

КАК ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПОВЫШАЕТ НАДЕЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



Сергей Витальевич Николаев, исполнительный директор
ООО «Институт Энергетических Систем»
ООО «Лаборатория ПРОСТОР»

- Бизнес-подразделение ИНСТИТУТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
- Ведущий поставщик инновационных программных и аппаратных комплексов в области:
 - ✓ Оптимального управления энергообъектами
 - ✓ развития систем дистанционного управления
- 20 лет экспертизы на рынке
- Более 200 реализованных проектов на объектах электроэнергетики

Нас увлекает то, что мы создаем

Мы содействуем трансформации классических промышленных предприятий в легко и оптимально управляемые компании. Программные решения Лаборатории ПРОСТОР, входящие в единый реестр отечественного ПО, повышают безопасность стратегических объектов, производительность, эффективность и гибкость работы при помощи инновационных технологий цифровизации.



НАМ ДОВЕРЯЮТ



О ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ



- Необходимый компонент цифровизации
- Интеграционная платформа для объединения операционных функций предприятия/объекта
- Инструмент преодоления проблемы разрозненных ОТ систем

Классификация:

- ЦД стадии проектирования
- ЦД стадии производства
- ЦД стадии эксплуатации

Стандарт «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», ГОСТ Р 57700.37-2021

«Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии. Новые производственные технологии», Минцифры

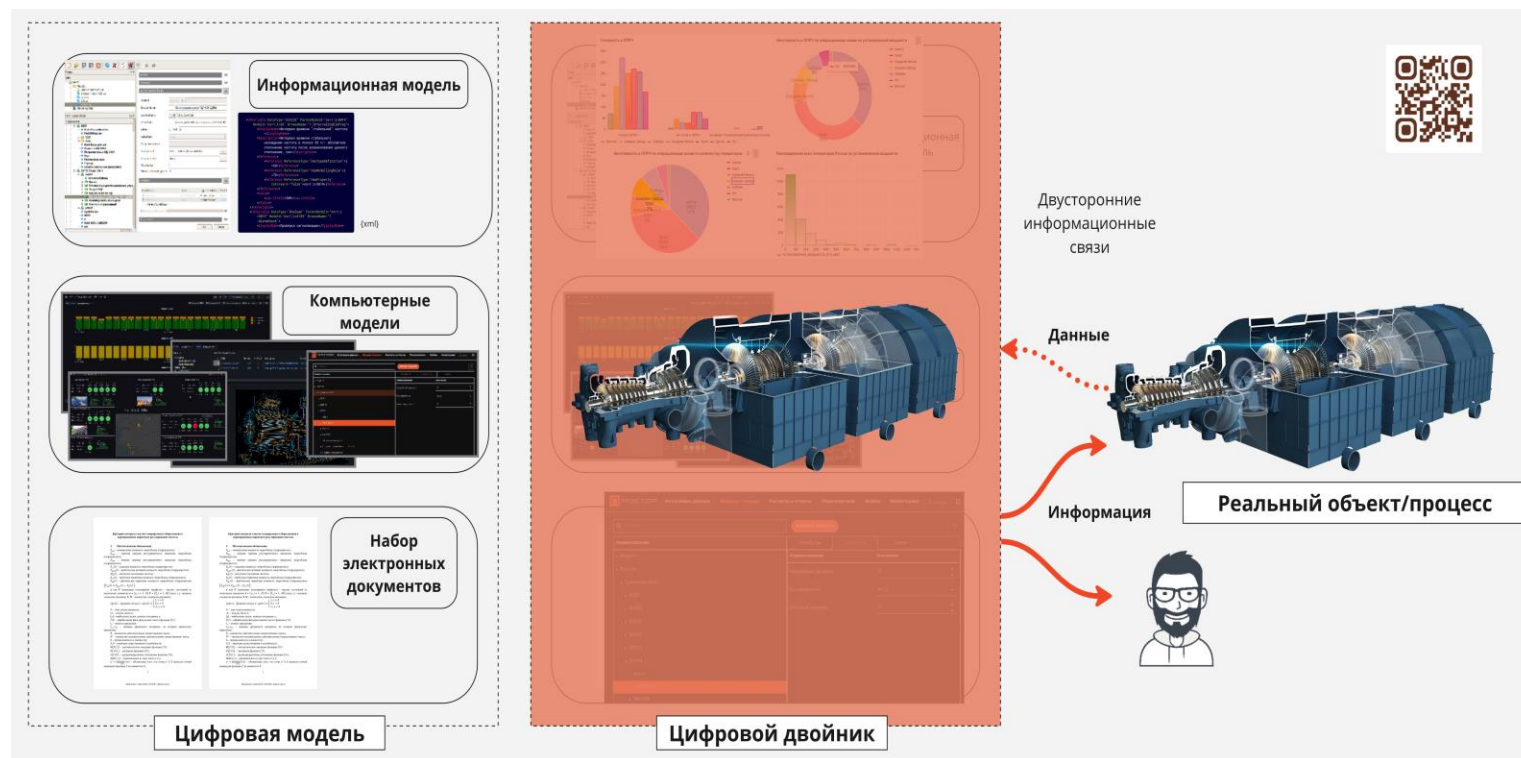


ЦД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Компьютерная модель реального объекта, объединенная двусторонними информационными связями с физическим объектом, и решающая конкретные технологические задачи или автоматизирующая те или иные бизнес-процессы эксплуатации электростанции

Цифровым двойником может являться

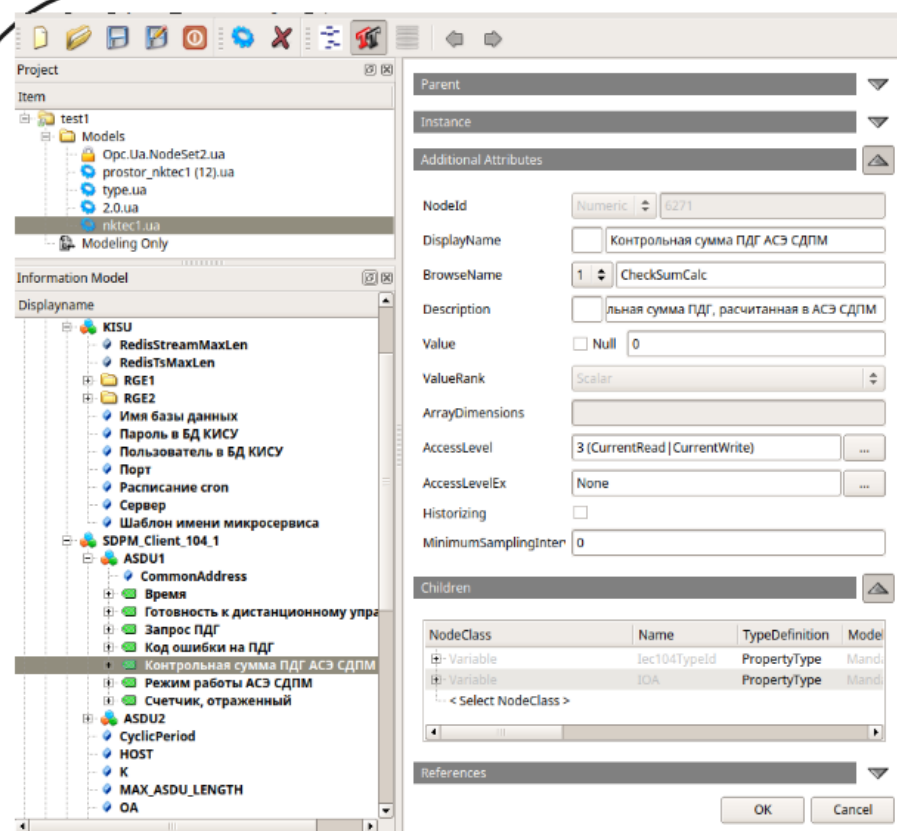
- система расчетов ТЭП;
- оптимизационные расчёты режимов работы оборудования ТЭС;
- **система валидации технологических параметров на базе расчетных моделей;**
- система мониторинга первичного регулирования частоты;
- **система киберфизического моделирования котла;**
- система коммерческого учета электроэнергии с инструментами аналитики
- другие системы, объединенные в едином цифровом пространстве с помощью информационной модели.



ЦД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Информационная модель – это строго формализованное описание объекта или процесса, достаточное для решаемой задачи.

Распространенным способом описания является представление в виде дерева объектов и свойств.



Информационная модель

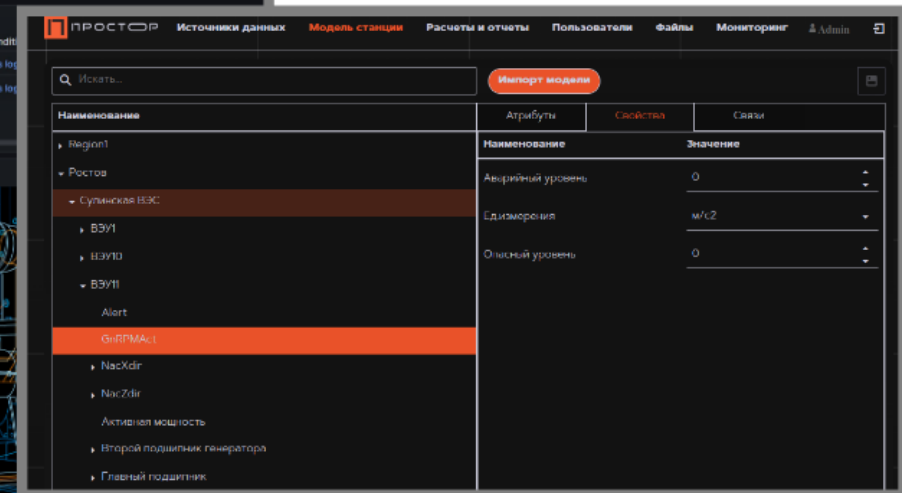
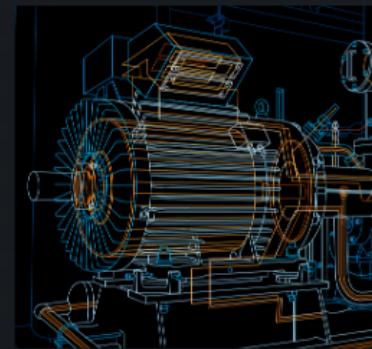
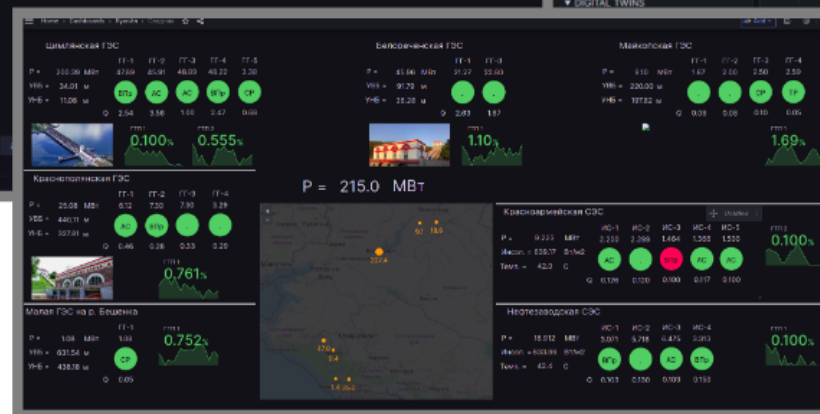
```
<UAVariable DataType="UInt32" ParentNodeId="ns=1;i=5019"
  NodeId="ns=1;i=36" BrowseName="1:IntervalStableFreq">
  <DisplayName>Интервал времени "стабильной" частоты
  </DisplayName>
  <Description>Интервал времени стабильного
    нахождения частоты в полосе 50 +/- абсолютное
    отклонение частоты после возникновения данного
    отклонения, сек</Description>
  <References>
    <Reference ReferenceType="HasTypeDefinition">i
      =68</Reference>
    <Reference ReferenceType="HasModellingRule">i
      =78</Reference>
    <Reference ReferenceType="HasProperty"
      IsForward="false">ns=1;i=5019</Reference>
  </References>
  <Value>
    <uax:UInt32>300</uax:UInt32>
  </Value>
</UAVariable>
<UAVariable DataType="Boolean" ParentNodeId="ns=1;i
  =5019" NodeId="ns=1;i=6199" BrowseName="1
  :AlarmCheck">
  <DisplayName>Проверка сигнализации</DisplayName>
```

{xml}

ЦД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Компьютерная модель – это математическая модель, записанная в машинном коде. Для визуализации модели могут служить различные программные средства.

Компьютерные модели



Наименование	Атрибуты	Свойства	Связи
Region1			
Ростов			
Султинская ГЭС			
B3V1			
103V10			
B3V11			
Alert			
GrRPMAC1			
NacXdr			
NacZdr			
Активная мощность			
Второй подшипник генератора			
Главный подшипник			

Также в понятие цифровой модели могут входить различные электронные документы: Справочники, проектная документация, инструкции и пр. Все имеющиеся на предприятии документы должны быть оцифрованы!

Критерии контроля участия генерирующего оборудования в нормированном первичном регулировании частоты

1. Математические обозначения

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{ном}}^{\text{гидроагрегата}}$ – верхняя граница регулировочного диапазона энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{ном}}^{\text{гидроагрегата}}$ – нижняя граница регулировочного диапазона энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{пл}}(t)$ – плановая мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{факт}}(t)$ – фактическая активная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $\Delta f_p(t)$ – расчетное отклонение частоты;
 $P_{\text{треб}}(t)$ – требуемая первичная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{факт}}(t)$ – фактическая первичная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $(P_{\text{треб}}(t) = P_{\text{ном}}(t) - P_{\text{пл}}(t))$;

$\mathbf{x}$ или $\mathbf{Y}$ (написание полужирным шрифтом) – массив, состоящий из нескольких элементов: $\mathbf{x} = \{x_i, i = 1..N\}$, $\mathbf{Y} = \{Y_j, j = 1..M\}$ (здесь, i, j – индекс элементов массивов, N, M – количество элементов массивов);

$\text{sgn}(x)$ – функция сингум x : $\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x = 0 \\ -1, x < 0 \end{cases}$

$\equiv$ – знак тождественности;

$|x|$ – модуль числа x ;

$[x]$ – наибольшее целое, меньше или равное x ;

$f(t)$ – обработанная фильтром низких частот функция $f(t)$;

t_x – момент нарушения;

t_{x1}, t_{x2} – границы временного интервала, на котором происходит нарушение;

R – множество действительных (вещественных) чисел;

R^+ – множество положительных действительных (вещественных) чисел;

$\in$ – принадлежность к множеству;

$\exists, \forall$ – кванторы существования и всеобщности;

$M(f(t))$ – математическое ожидание функции $f(t)$;

$D(f(t))$ – дисперсия функции $f(t)$;

$\sigma(f(t))$ – среднеквадратичное отклонение функции $f(t)$;

$\max(x, y)$ – максимальное из двух чисел x и y ;

$x^* = \arg \min_{x \in X} f(x)$ – обозначение того, что точка $x^* \in X$ является точкой минимума функции f на множестве X .

1

Наименование: с о/фн ОАО «ОД ЭС» - www.oo-ups.ru

Критерии контроля участия генерирующего оборудования в нормированном первичном регулировании частоты

1. Математические обозначения

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{ном}}^{\text{гидроагрегата}}$ – верхняя граница регулировочного диапазона энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{ном}}^{\text{гидроагрегата}}$ – нижняя граница регулировочного диапазона энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{пл}}(t)$ – плановая мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{факт}}(t)$ – фактическая активная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $\Delta f_p(t)$ – расчетное отклонение частоты;
 $P_{\text{треб}}(t)$ – требуемая первичная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $P_{\text{факт}}(t)$ – фактическая первичная мощность энергоблока (гидроагрегата);
 $(P_{\text{треб}}(t) = P_{\text{ном}}(t) - P_{\text{пл}}(t))$;

$\mathbf{x}$ или $\mathbf{Y}$ (написание полужирным шрифтом) – массив, состоящий из нескольких элементов: $\mathbf{x} = \{x_i, i = 1..N\}$, $\mathbf{Y} = \{Y_j, j = 1..M\}$ (здесь, i, j – индекс элементов массивов, N, M – количество элементов массивов);

$\text{sgn}(x)$ – функция сингум x : $\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x = 0 \\ -1, x < 0 \end{cases}$

$\equiv$ – знак тождественности;

$|x|$ – модуль числа x ;

$[x]$ – наибольшее целое, меньше или равное x ;

$f(t)$ – обработанная фильтром низких частот функция $f(t)$;

t_x – момент нарушения;

t_{x1}, t_{x2} – границы временного интервала, на котором происходит нарушение;

R – множество действительных (вещественных) чисел;

R^+ – множество положительных действительных (вещественных) чисел;

$\in$ – принадлежность к множеству;

$\exists, \forall$ – кванторы существования и всеобщности;

$M(f(t))$ – математическое ожидание функции $f(t)$;

$D(f(t))$ – дисперсия функции $f(t)$;

$\sigma(f(t))$ – среднеквадратичное отклонение функции $f(t)$;

$\max(x, y)$ – максимальное из двух чисел x и y ;

$x^* = \arg \min_{x \in X} f(x)$ – обозначение того, что точка $x^* \in X$ является точкой минимума функции f на множестве X .

1

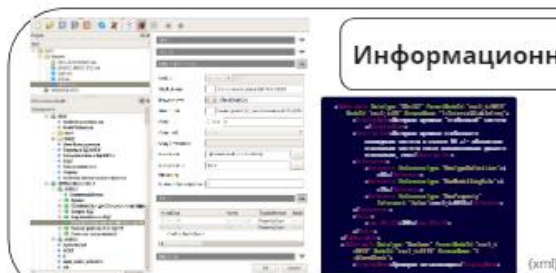
Наименование: с о/фн ОАО «ОД ЭС» - www.oo-ups.ru

Набор электронных документов

ЦД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ



Информационная модель



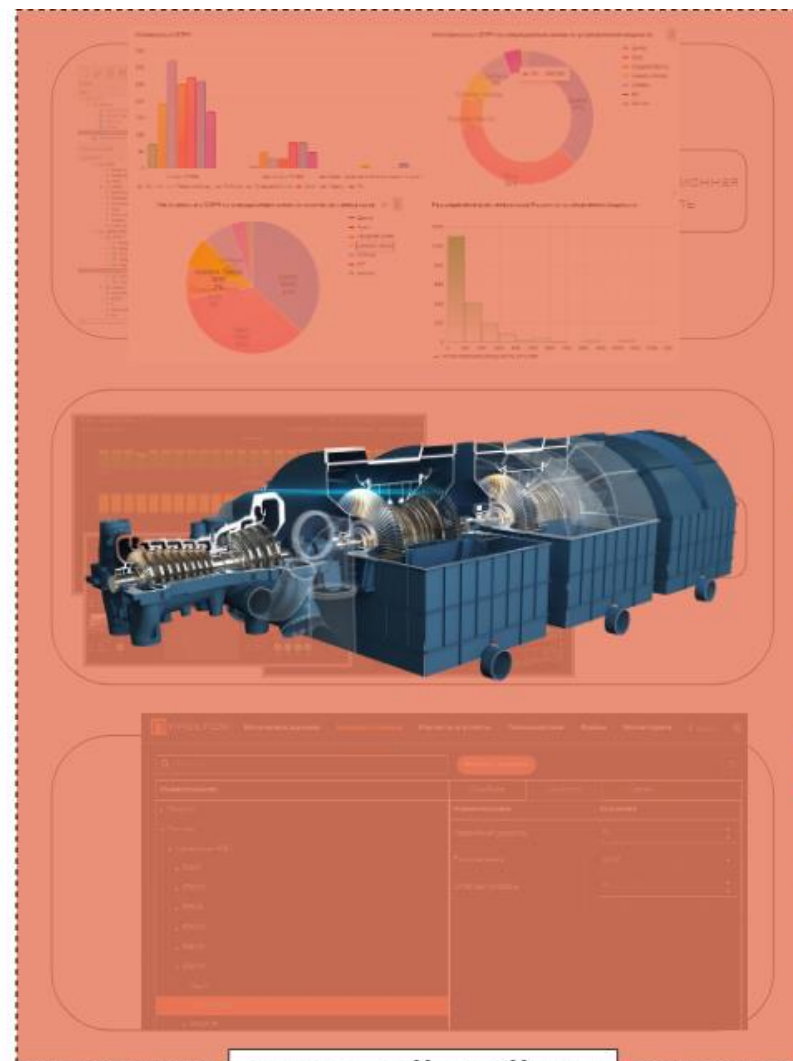
Компьютерные модели



Набор
электронных
документов



Цифровая модель



Цифровой двойник

Двусторонние
информационные
связи

Данные

Информация

Реальный объект/процесс



- Попытки различных производителей ИТ-систем защищать свои решения и свои ниши в генкомпаниях от конкурентов.
- Присутствие целого ряда цифровых систем, которые сложно интегрировать в единое пространство, т.к. каждая из них имеет собственную информационную модель, свои правила обращения к данным.
- Невозможность переиспользовать данные, накапливаемые в различных системах, работать с ними более открыто.

Пора покупать новый монитор? 😊



Информационная модель, как сердце ЦД, решает проблему закрытости технологических управляющих и информационных систем (ОТ)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ «ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ»

- Настоящий стандарт определяет общие положения разработки и применения цифровых двойников электростанции на стадии эксплуатации
- Положения настоящего стандарта предназначены, в первую очередь, для применения предприятиями и организациями электроэнергетики в целях обеспечения конкурентоспособности эксплуатируемых электрических станций и повышения их надежности.
- Входит в список работ над стандартами ТК 016 на 2024-2025г



Понимать. Предвидеть. Улучшать

ПЛАТФОРМА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

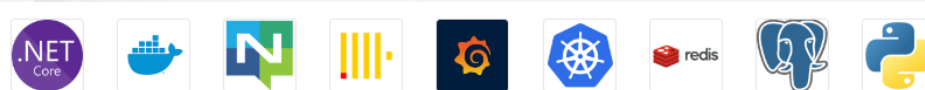
ПЛАТФОРМА ЦД ПРОСТОР



- ✓ Платформа разрабатывается в нашей компании с 2019 г.
- ✓ Нет зависимости от зарубежных разработчиков софта, все исходники в локальных репозиториях, не используются облачные сервисы
- ✓ Готовы быстро отгрузать ПО
- ✓ Продукты на платформе и сама платформа зарегистрированы в реестре Минцифры отечественного ПО



Стек технологий:



ЭКОСИСТЕМА ПЛАТФОРМЫ ПРОСТОР

Информация для
принятия решений

Потребители
ИТ-сервисов

Разработчики
ИТ-сервисов

ИТ-сервис

ИТ-сервис

ИТ-сервис

Оператор
платформы

Поставщики
информации

Разработчик(и)
платформы

Примеры
ИТ-сервисов

Расчеты ТЭП

Оптимизация
распределения мощности

Анализ участия в РСУ

ЦД конденсатора

ЦД котла

Расчеты ИТС

КОРОТКИЙ ПУТЬ ОТ ПРОТОТИПА/МВР ДО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕШЕНИЯ



Промышленное решение для сбора и агрегации данных по настраиваемым циклам и алгоритмам



Разворачивание ит-сервисов из модели



Распределенная аппаратная архитектура, позволяющая собирать и агрегировать данные с уровня станции до уровня ген.Компании



Веб-интерфейсы ПО для браузера, как на арм, так и на мобильных устройствах, если они подключены к той же сети, что и сервер простор

ПРИМЕНЕНИЕ ПО ПРОСТОР



Многоуровневая система мониторинга технологических данных: сбор, отображение данных технологического сегмента сети, передача и аналитика данных на уровень корпоративного сегмента сети с решением вопросов по информационной безопасности



Аналитическая платформа: анализ и оптимизация режимов, онлайн агрегация параметров, контроль эффективности работы предприятия на уровне руководства, инструменты аналитики и визуализации (альтернатива MS PowerBI)



ПРОСТОР

Открытая платформа для мониторинга и аналитики технологических
данных индустрии 4.0

+7 (499) 678-02-34
mail@prostorlab.com

prostorlab.com