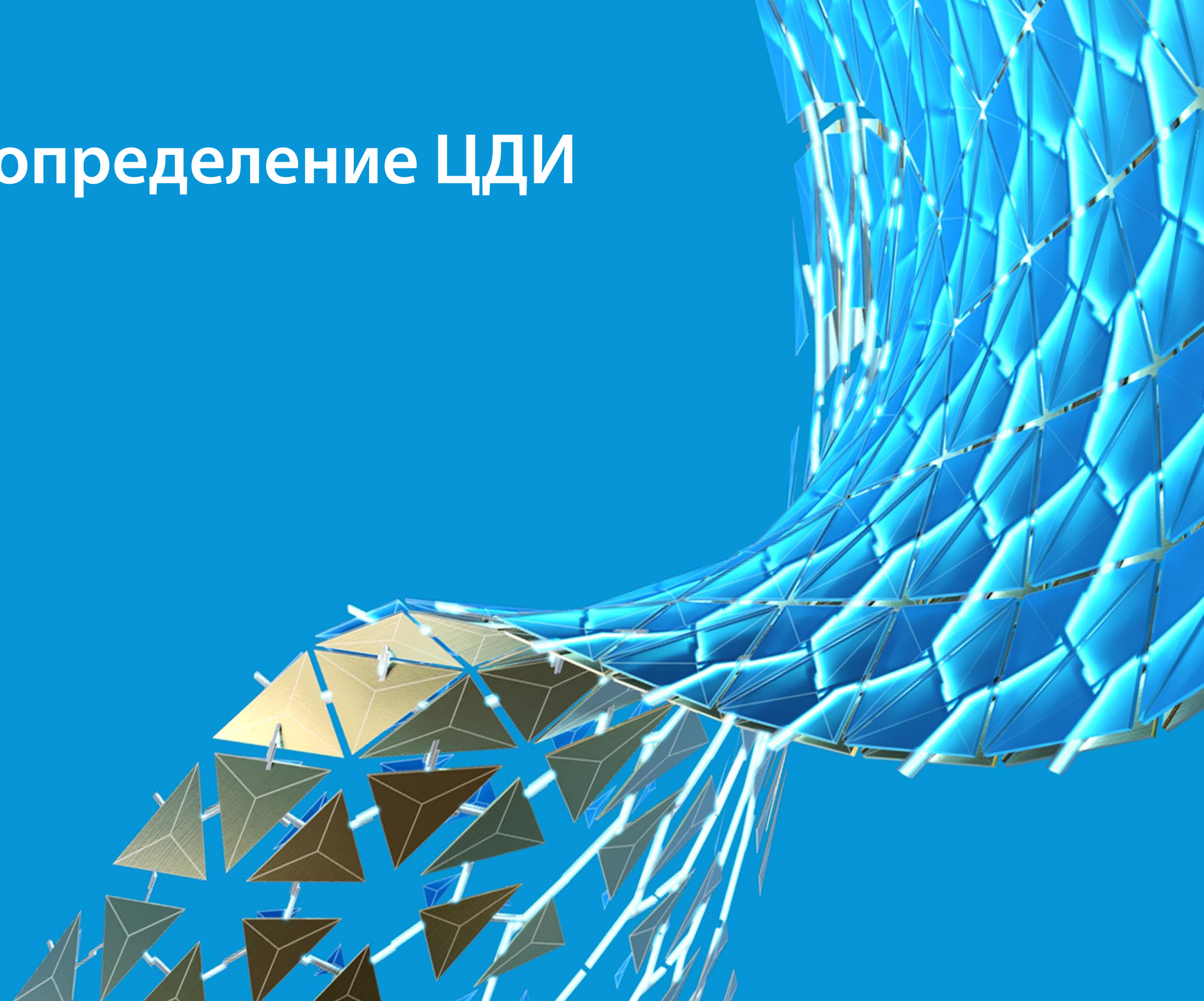
Общие:

- Высокая скорость вывода продукта на рынок (Time to market)
- Контракты жизненного цикла – стоимость продукта на всем ЖЦ (включая сервис)
- Высокое качество опытных образцов

Уникальные:

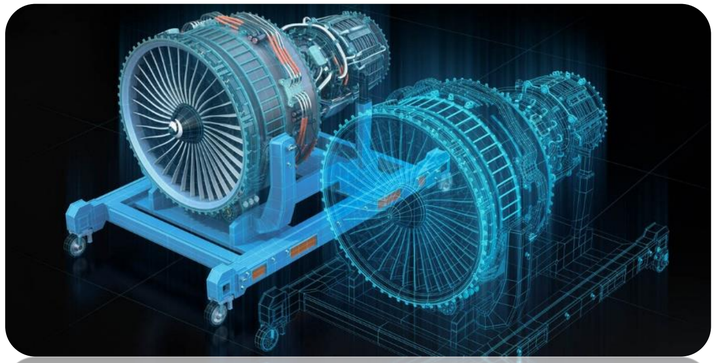
- География производства (перераспределение загрузки и оптимизация себестоимости)
- География проектирования (распределенное проектирование под несколько площадок)
- География сервиса

Концепция и определение ЦДИ

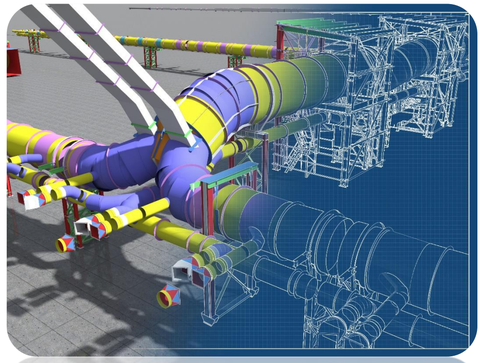


Цифровой двойник изделия (Digital Twin) - примеры

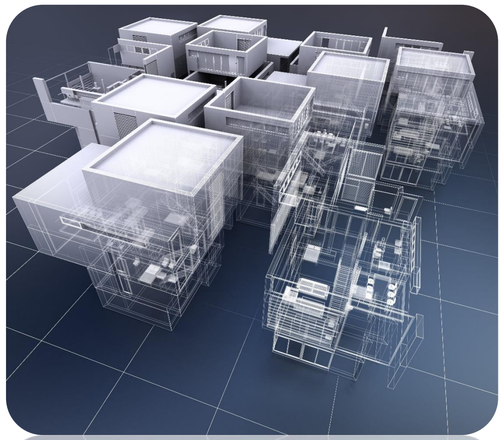
ЦД изделия



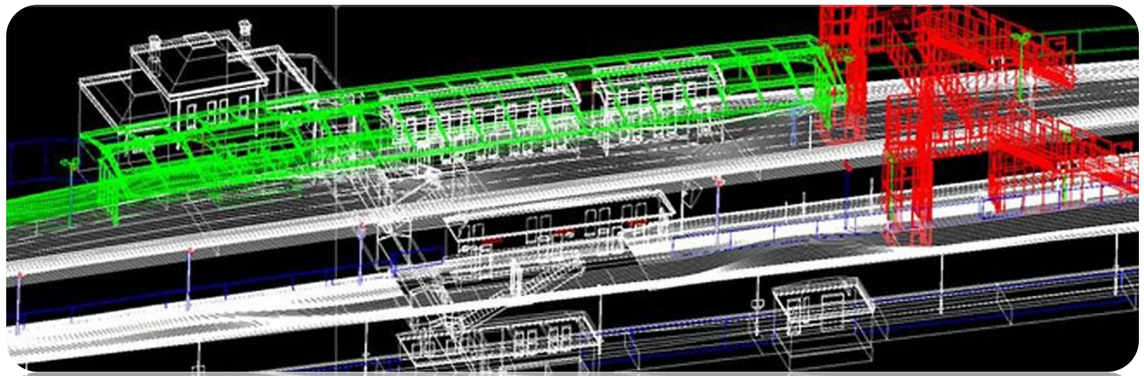
ЦД завода



ЦД здания

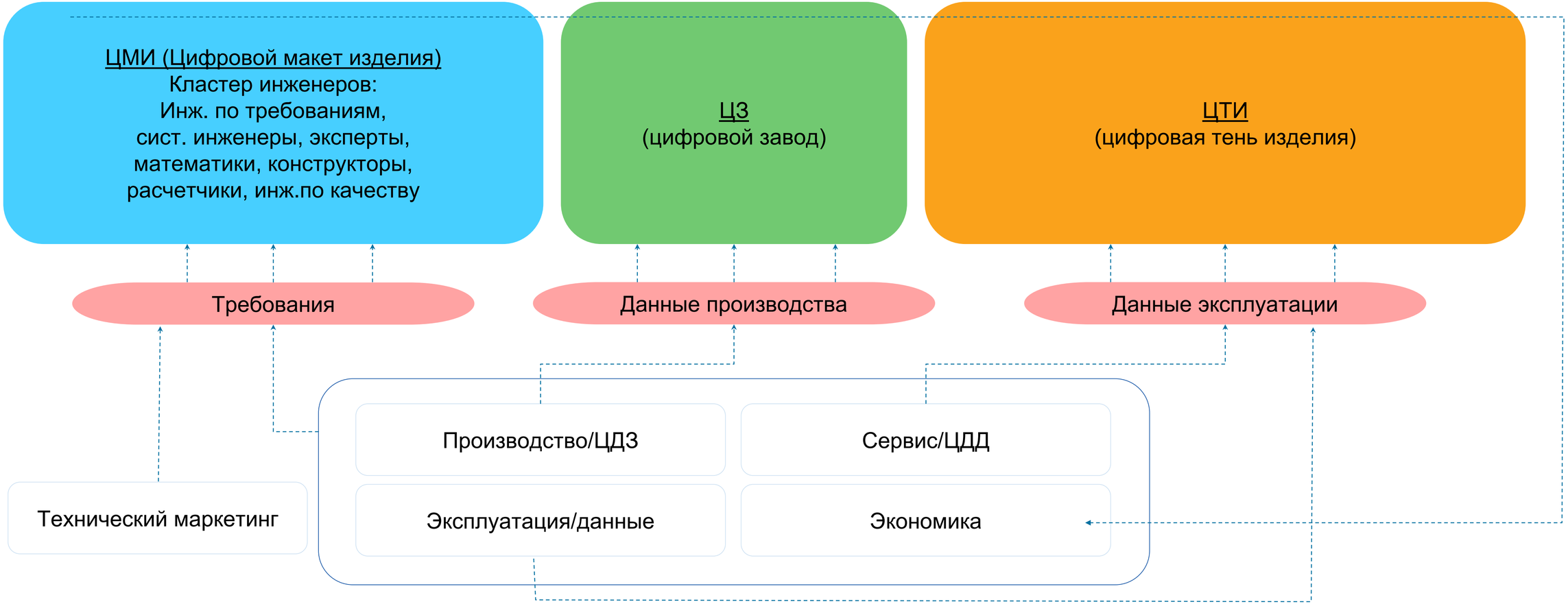


ЦД инфраструктуры



Концепция цифрового двойника изделия (ЦДИ) ТМХ

Цифровой двойник изделия - программный аналог физического изделия, полностью его повторяющий конструктивно и моделирующий технические характеристики, внутренние процессы и поведение реального объекта в условиях внешних воздействий, включая окружающую среду, **на всех этапах ЖЦ изделия**.



IT платформа и инструментарий

Задачи, которые решает цифровой двойник

- Высокая скорость вывода продукта на рынок
- Прозрачное ценообразование
- Решение максимального количества проблем на ранних этапах проектирования
- Виртуальные испытания
- Исследования виртуального и анализ поведения физического объекта

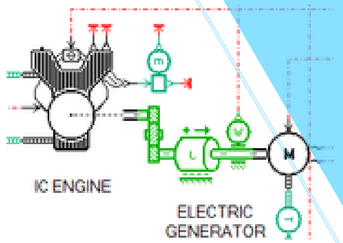
Концепция цифрового макета изделия (ЦМИ)

Управление требованиями, ограничениями

Требования/ архитектура

Функциональная структура объекта

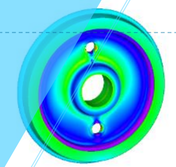
Верификация валидация



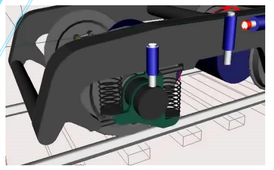
Эскизный/ Технический проект

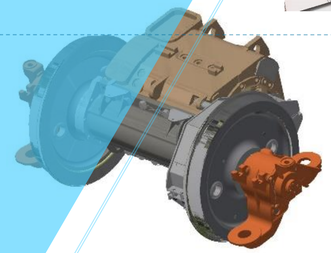
Имитационное моделирование (1D)

CAE/ Валидация системных моделей



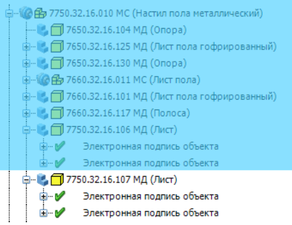
Сборка/ интеграция





Реализация

Проектирование
Реализация
(3D ЭГМ + КСИ + КД)

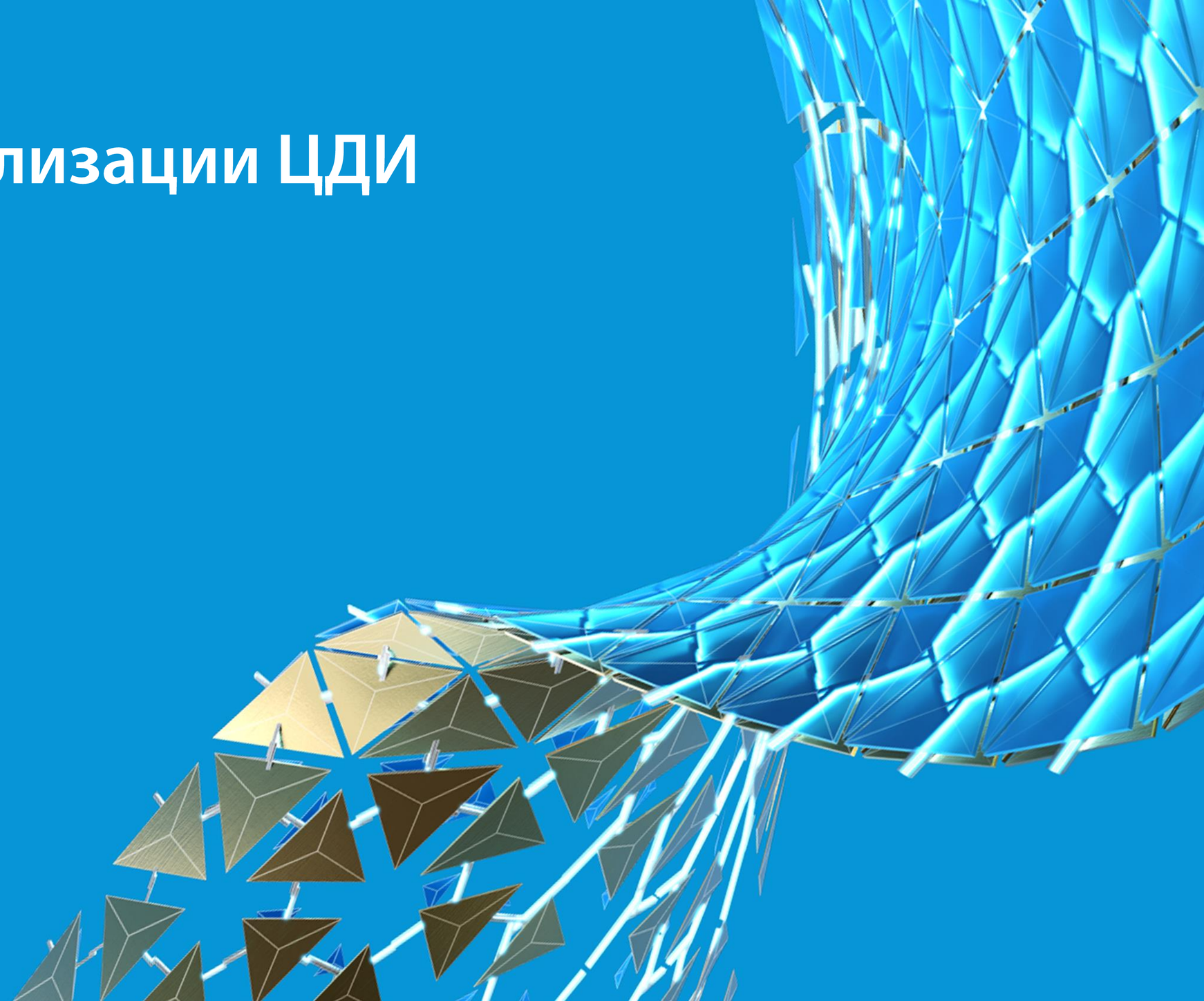


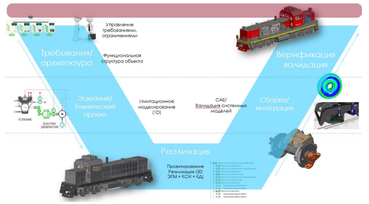
Шаги для компании

Критерий	Инжиниринг	Производство	Сервис	Результат
I «Устаревшее сознание» сотрудников, отсутствие платформы	Электронный состав изделия/ бумага->цифра/2D->3D	Производственные системы (ERP) Эталонные линии	ERP/TOиP Сервисный/эксплуатационный состав изделия (нормы/ТП/РД в «цифре»)	Повышение «цифровой» культуры в организации. Вовлечение разработчиков и менеджмента Автоматизация основных бизнес-процессов и создание платформы
II Платформа функционирует, все процессы в «цифре», «цифровое сознание»	Управление требованиями/администрирование проекта «в цифре» Имитационное (1D) моделирование	Цифровая модель завода	Цифровая модель депо	Переход в цифру на ранних этапах проектирования Больше данных для тестов и анализа на всех этапах ЖЦ
III Есть данные, получаемые на разных этапах ЖЦ изделия. Отсутствие данных об изделии вне платформы	CAE как верификация результатов Валидация/верификация требований	IIoT	Предиктивная аналитика (IIoT, предиктивный ремонт)	Изделие полностью «в цифре»

IV
Построение цифрового двойника изделия
(Big Data, Data science, IIoT)

Шаги для реализации ЦДИ





Анализ выполненных шагов
Шаг №1: Платформа

БЫЛО

- Многообразие используемых PDM/CAD/CAE систем и иных инструментов
- Отсутствие единой платформы хранения инженерных данных и интеграционных решений с ERP/ТОиР системами.

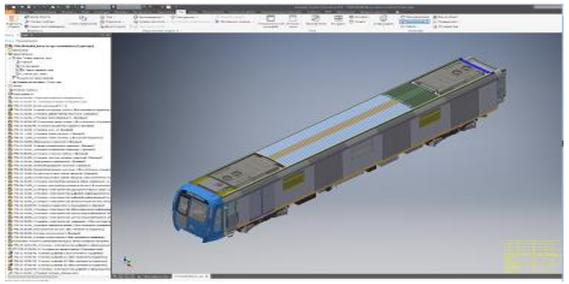
FUSION LIFECYCLE

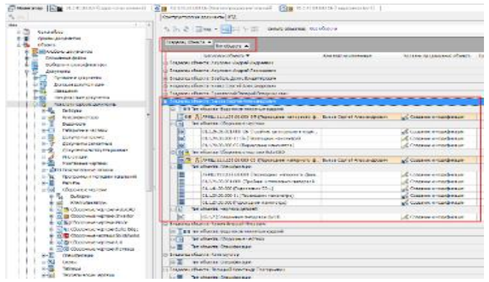
TEAMCENTER

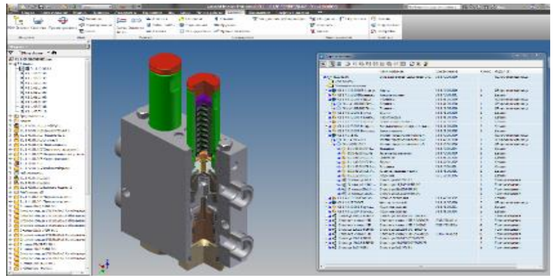
ENOVIA

СТАЛО

- Консолидировано и унифицировано инженерное ПО
- Сформирован облик IT ландшафта в компании
- Построен фундамент IT платформы и реализована часть «Инженерные данные<->данные производства»







IMProject
Модуль управления требованиями

IPS PDM/IPS CAD Connectors
IPS IMBase/IPS AVS
Autodesk Inventor 2019

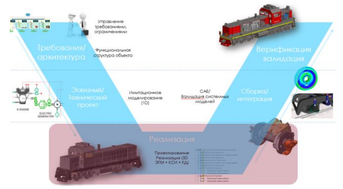
IPS IMShape
CAE, ECAD, EDA etc.

IPS Techcard

КСМПП (1С:ERP)

Управление требованиями и разработкой → Конструкторская подготовка производства → Технологическая подготовка производства → Производственное планирование

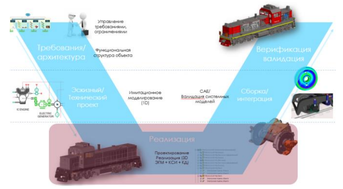
Платформа



Анализ выполненных шагов
Шаг №2: перевод проектов в цифру и трансформация сознания

БЫЛО

- Проектирование не осуществлялось в рамках единой платформы
- Многие проекты не велись в 3D
- Использовались различные инструменты
- Отсутствие единых методик распределенного проектирования
- Отсутствие электронной структуры изделия (конструктивная структура в электронном виде как первоисточник)

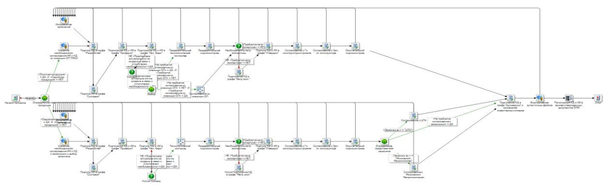


Анализ выполненных шагов
Шаг №2: перевод проектов в цифру и трансформация сознания

СТАЛО

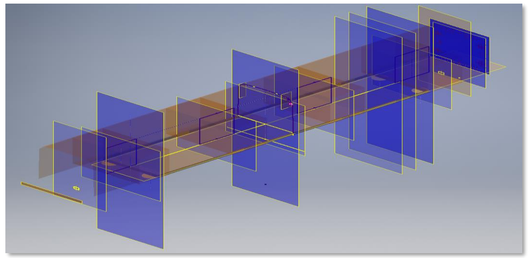
- Инженеры ощутили выгоду при использовании современных информационных систем. Повысились компетенции и дисциплинированность
- Все новые проекты «в цифре», нет бумаги, подлинники в электронном виде
- Внедрены современные методики проектирования в 3D (нисходящее с БКС, контроль ограничений)
- Сформированы ЭСИ
- Стали доступны базовые бизнес-функции «в цифре» (анализ целевой себестоимости, контроль подтверждения соответствия и т.д.)

Бизнес-процессы согласования КД

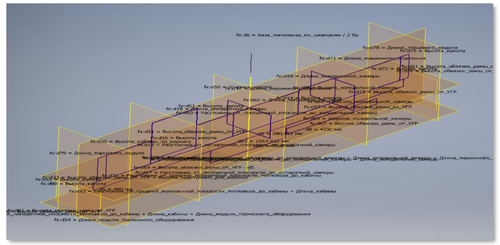


Электронные подписи на моделях и чертежах

Контрольные структуры экипажной части проекта Метро 2020



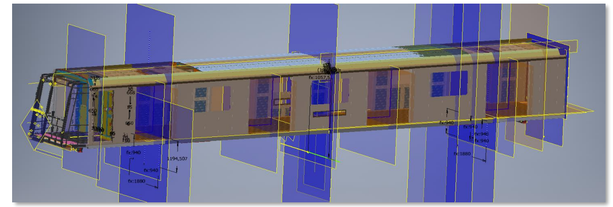
Базовая контрольная структуры тепловоза проекта ТЭМ23



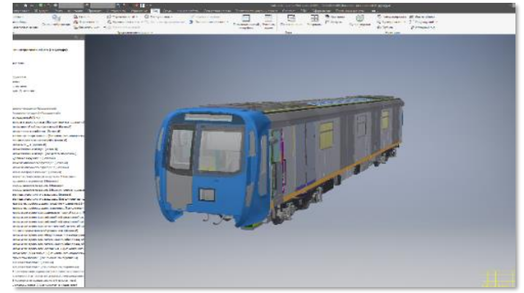
AUTODESK® INVENTOR®

Количество вхождений одного вагона - 50000

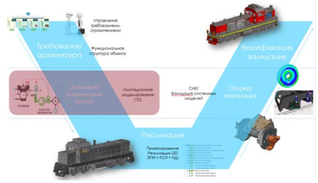
Проектирование на основе БКС



Готовое изделие в 3D



Готовое изделие

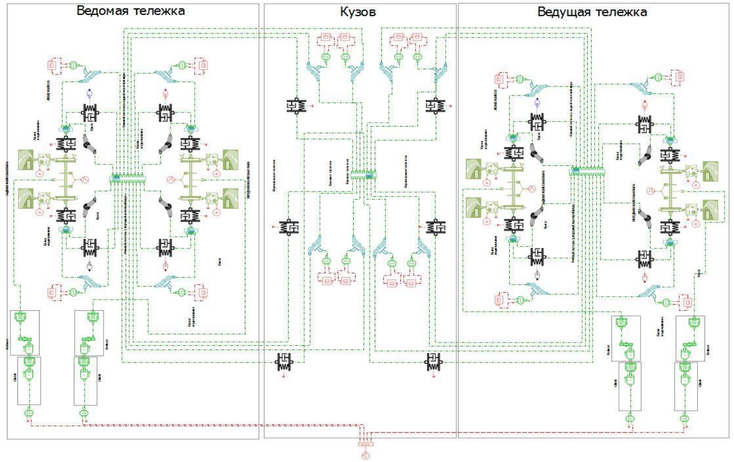


Анализ выполненных шагов
Шаг №3: «Цифра» на ранних этапах проекта.
Построение имитационной модели изделия.

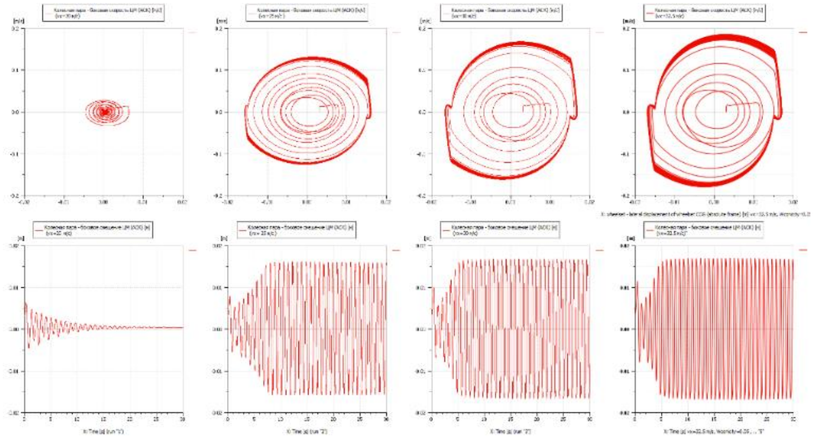
МЫ НАХОДИМСЯ ТУТ:

- Эскизный/технический проект в цифре
- Имитационное (1D) моделирование

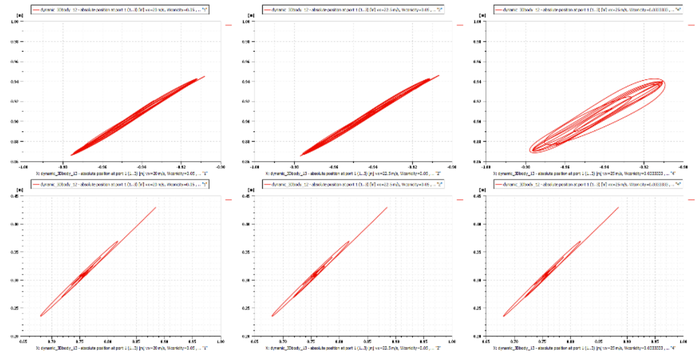
Эскиз динамической модели вагона подвижного состава электропоезда



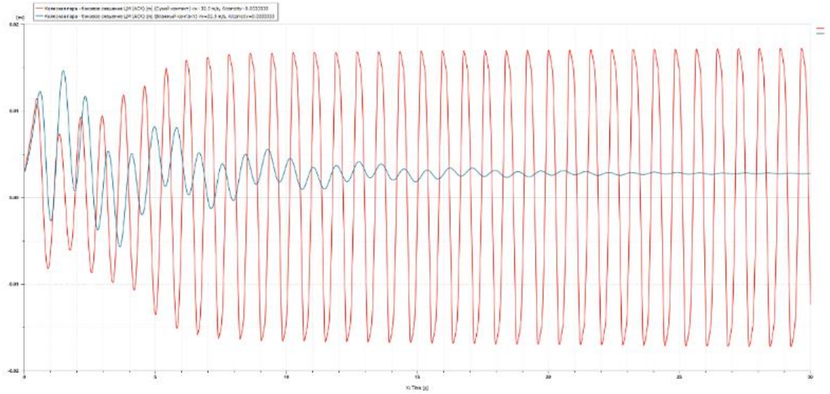
Поперечное смещение колесной пары относительно центра масс при различной продольной скорости движения



Влияние колебаний вагона на тележку



Боковое смещение ЦМ при сухом и влажном контакте колеса с ЖД рельсом

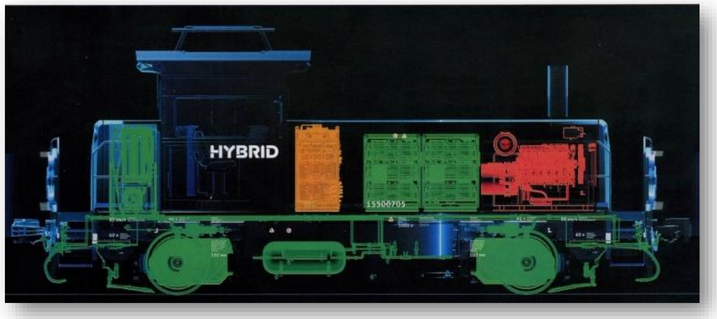


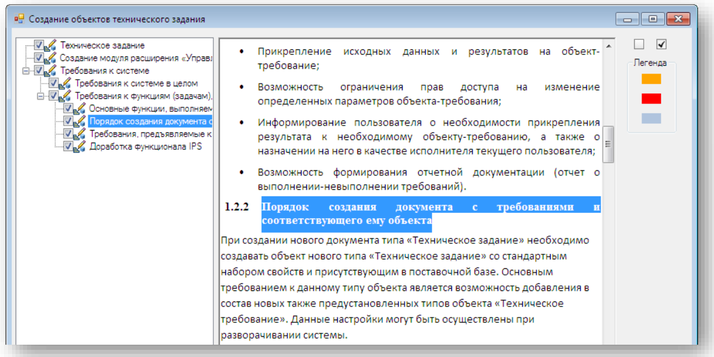
Анализ выполненных шагов
Шаг №4: Завершение ЦМИ

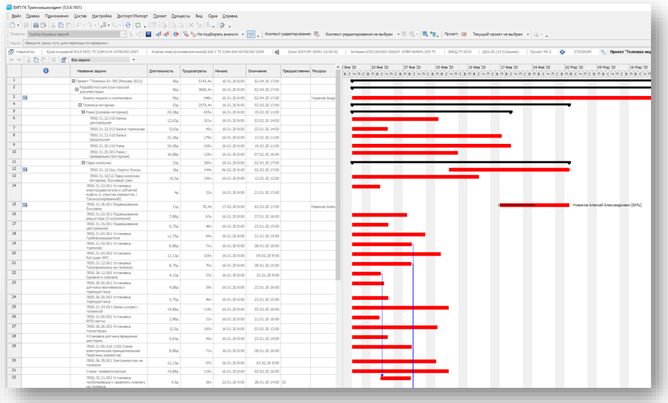
БЛИЖАЙШИЕ ШАГИ:

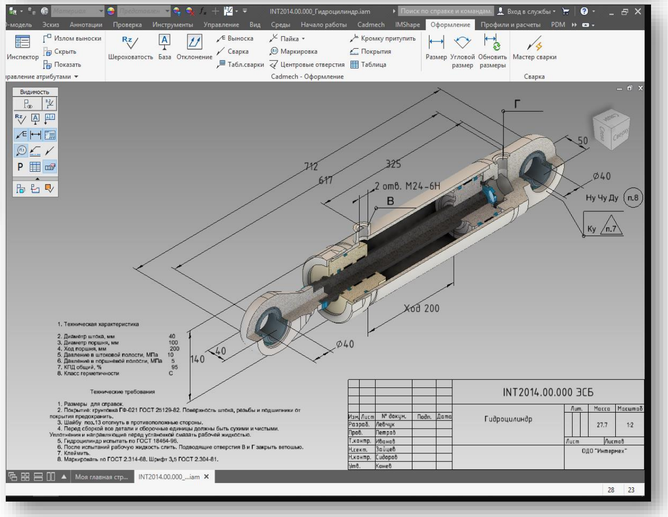
- Администрирование проекта в цифре (графики разработки, контроль)
- Управление требованиями (ограничениями)
- Трассировка требований (1D/3D/CAE)
- Бесчертежные технологии
- Связь ЦМ и ЦТ (цифровое депо/локомотив)

СВЯЗЬ ЦМ И ЦТ









Выводы

ПОТРЕБНОСТЬ ДЛЯ КОМПАНИИ

- Следует определить необходимость реализации ЦД в компании. ЦД не является обязательным атрибутом цифровой трансформации компании
- Как и во многих проектах по трансформации и реструктуризации – инициатива и управляющее воздействие должны исходить от руководства компании

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СУЩНОСТЬ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

- Следует определить сущность и определение ЦД для всех заинтересованных сторон в компании
- Следует определить какую часть ЦД реализует каждое бизнес-подразделение/лицо внутри группы компаний
- Следует определить кураторов этого направления от управляющей компании

ПЕРВЫЕ ШАГИ – ШАГИ НАИБОЛЬШЕГО ЭФФЕКТА

- Следует сформировать облик ИТ ландшафта и назначить системы для каждой бизнес-функции
- Не следует гнаться за передовыми инженерными решениями. Нужно действовать по Парето

Autodesk и логотип Autodesk являются зарегистрированными товарными знаками компании Autodesk, Inc. и/или ее дочерних компаний и/или аффилированных компаний в США и/или других странах. Все остальные наименования и товарные знаки принадлежат соответствующим владельцам. Компания Autodesk оставляет за собой право изменять характеристики и цены на продукты и услуги в любое время без уведомления, а также не несет ответственности за типографические ошибки в данном документе.

© Autodesk, 2020. Все права защищены.