



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Упрощенная архитектура промышленной кибер-физической системы управления проветриванием подземных горнодобывающих предприятий с цифровым двойником

Проект НУГ № 21-04-039

«Динамическая оптимизация параметров контура управления киберфизической системы проветривания подземного горнодобывающего предприятия»

- А.Д. Селина, ПИ-19-1, НИУ ВШЭ – Пермь

Промышленная революция



Индустрия 4.0



- Автономные роботы
- Моделирование
- Интеграционная система
- Интернет вещей
- Кибербезопасность
- Облачные вычисления
- Аддитивное производство
- Дополненная реальность
- Big Data

Технология Интернет-вещей

Интернет-вещей (Internet of Things - IoT) — это динамичная распределенная среда, которая связывает множество интеллектуальных устройств, способных воспринимать окружающую среду и выполнять соответствующие действия.





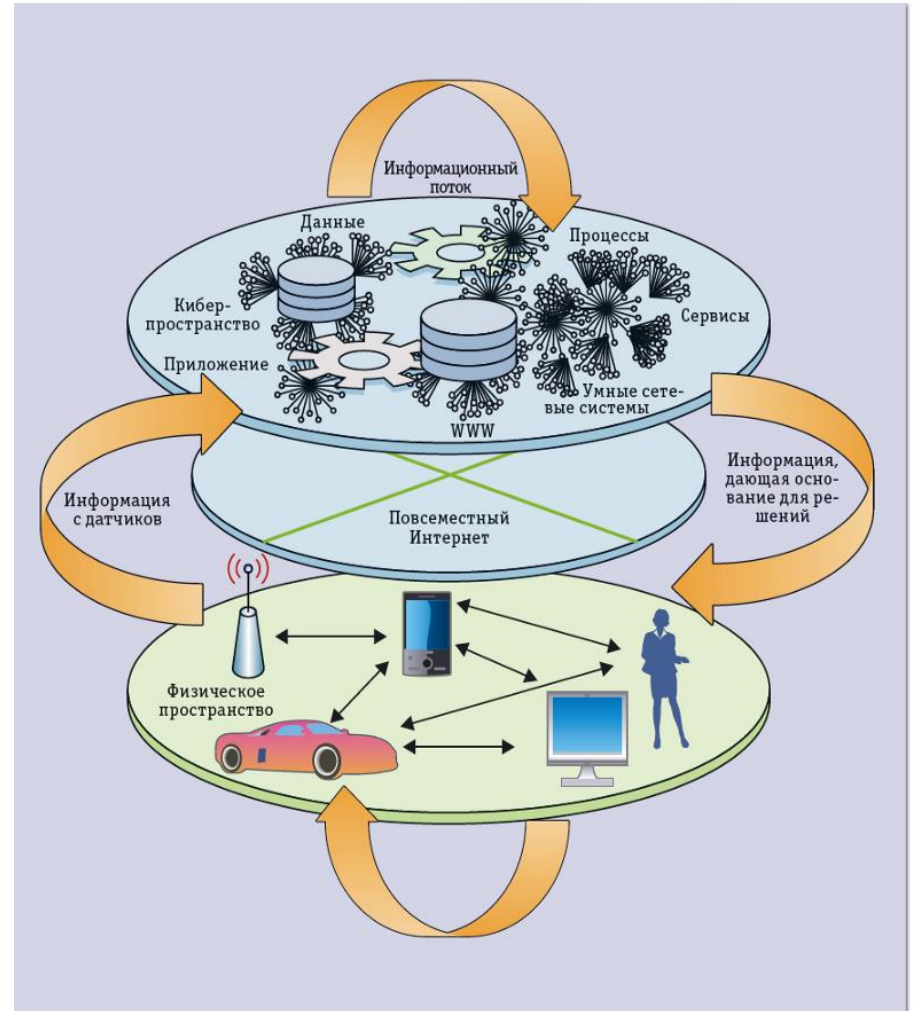
Технологии Big-data

Big data — это наборы данных, объем которых выходит за рамки возможностей стандартных программных инструментов в отношении сбора, хранения, управления и анализа данных.



Кибер-физические системы

Киберфизические системы (Cyber-Physical System – CPS) — это системы, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое.





Архитектура CPS





Проектирование CPS

Подходы к построению кибер-физических систем основываются на анализе особенностей взаимодействия физических процессов окружающего мира с кибернетическими средствами (измерительно-вычислительными, коммуникационными, управляющими и исполнительными).

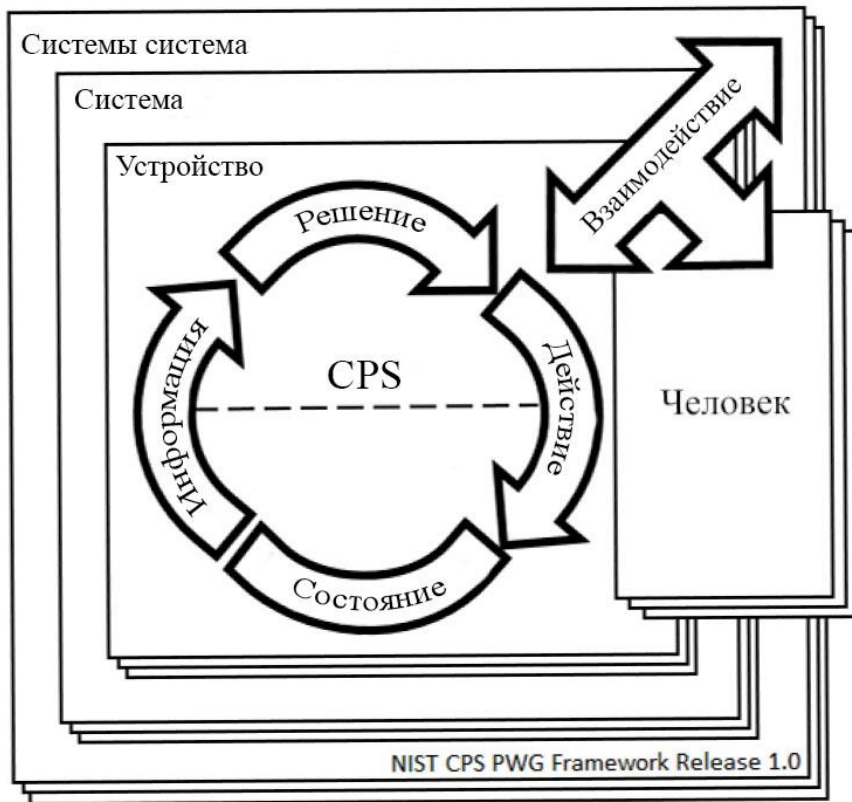
скорость течения физических процессов

тип физических процессов

возможность определять состояние физического процесса

возможность влиять на изменение состояний физического процесса

Framework 1.0



1. Рекурсивность.
2. Понятность.
3. Гибкость.
4. Устойчивость.
5. Безопасность.
6. Обмен данными.
7. Местоположение и время.
8. Интеграция и миграция.

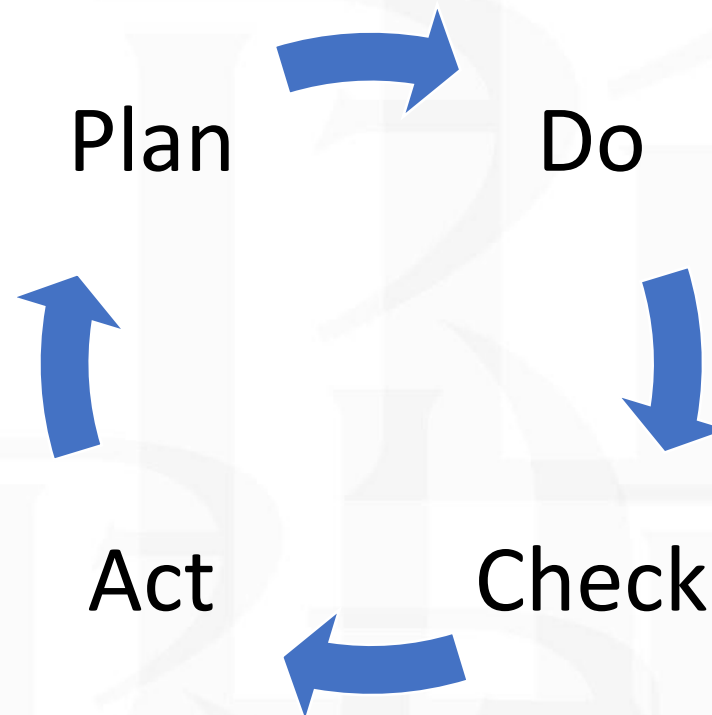
ISO 50001: 2011

Plan – планирование, расчет и формирование мероприятий;

Do – настройка параметров оборудования;

Check – анализ работы оборудования, анализ аварий и потерь, план-факт анализ;

Act – выполнение оценки несоответствий, формирование рекомендаций, внесение изменений.



цикл Деминга-Шухарта - PDCA

Цифровой двойник как часть кибер-физической системы

Цифровой двойник (Digital Twin)

– часть киберфизической системы, а именно – математическая модель и трехмерная модель физического объекта, в совокупности составляющие виртуальную модель физического объекта, моделирующую внутренние производственные процессы и технические характеристики объекта в условиях воздействия окружающей среды.



Преимущества DT

качественное изменение
труда на производстве:

- сокращение доли ручных производственных операций
- прогнозируемое обслуживание
- сокращение трудоёмкости процесса управления производством

сокращение издержек
производства:

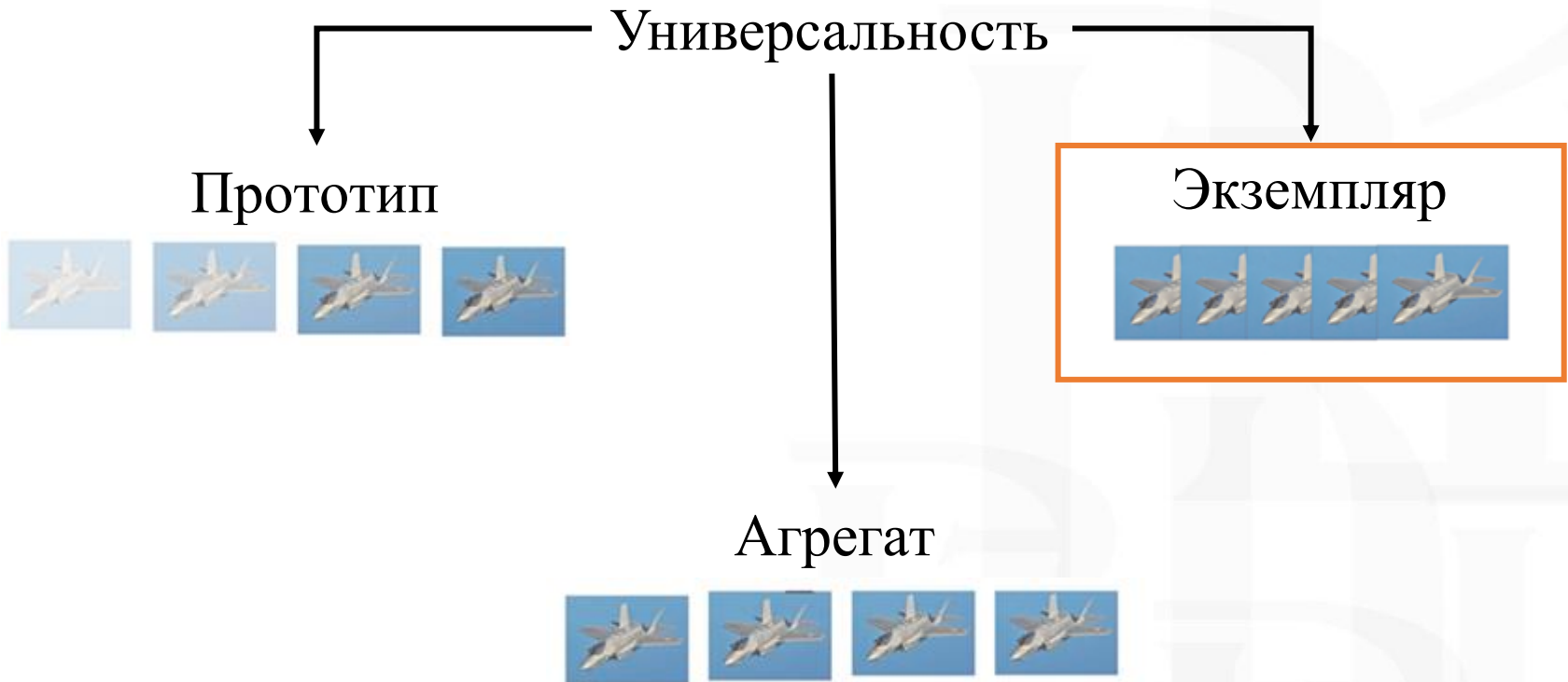
- сокращение брака
- экономный расход энергетических и материальных ресурсов
- сокращение инвестиций при планировании новых производств

повышение прибыли
производства:

- ускорение процессов
- определение и устранение неэффективных этапов производства
- увеличение объёмов производства

Классификация цифровых двойников в зависимости от их назначения:





Стандарты проектирования DT BIM

BIM (Building Information Model) – подход, регламентирующий процесс информационного моделирования зданий, в рамках которого объект проектируется как единое целое, изменение одних характеристик объекта ведет к автоматическому изменению других.

0 BIM

- 2D формат
- Бумажные или электронные носители
- Стандартные неизменяемые параметры объекта

1 BIM

- Частично автономное управление моделями, 2D и 3D форматы
- Отсутствие синхронизации между пользователями
- Доступ к моделям - через открытие на стороне пользователя

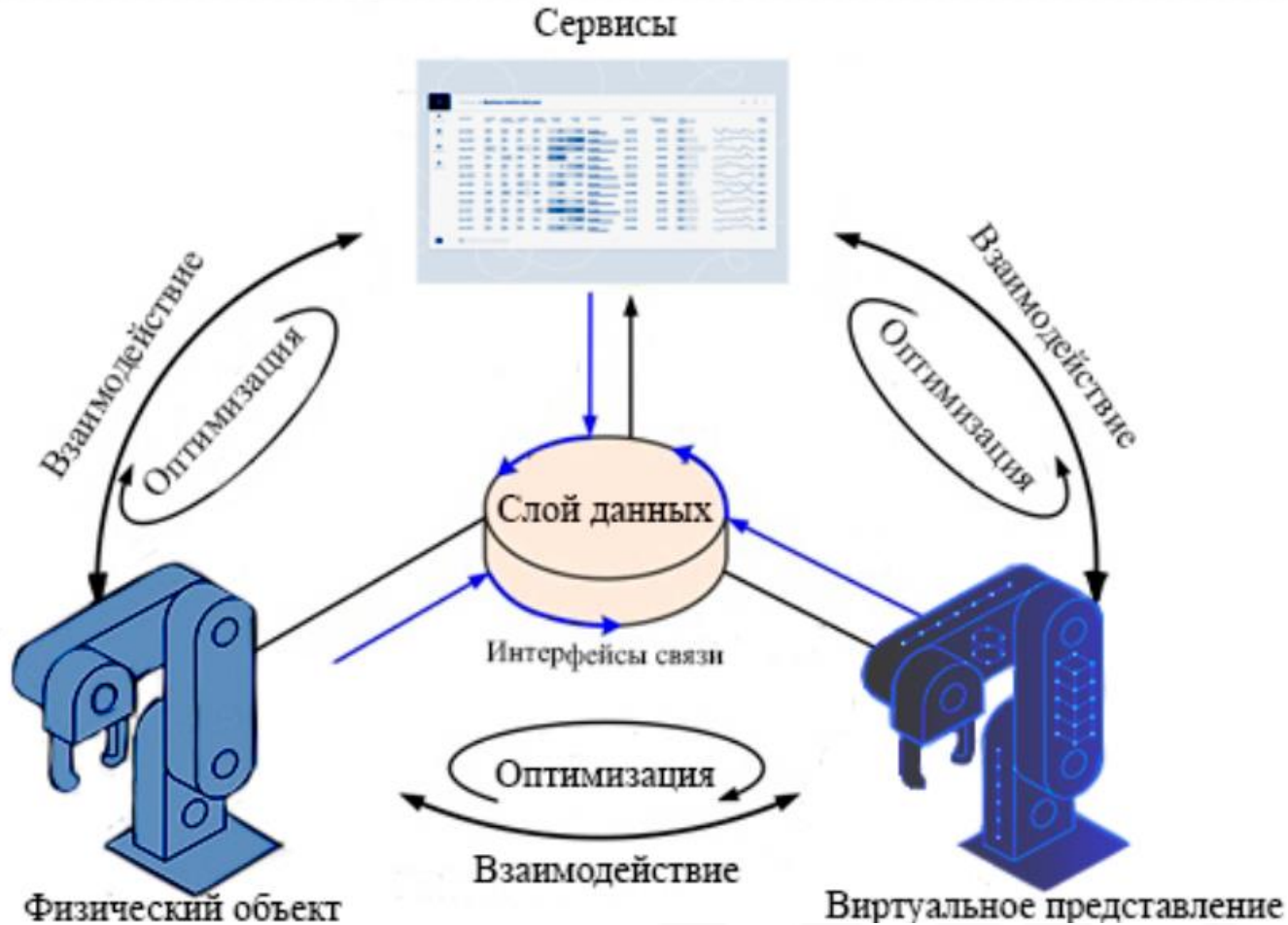
2 BIM

- Обмен информации между сторонами
- Управляемость трёхмерной среды с помощью инструментов BIM
- Интеграция коммерческих данных

3 BIM

- Единая модель, доступная в централизованном хранилище.
- Минимальный риск возникновения противоречивой информации
- Поддержка открытых стандартов.

Пятизвенная модель DT





Методы создания DT

Обеспечение
взаимодействия
внутри
физического объекта

Моделирование,
эксплуатации и
верификации
цифрового объекта

Конструирование
и управление
данными DT

Сервисы
интеллектуального
производства

Развитие
технологий DT

методы оптимизации
расположения датчиков

методов многомерного
моделирования

очистки, интеграции,
слияния данных

методы итеративной
оптимизации,

методы контроля за
факторами

Методы реализации цифровой копии

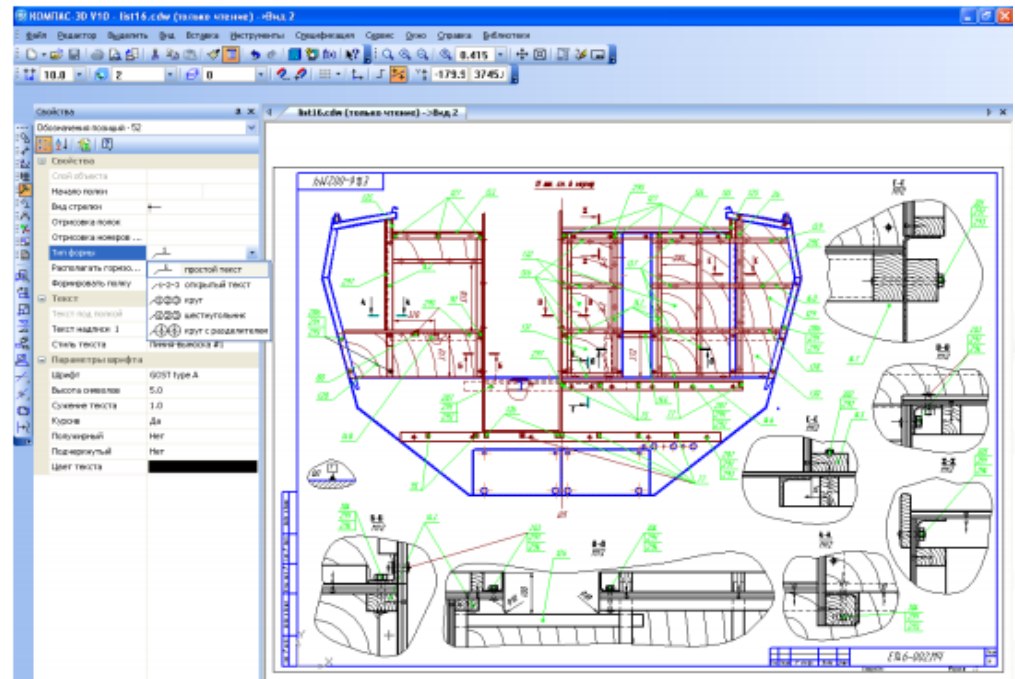
Логическое

Физическое

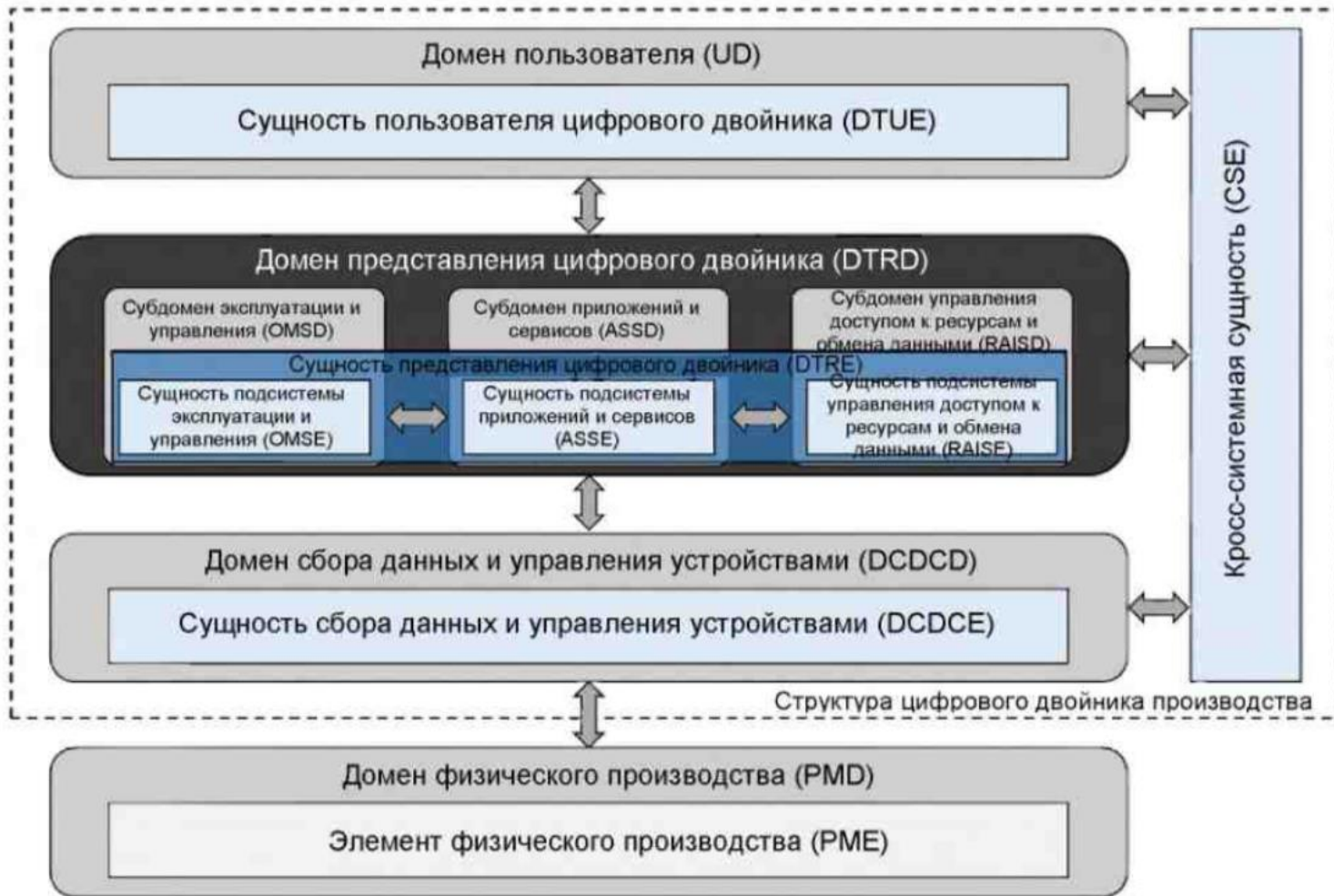
Математическое

Имитационное

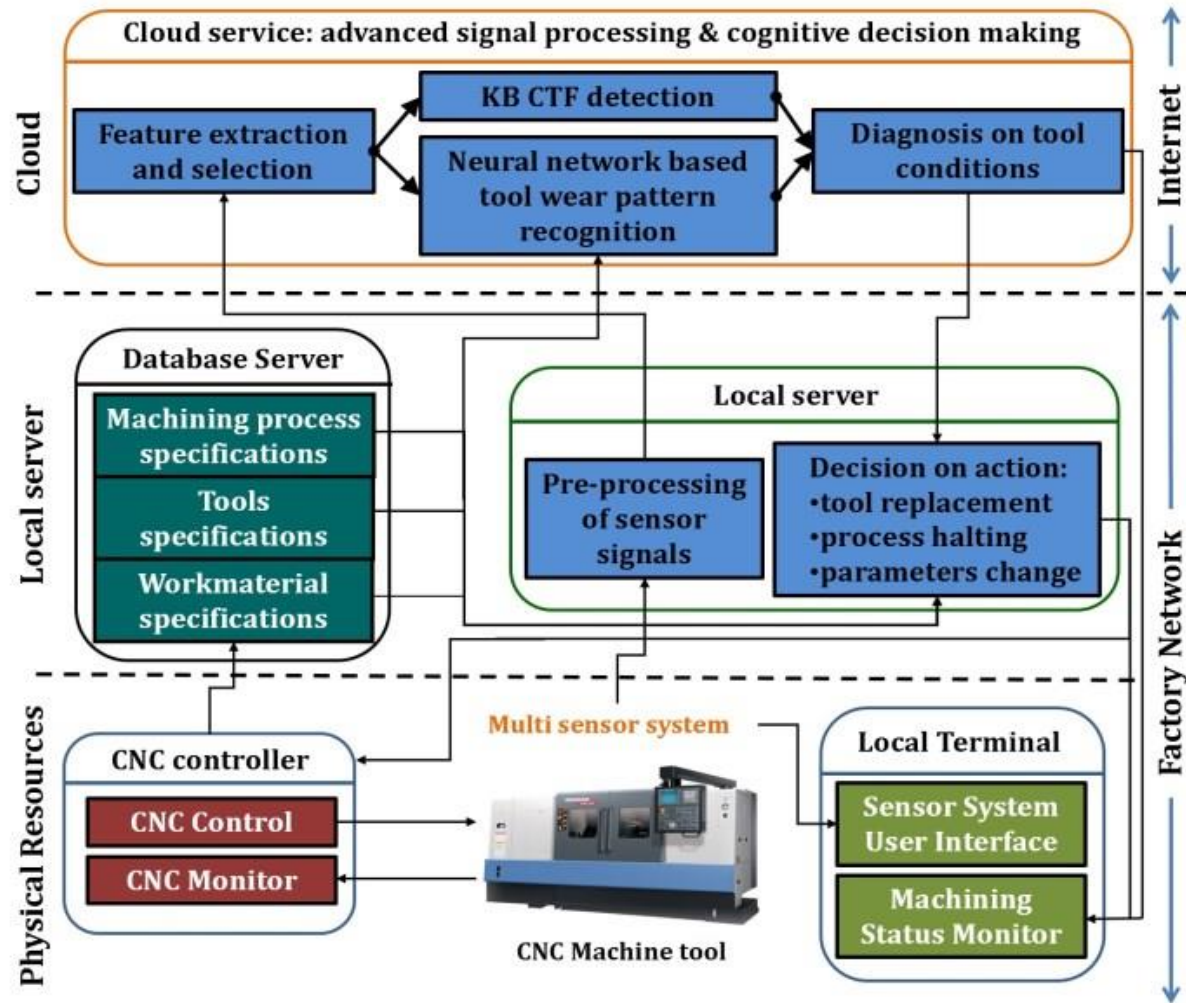
CAD система (Computer Aided Design) – система автоматизированного проектирования, несёт информацию о внешнем носителе, структуре объектов, информацию о материалах, размерах, процессах.



Типовая модель DT на основе сущностей и доменов



Пример облачной архитектуры CPS



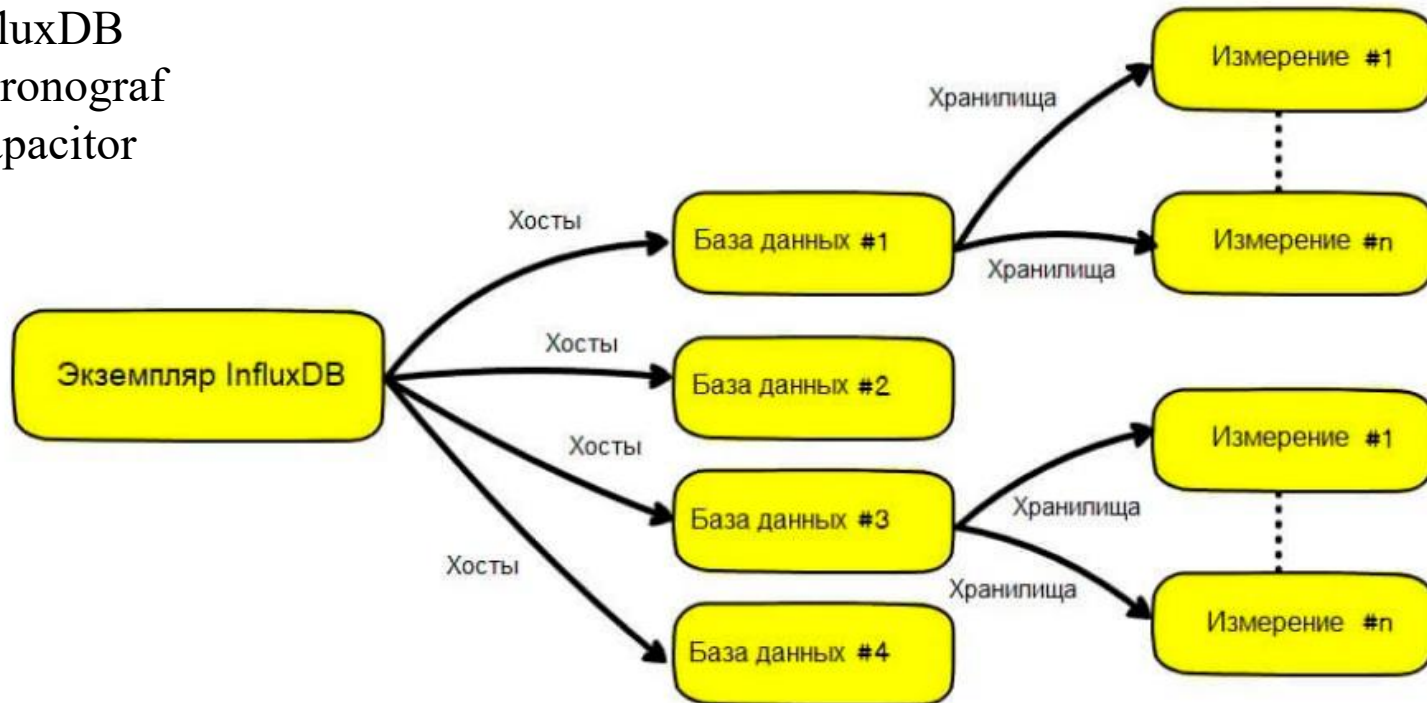
InfluxDB – база данных временных рядов, входящая в стек TICK.

T – Telegram

I – InfluxDB

C – Chronograf

K – Kapacitor





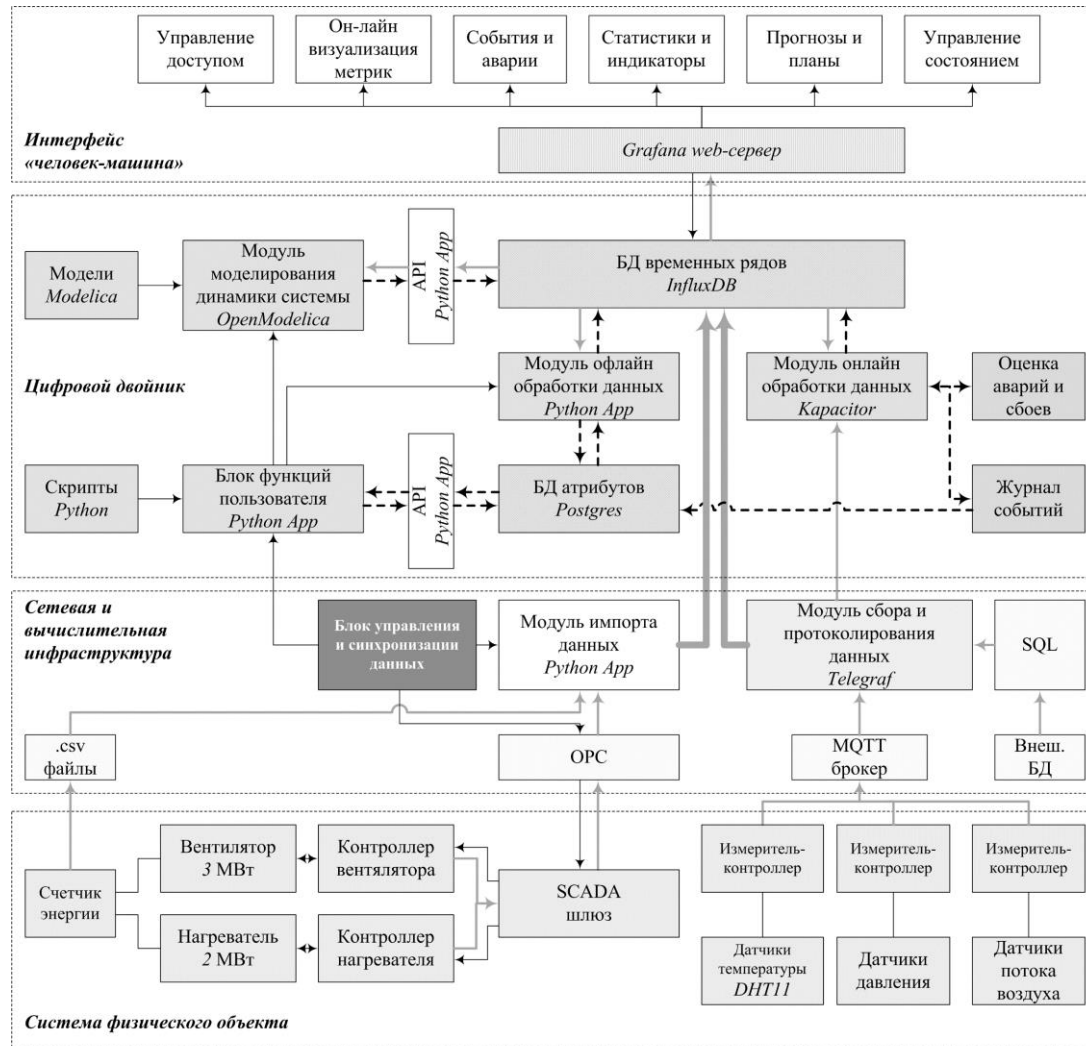
InfluxDB - измерение

name: census

Measurement

| time | butterflies | honeybees | location | scientist |
|----------------------|-------------|-----------|----------|------------|
| 2015-08-18T00:00:00Z | 12 | 23 | 1 | langstroth |
| 2015-08-18T00:00:00Z | 1 | 30 | 1 | perpetua |
| 2015-08-18T00:06:00Z | 11 | 28 | 1 | langstroth |
| 2015-08-18T00:06:00Z | 3 | 28 | 1 | perpetua |
| 2015-08-18T05:54:00Z | 2 | 11 | 2 | langstroth |
| 2015-08-18T06:00:00Z | 1 | 10 | 2 | langstroth |

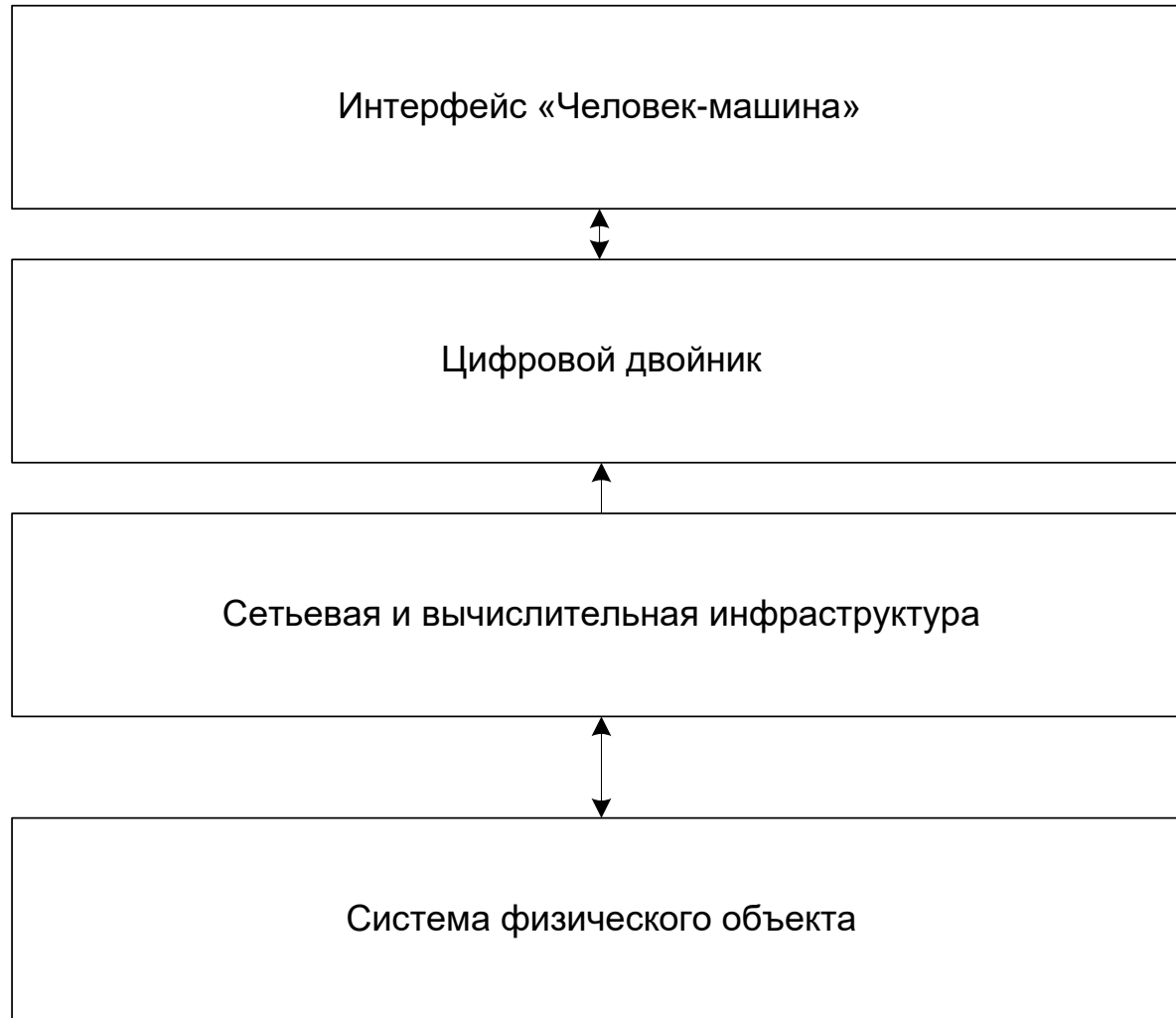
Упрощенная архитектура CPS проветривания рудника



- Данные
- - -> Результаты расчетов
- Команды управления и скрипты пользователя
- Электрические линии

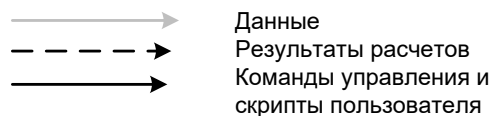
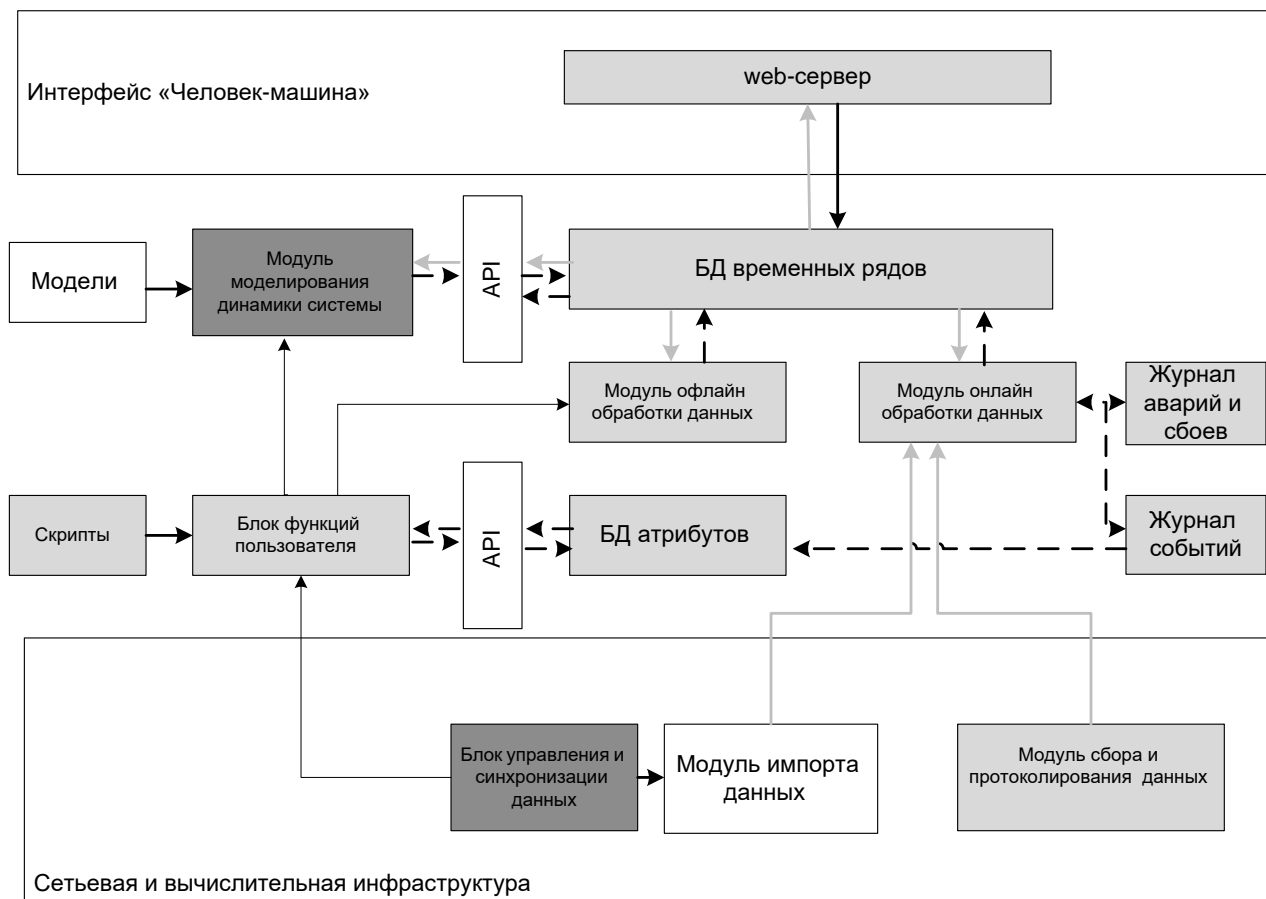
Кычкин А.В.

Архитектура CPS



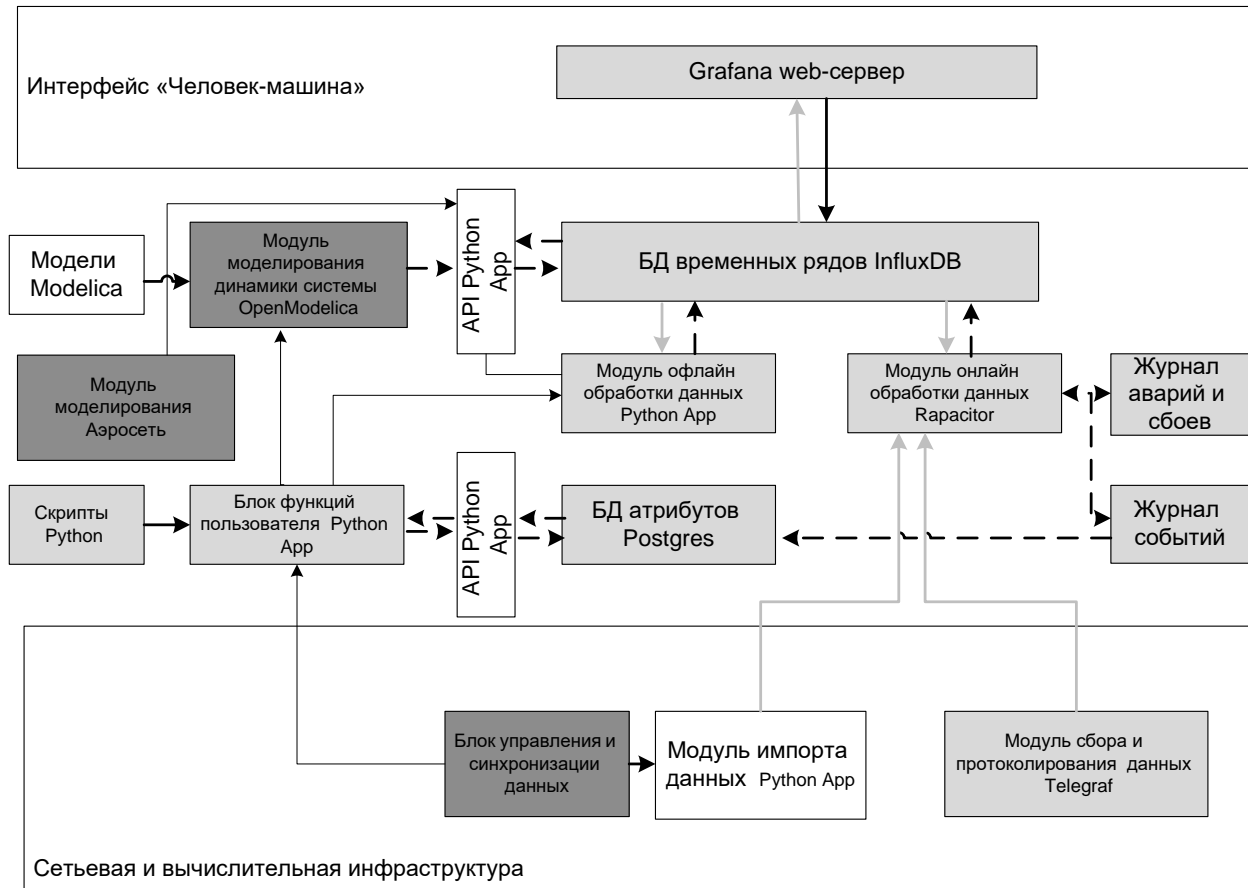
Русаков Ю.А.

Детализированная архитектура DT проветривания рудника



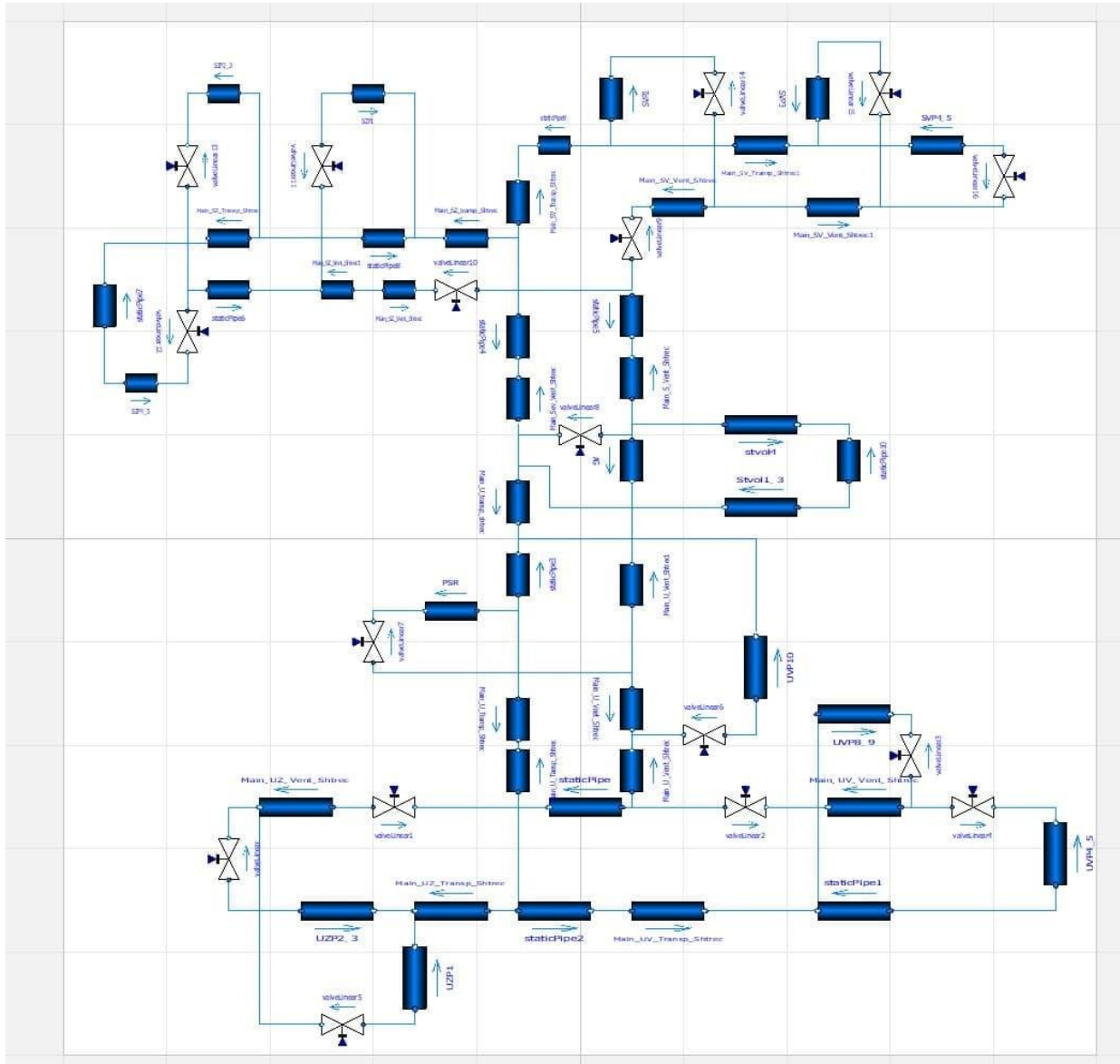
Русаков Ю.А.

Пример реализации архитектуры Цифрового двойника

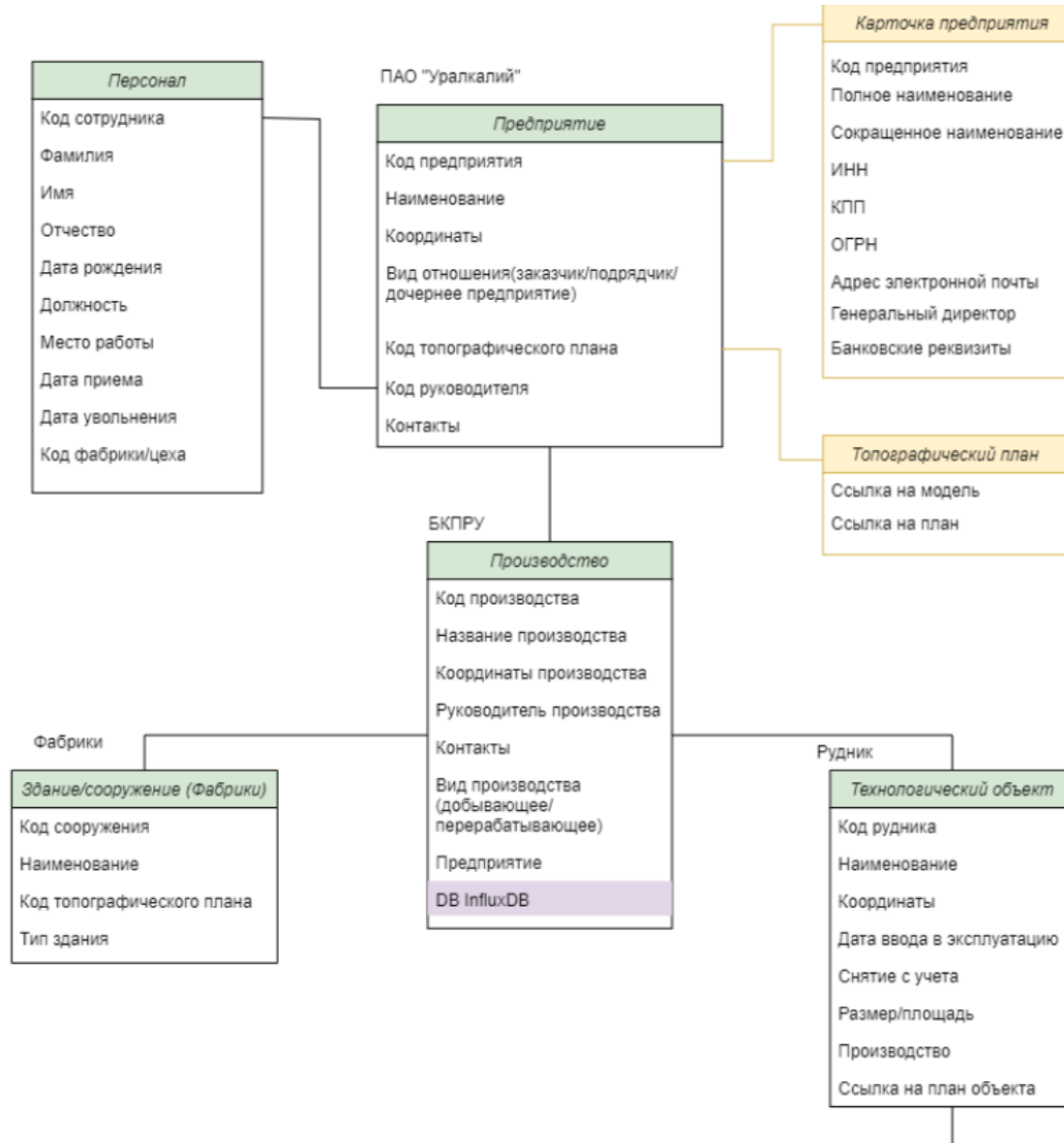


Русаков Ю.А.

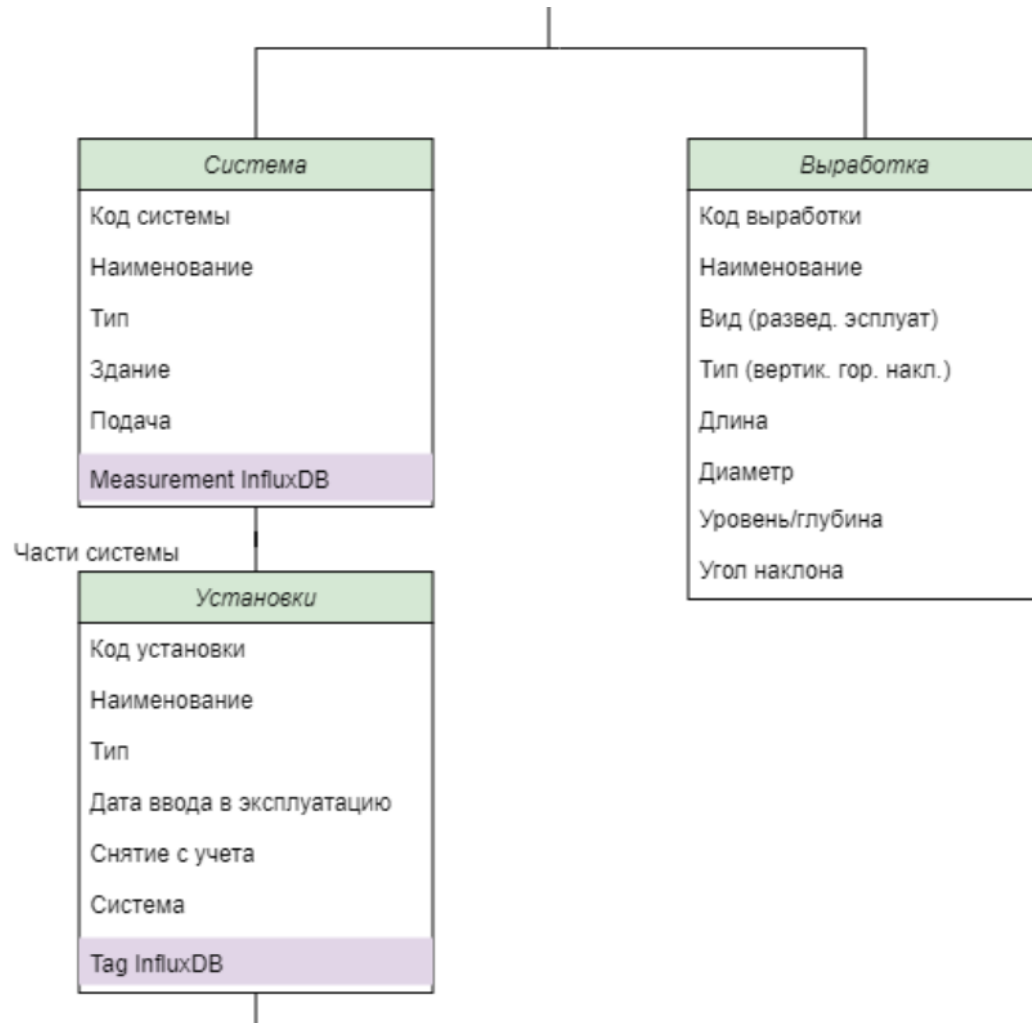
Модель OpenModelica



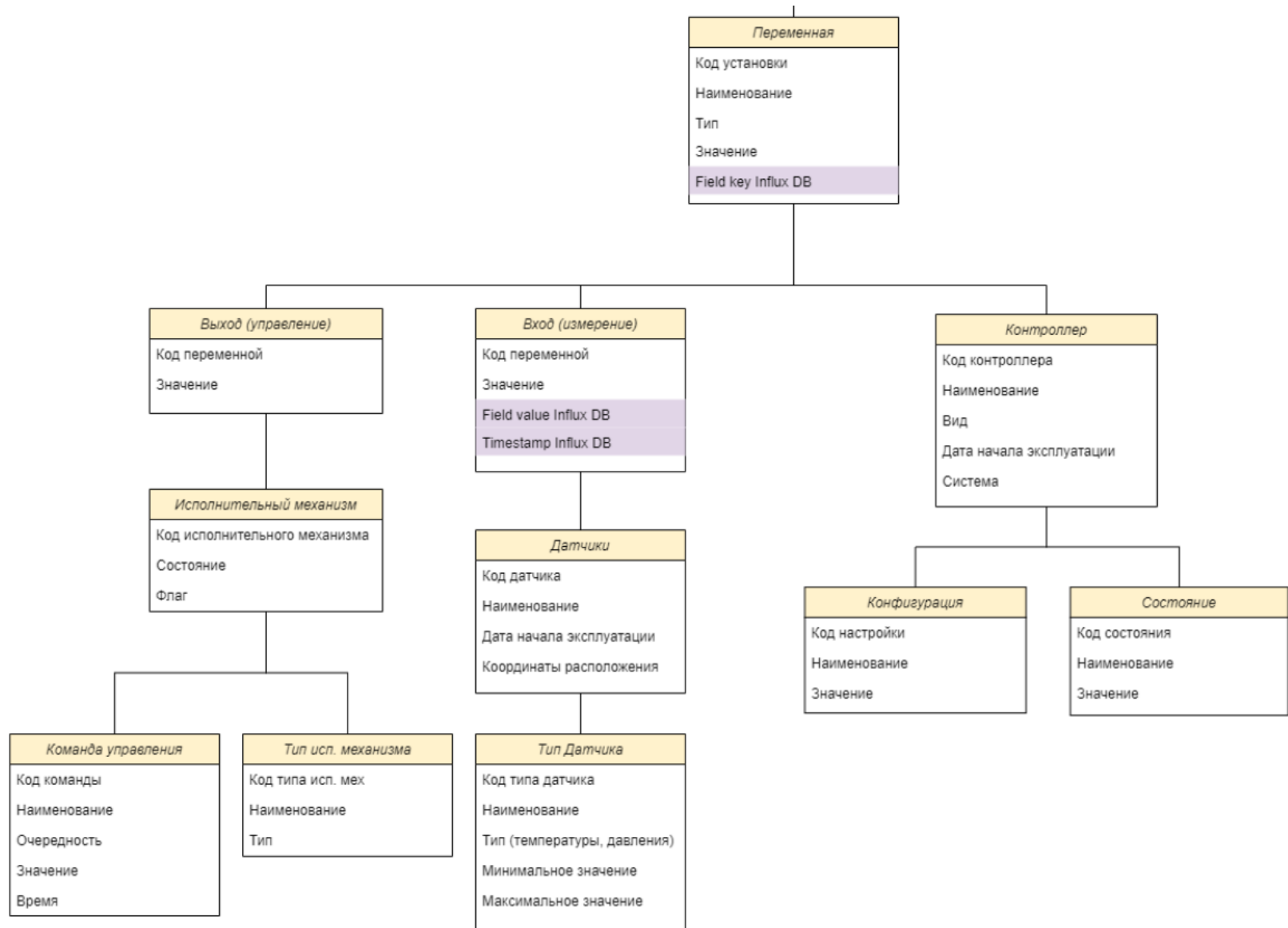
Информационная модель Цифрового двойника



Информационная модель Цифрового двойника



Информационная модель Цифрового двойника





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

Анна Селина, НИУ ВШЭ – Пермь