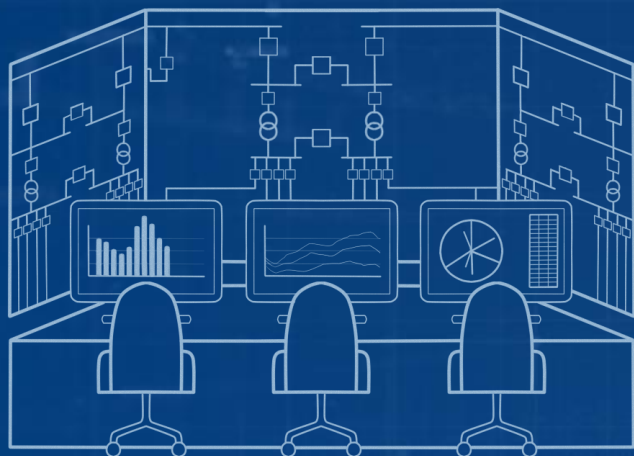




# Цифровое управление строительством АЭС



**Бондаренко Олег**

*Руководитель Цифровой лаборатории АО АСЭ*

*30.05.2024 CNews Conferences Строительные технологии будущего*



Основан в 1951 г. в России

Мировой лидер атомного инжиниринга.

Удерживает 30% мирового рынка сооружения АЭС большой мощности.

Работает в Европе, Северной Африке, Азиатско-Тихоокеанском регионе и на Ближнем Востоке.

Зарубежные проекты составляют порядка 80% портфеля.

32 Энергоблока АЭС\*  
14 Стран  
35 000 Сотрудников

**Основной бизнес:**



Проектирование АЭС большой мощности



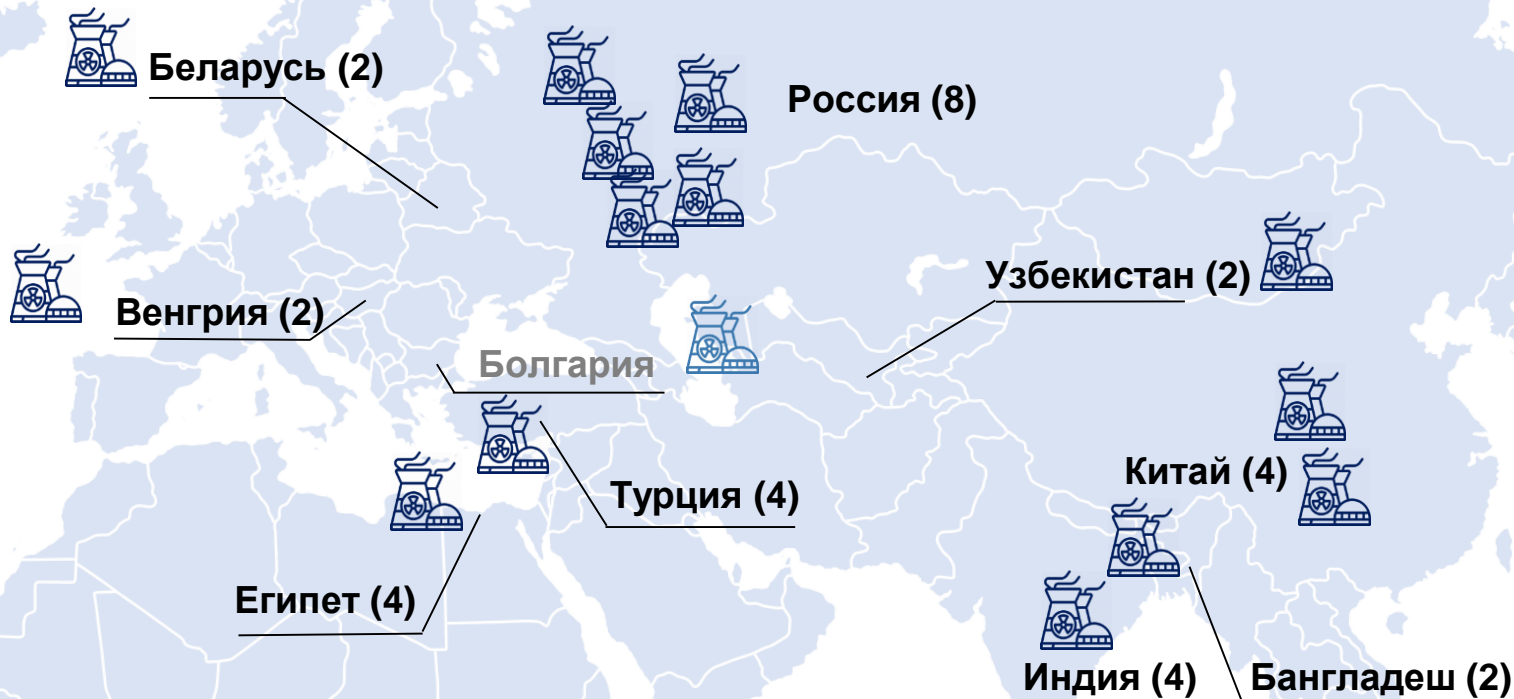
Строительство АЭС большой мощности по модели EPC, EPC(M)



Multi-D платформа для поддержки процесса управления крупными инжиниринговыми проектами

\* 6 EPC контрактов (16 блоков), 2 EP контракта (8 блоков), 2 E контракта (4 блока), BOO – 1 контракт (4 блока)

# › Более 60 лет опыта в сооружении АЭС



2024



2010

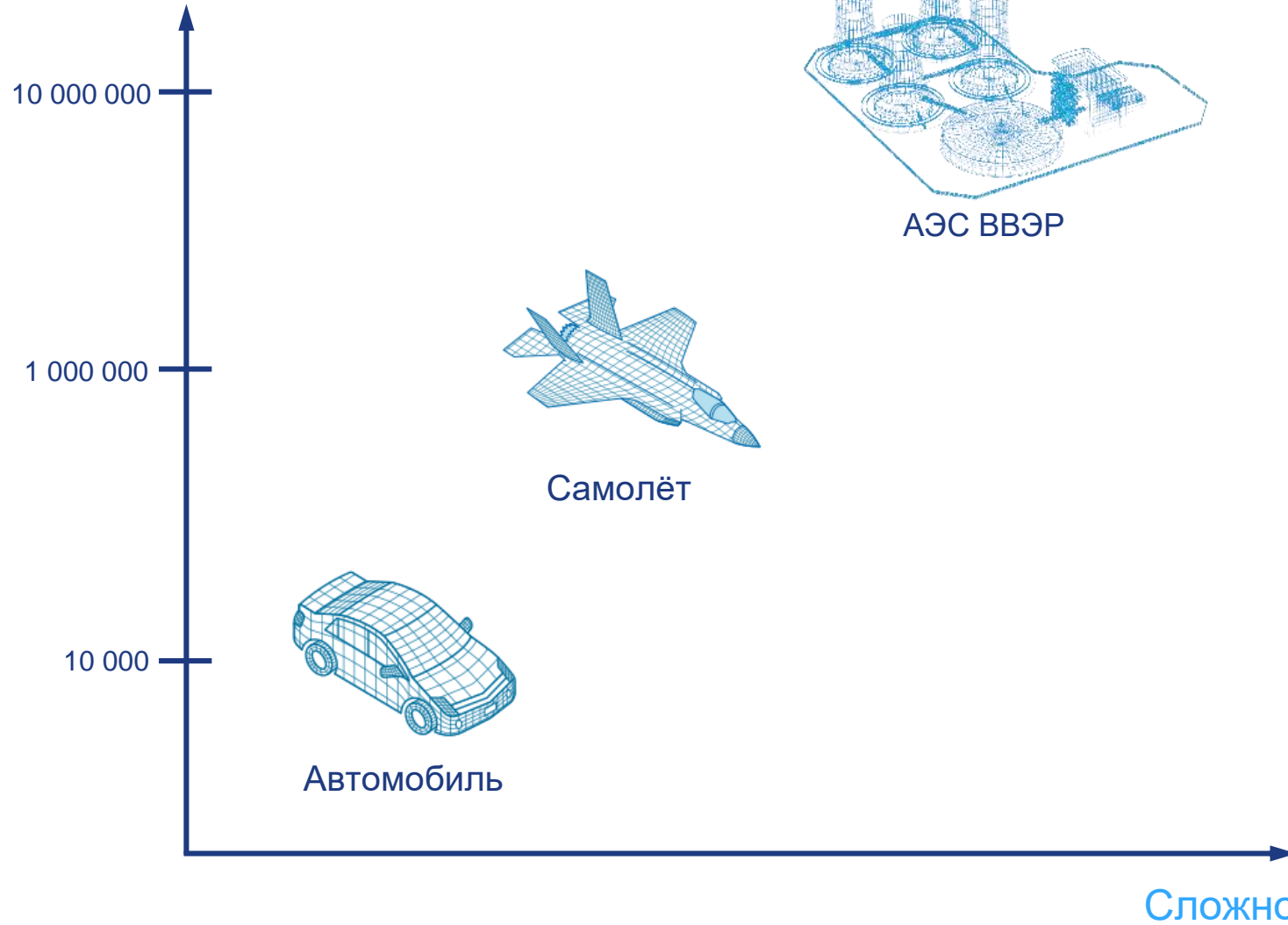


1998

\* 6 EPC контрактов (16 блоков), 2 EP контракта (8 блоков), 2 E контракта (4 блока), BOO – 1 контракт (4 блока)

## > Сложность проектов

Количество элементов



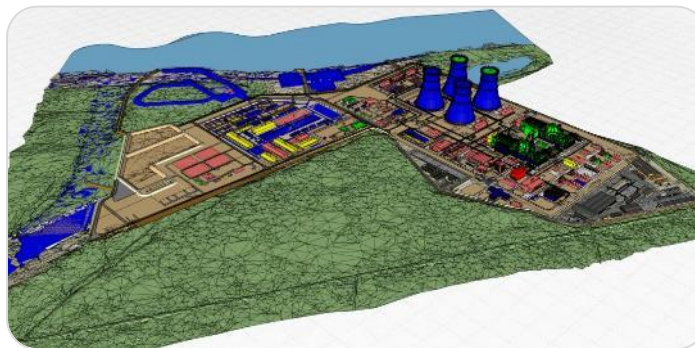
Одинаковые ограничения но разная сложность

→ Цена = 5 миллиардов \$

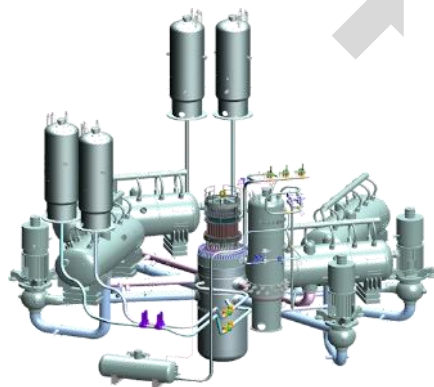
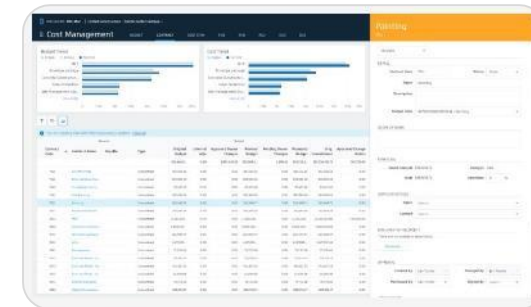
→ Время = 5 лет



Здания & ГИС



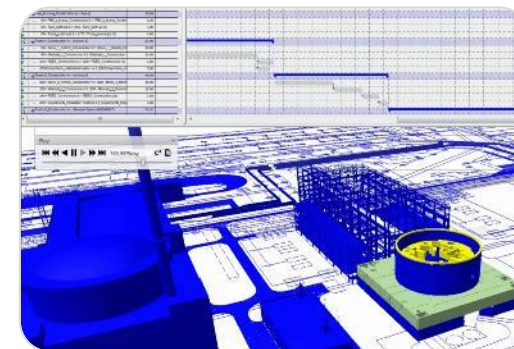
Унифицированная Multi-D модель АЭС



Системы



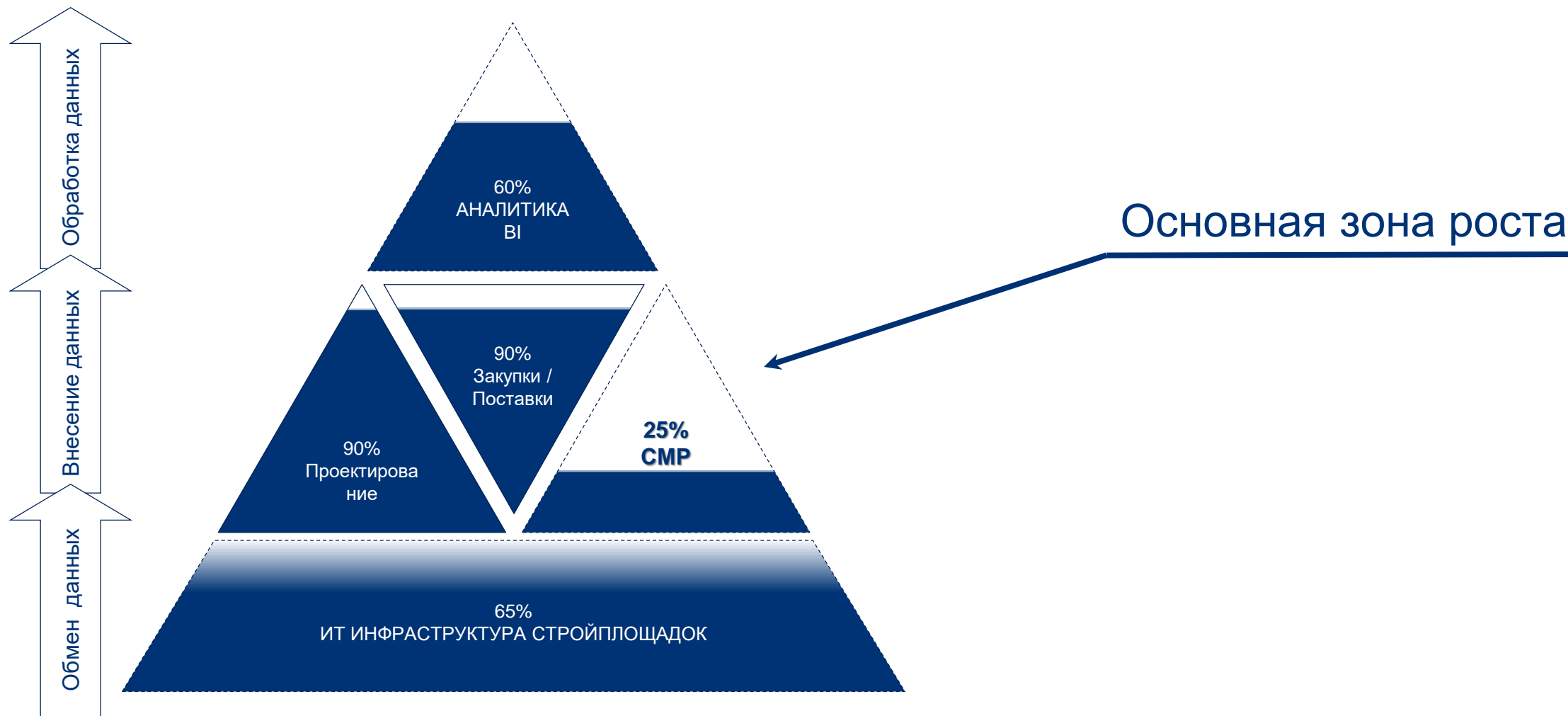
Оборудование



Графики

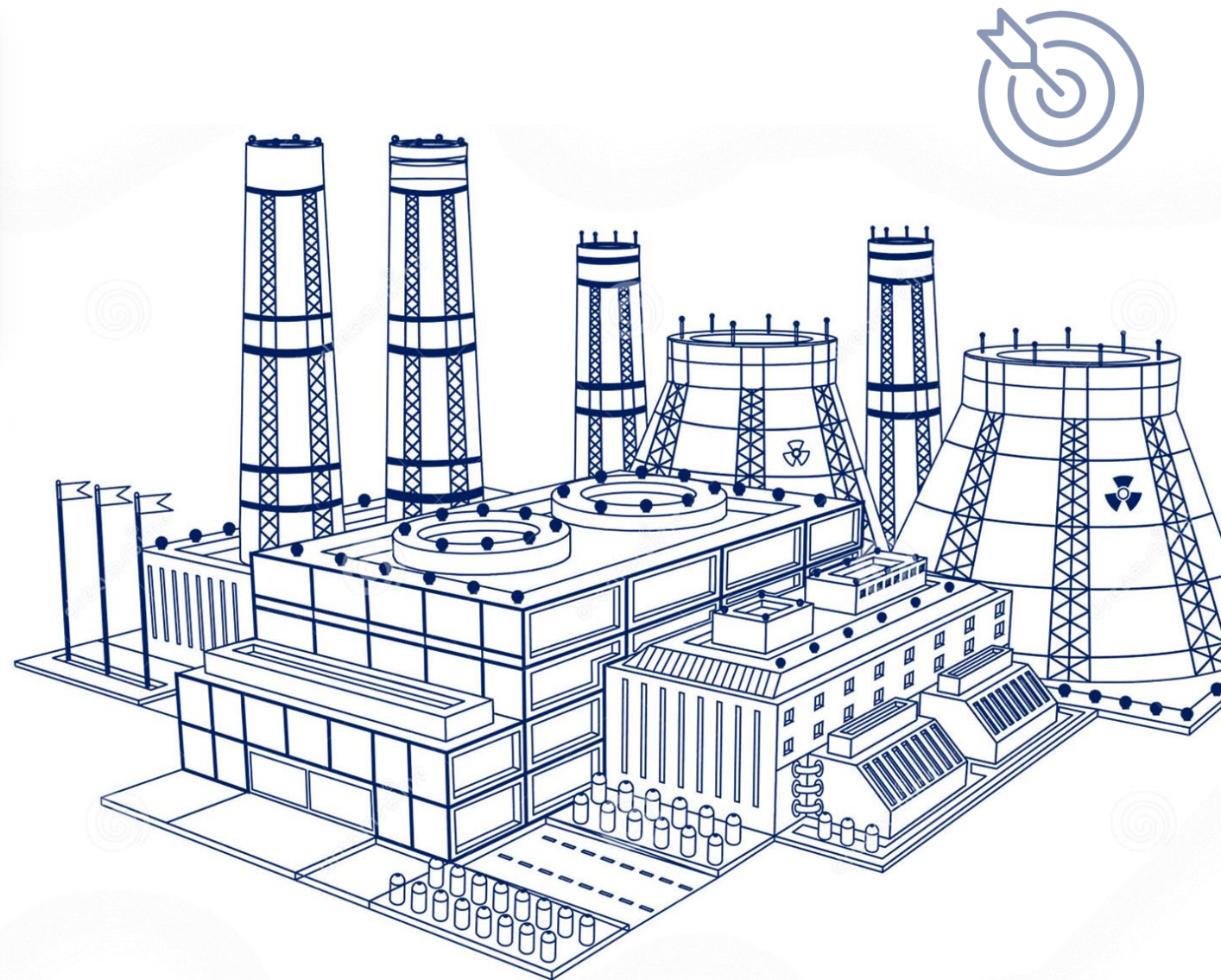






# Сбор, обработка и интерпретация данных без участия человека

Построить цифровую тень  
строительной площадки  
АЭС





## > Как осуществляется диспетчеризация и управление строительством



- Получение данных посредством сотовой связи (моб. телефон / СМС / мессенджер) или рации
- Консолидация данных в ежедневный рапорт в виде сводной Excel-таблицы
- СКУД – контроль персонала и а/т осуществляется в ИС Росгвардии (у АЭС доступа нет)
- Осуществляется частичный локальный мониторинг а/т по открытым сетям
- Ввод данных в информационные и учетные системы вручную
- Видеонаблюдение низкого качества, обзорное, малое количество зон контроля, без аналитики



### Используемые технологии:

- Локальное видеонаблюдение без видеоаналитики
- Мобильная связь по открытым каналам сотовой связи
- Управление кранами по рации
- RFID – для СКУД

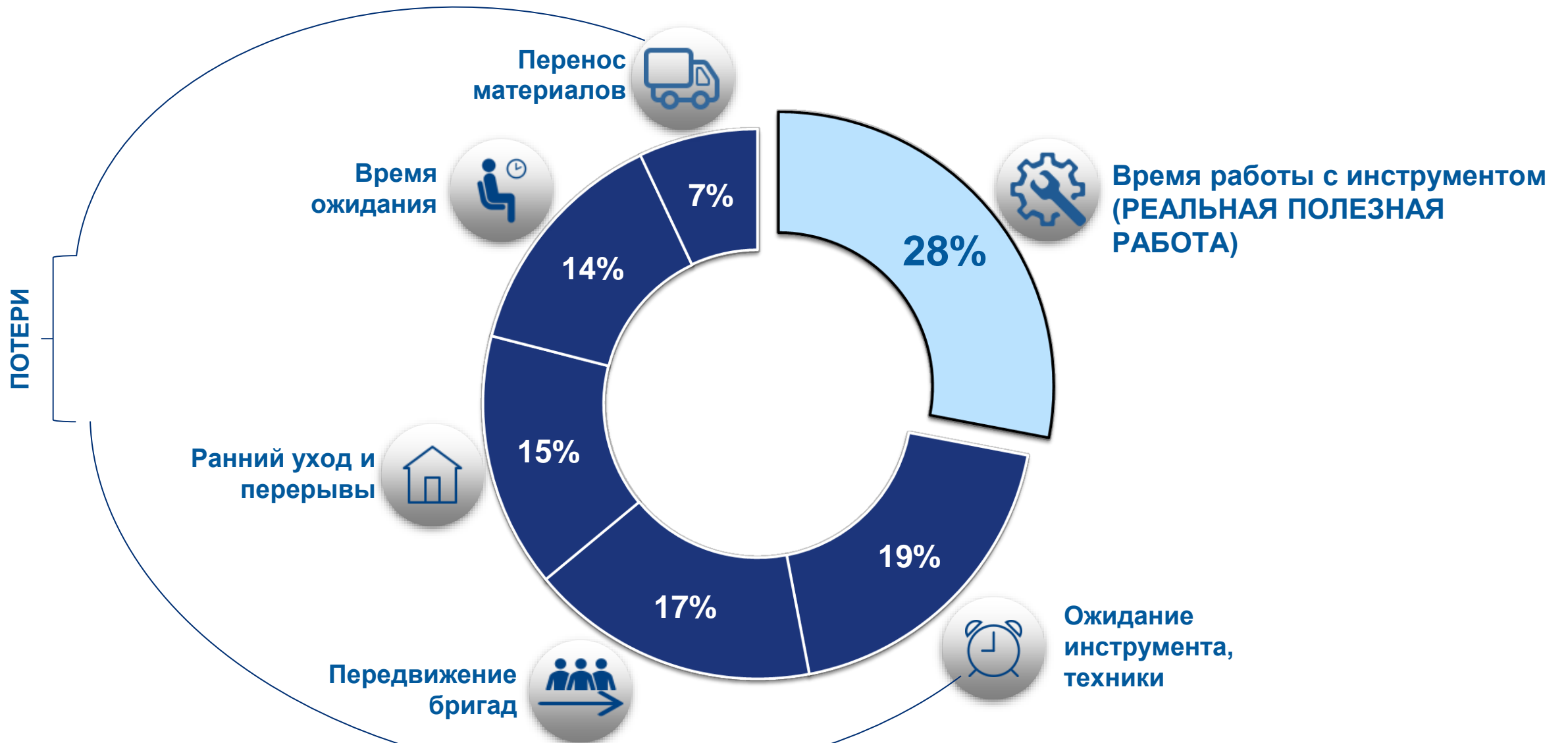
### Безопасность:

- На площадке в специализированных местах указаны телефоны для экстренной связи без наличия стационарных средств связи





### Люди:

- 4 диспетчера 24/7

## > Распределение времени рабочих в строительстве



# Протестированные ТЕХНОЛОГИИ В 2021 году

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Технология</p>	<h2>Private LTE* Outdoor</h2> <p>Для транспорта данных всех цифровых сервисов</p> 	<h2>Мобильные устройства для сбора факта СМР на площадке</h2> 	<h2>IIoT** для средств механизации и автопарка</h2> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Объекты</p>	 <p>Покрытие частной беспроводной сетью территории в радиусе 1 км<sup>2</sup> на площадке сооружения АЭС в зоне UJA, UKC, UMA</p>	 <p>Корпоративные ИТ ресурсы, продукты Multi-D и сервисы связи на площадке сооружения АЭС в зоне UJA, UKC, UMA</p>	 <p>Самосвалы АО АСЭ с ГЛОНАСС модулями, подключением к CAN шине и датчиком уровня топлива</p>
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Применение на проекте</p>	 <p>Обеспечение транспорта данных для всех цифровых сервисов применяемых на площадке сооружения АЭС (текущих и перспективных)</p>  <p>Создание защищенного сегмента корпоративной сети</p>	 <p>Геопозиционирование персонала, обеспечение транкинговой связи и корпоративных сервисов связи (ВКС, Skype, ЕОСДО и пр.)</p>  <p>Внесение факта выполнения СМР и доступ к проектным данным (продукты Multi-D)</p>	 <p>Мониторинг маршрутов движения и режимов работы автотранспорта</p>  <p>Метрологический контроль расхода топлива</p>

\* Private LTE (частная корпоративная сеть сотовой связи)

\*\* Industrial Internet of Things (промышленный интернет вещей)



## ВЫПОЛНЕНО:

1. Подготовка площадки базирования для мобильной базовой станции рLTE (модульное здание).
2. Установка и монтаж оборудования базовой станции рLTE.
3. Проведен радиочастотный анализ покрытия площадки сооружения рLTE.
4. Проведены натурные испытания различных цифровых сервисов на площадке сооружения с использованием сети рLTE.

В результате обеспечено стабильное покрытие частной беспроводной сетью рLTE всей площадки сооружения в районе зданий УКС, УМА, УJA, Модульного, АБК, КПП 1-5. Обеспечена и протестирована доступность различных цифровых сервисов, таких как МСРТТ\* видео/текстовая/голосовая связь и обмен данными непосредственно на площадке сооружения, включая доступ к корпоративным ресурсам (ЕОСДО, РЕКОРД, личный кабинет сотрудника).

*\*МСРТТ (Mission Critical Push To Talk) - связь, от которой зависят жизни людей.*

*Примеры пользователей такой связи: силовые структуры МВД, военные, пожарные, скорая помощь, МЧС.*

# › Тестирование МУ в полевых условиях Outdoor pLTE



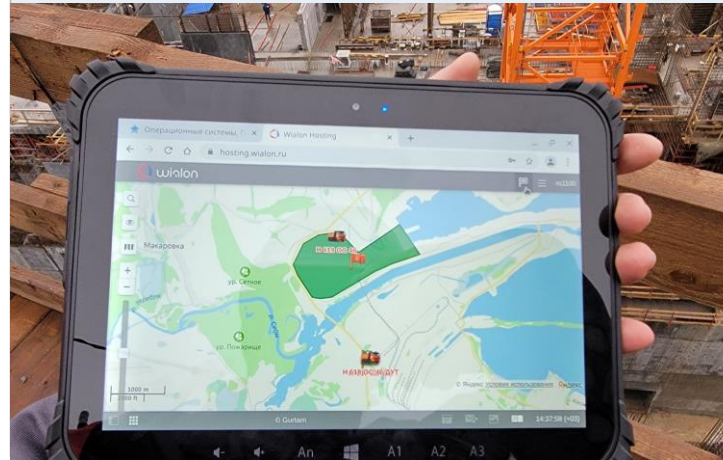
## Устройства формата смартфон и рация



- MCPTT радиосвязь
- Геопозиционирование оператора
- Видеосвязь и ВКС
- Звонки на стационарные рабочие телефоны
- Работа с системами дивизиона
- Работа с мобильными приложениями



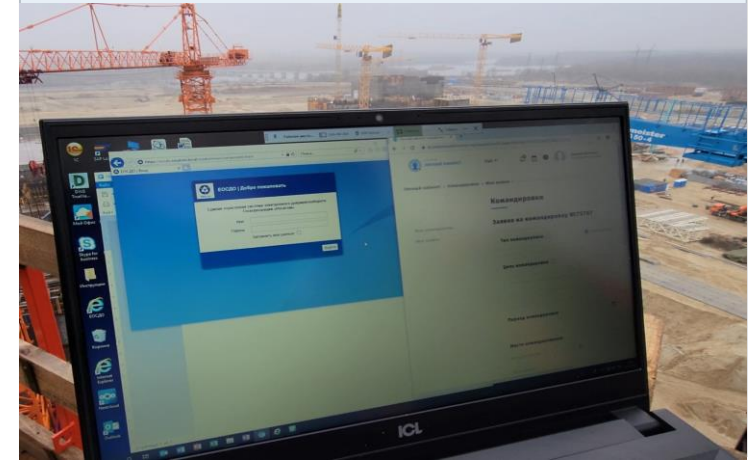
## Устройства формата планшет различных форм-факторов



- Геопозиционирование оператора
- Видеосвязь и ВКС
- Звонки на стационарные рабочие телефоны
- Работа с системами дивизиона
- Работа с мобильными приложениями



## Устройства формата защищенный ноутбук



- Видеосвязь и ВКС
- Звонки на стационарные рабочие телефоны
- Работа с системами Госкорпорации
- Работа с системами дивизиона
- Работа с продуктами Multi-D

# › Протестированные мобильные устройства

## Планшеты



## Смартфоны



## Радиостанции



## 1 Терминал сбора данных



Сбор и передача данных с CAN шины блока управления транспорта.

Модуль поддерживает 2 SIM карты и обеспечил работу как в сегменте рLTE сети так и в общедоступных сетях мобильной сотовой связи. Датчик позволяет точно контролировать позиционирование, пробег и режимы работы транспорта.

## 2 Датчик уровня топлива



Датчик уровня топлива в а/м КАМАЗ, сертифицированный как средство метрологии, погрешность измерений – 7%.

Датчик подключен к терминалу сбора данных, что позволяет контролировать расход топлива.

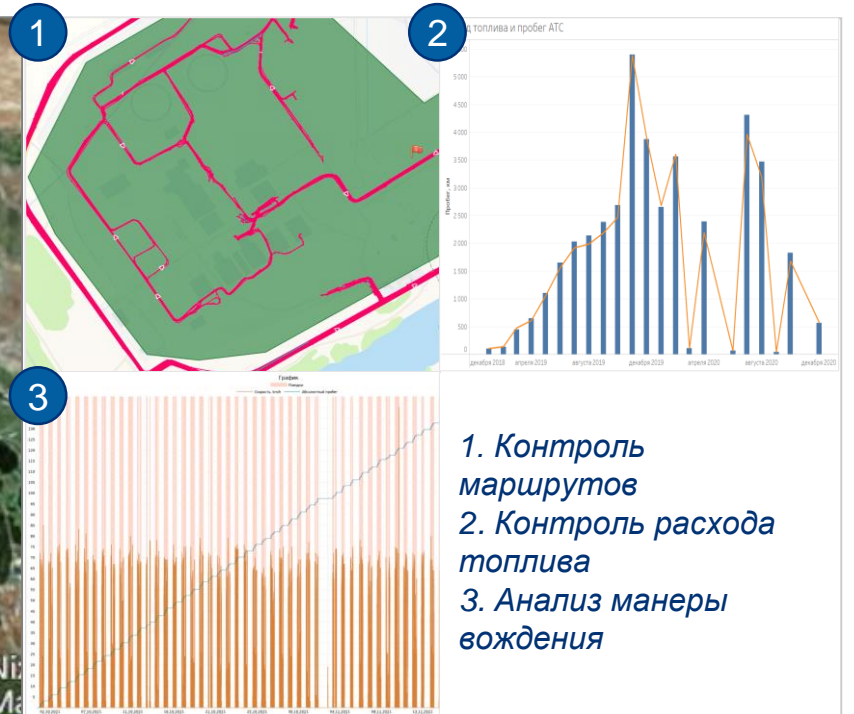
## 3 Датчик подъема кузова



Датчик контроля подъема кузова. Датчик подключен к терминалу сбора данных и обеспечивает мониторинг подъема кузова с фиксацией отчетов с привязкой ко времени и местоположению срабатывания.






# › ИИТ: контроль маршрутов автотранспорта

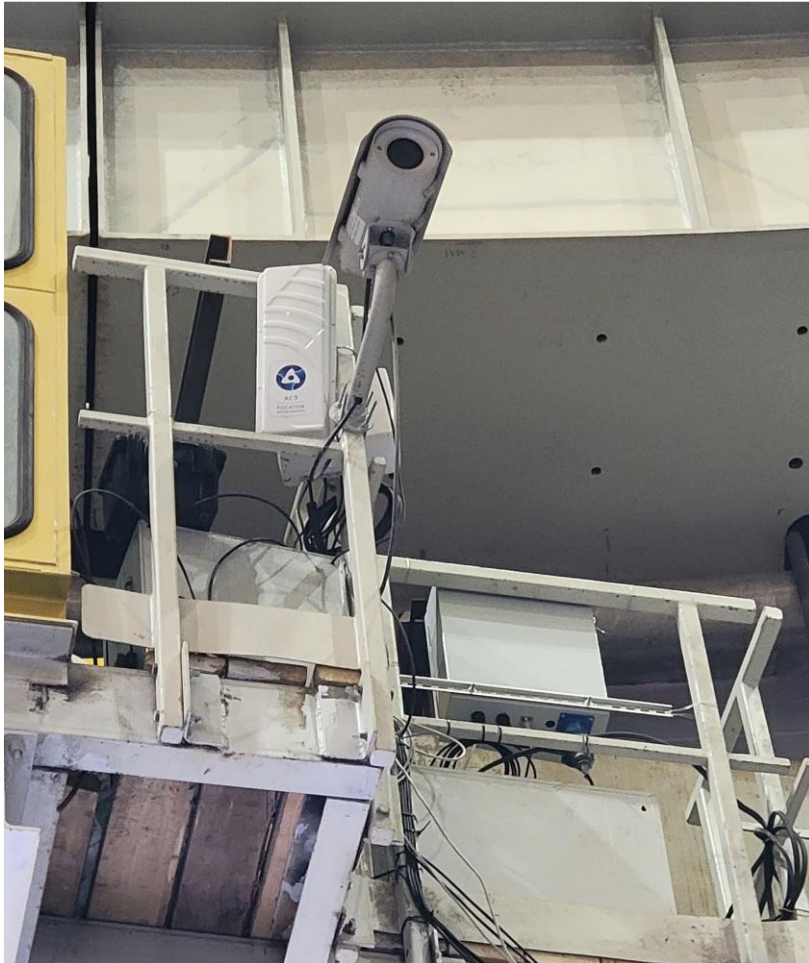


Все а/м подключены к платформе сбора и обработки данных, позволяющей производить мониторинг автотранспорта в режиме реального времени. В рамках пилота совместно с руководством транспортного отдела Филиала были найдены решения по оптимизации маршрутов и режимов работы транспорта. Высказана потребность в формировании центра диспетчеризации на стройплощадке для эффективного управления автотранспортом.

# Протестированные ТЕХНОЛОГИИ В 2022 году

Технология	<h2>Private LTE Indoor</h2> <p>для корпоративной связи и цифровых сервисов</p> 	<h2>Мобильные устройства</h2> <p>для сбора факта СМР и ПНР на площадке</p> 	<h2>Цифровой контроль персонала</h2> 
Объекты	 <p>Покрытие частной беспроводной сетью связи внутри помещения на отметке +26 в здании 10UJA</p>	 <p>Корпоративные ИТ ресурсы и сервисы связи на площадке сооружения АЭС в зоне 10UJA</p>	 <p>КПП, 10UJA (ЗЛА), строительный городок и ЦИАМБ на площадке сооружения Курской АЭС-2</p>
Применение на проекте	 <p>Обеспечение транспорта данных для всех цифровых сервисов применяемых на площадке сооружения АЭС (текущих и перспективных)</p>  <p>Создание защищенного сегмента корпоративной сети</p>	 <p>Геопозиционирование персонала, обеспечение транкинговой связи и корпоративных сервисов связи (ВКС, Skype, ЕОСДО и пр.)</p>  <p>Внесение факта выполнения СМР и ПНР, доступ к сводным проектным данным (продукты Multi-D)</p>	 <p>Биометрическая идентификация</p>  <p>BLE*-идентификация: контроль времени нахождения в рабочих зонах и состояния активности</p>  <p>Мониторинг маршрутов движения и режимов работы</p>  <p>Контроль СИЗ по маркерам</p>

\* Bluetooth с низким энергопотреблением (англ. Bluetooth Low Energy)



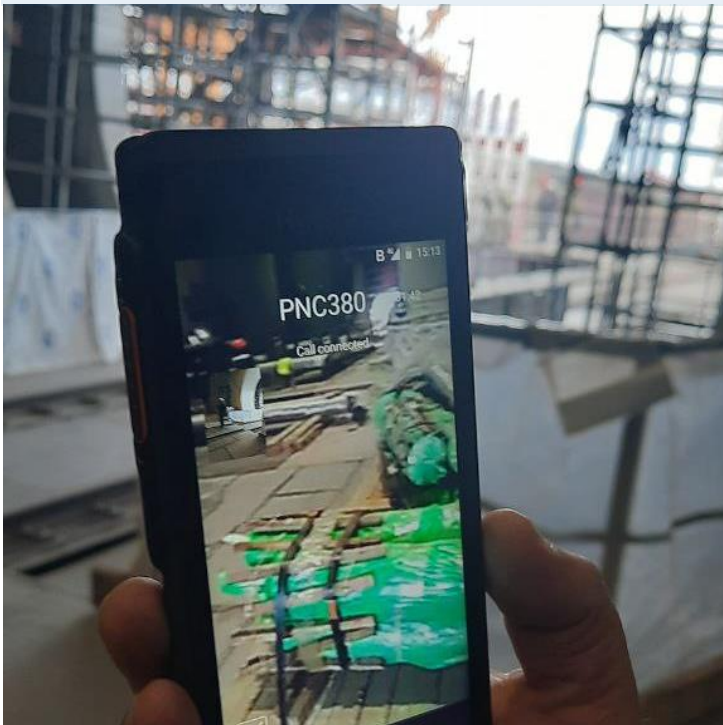
### ВЫПОЛНЕНО:

1. *Разработан прототип фемтосоты*
2. *Развернут тестовый сегмент сети Indoor рLTE*
3. *Протестирована работа абонентского оборудования:*
  - *защищенные планшеты,*
  - *смартфоны,*
  - *рации,*
  - *мобильный защищенный терминал типа «киоск».*

В результате обеспечено стабильное покрытие частной беспроводной сетью рLTE всего помещения на отметке +26 внутри здания 10УА. Обеспечена и протестирована доступность различных цифровых сервисов, таких как МСРТТ, видео/текстовая/голосовая связь и обмен данными внутри здания и на площадке сооружения, включая доступ к корпоративным ресурсам, в том числе – организован доступ с мобильного терминала к информационным системам АСЭ (тестовый контур). Разработан и протестирован прототип программного модуля «Электронный журнал готовности электроприводной арматуры (ЭПА)».



## Устройства формата смартфон



- MCPTT радиосвязь
- Геопозиционирование оператора
- Видеосвязь и ВКС
- Звонки на стационарные рабочие телефоны
- Работа с системами дивизиона
- Работа с мобильными приложениями



## Устройства формата рация



- Геопозиционирование оператора
- Видеосвязь и ВКС
- Звонки на стационарные рабочие телефоны
- Работа с системами дивизиона
- Работа с мобильными приложениями



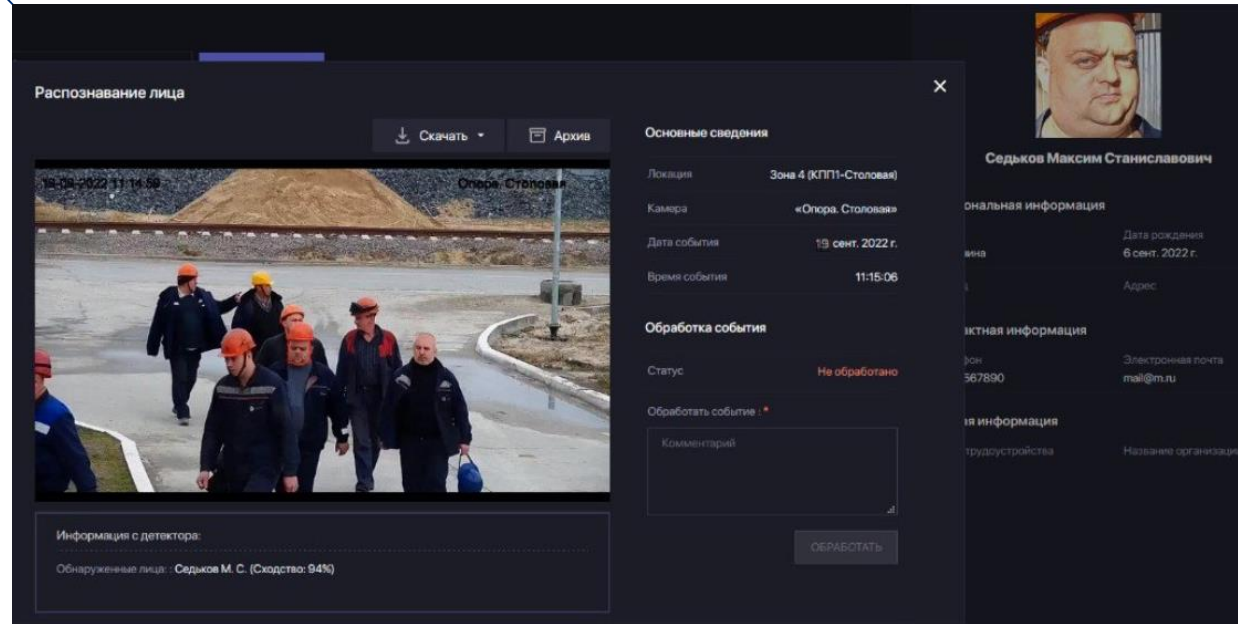
## Устройства формата защищенный терминал



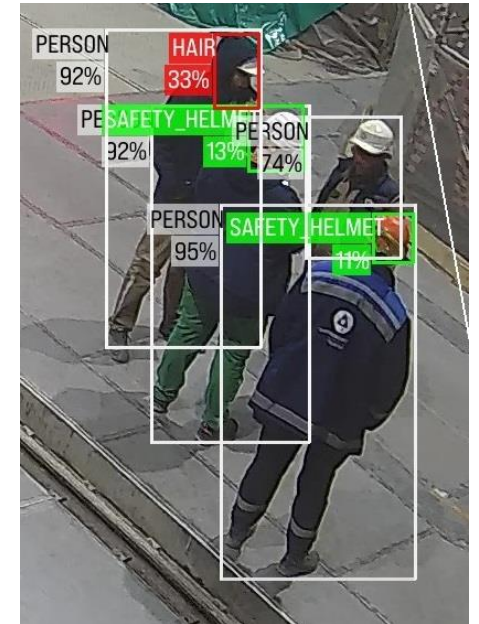
- Работа с системами Концерна РЭА
- Работа с системами дивизиона АСЭ
- Заполнение электронного журнала ЭПА



## Биометрическая идентификация персонала по лицу



## Контроль СИЗ



В **результате** – реализована идентификация персонала по биометрическим параметрам (лицо) для мониторинга перемещения в зоне производства строительных работ, а также обеспечен контроль средств индивидуальной защиты (СИЗ)

# > Мониторинг персонала на площадке



## Биометрическая идентификация



- Распознавание по лицу
- Сопоставление с данными СКУД
- Корректировка ТУРВ



## Контроль СИЗ с идентификацией



- Распознавание наличия/отсутствия СИЗ
- Формирование сигнала о нарушении
- Использование цифровых маркеров для идентификации нарушителя

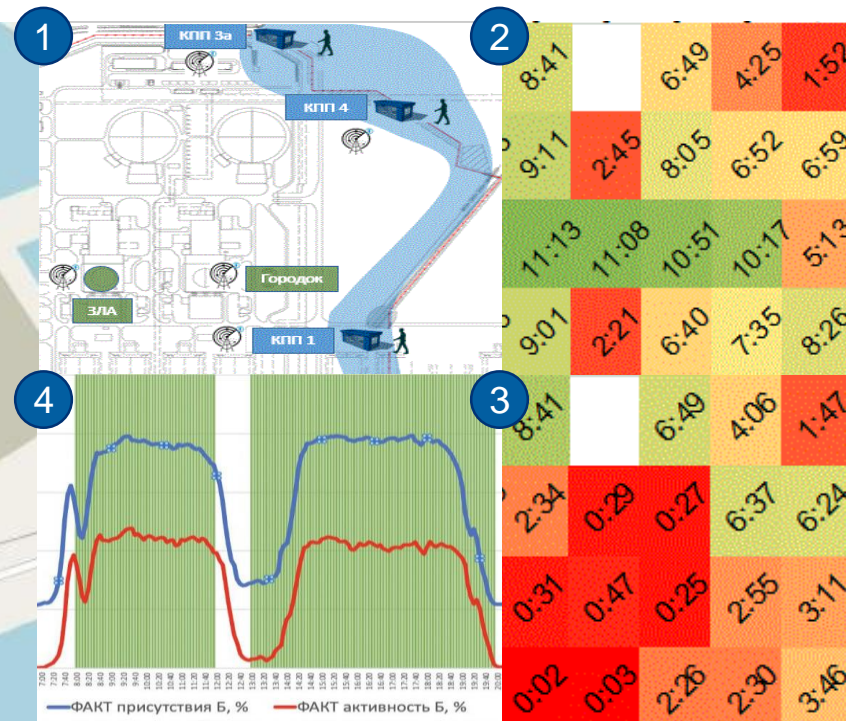
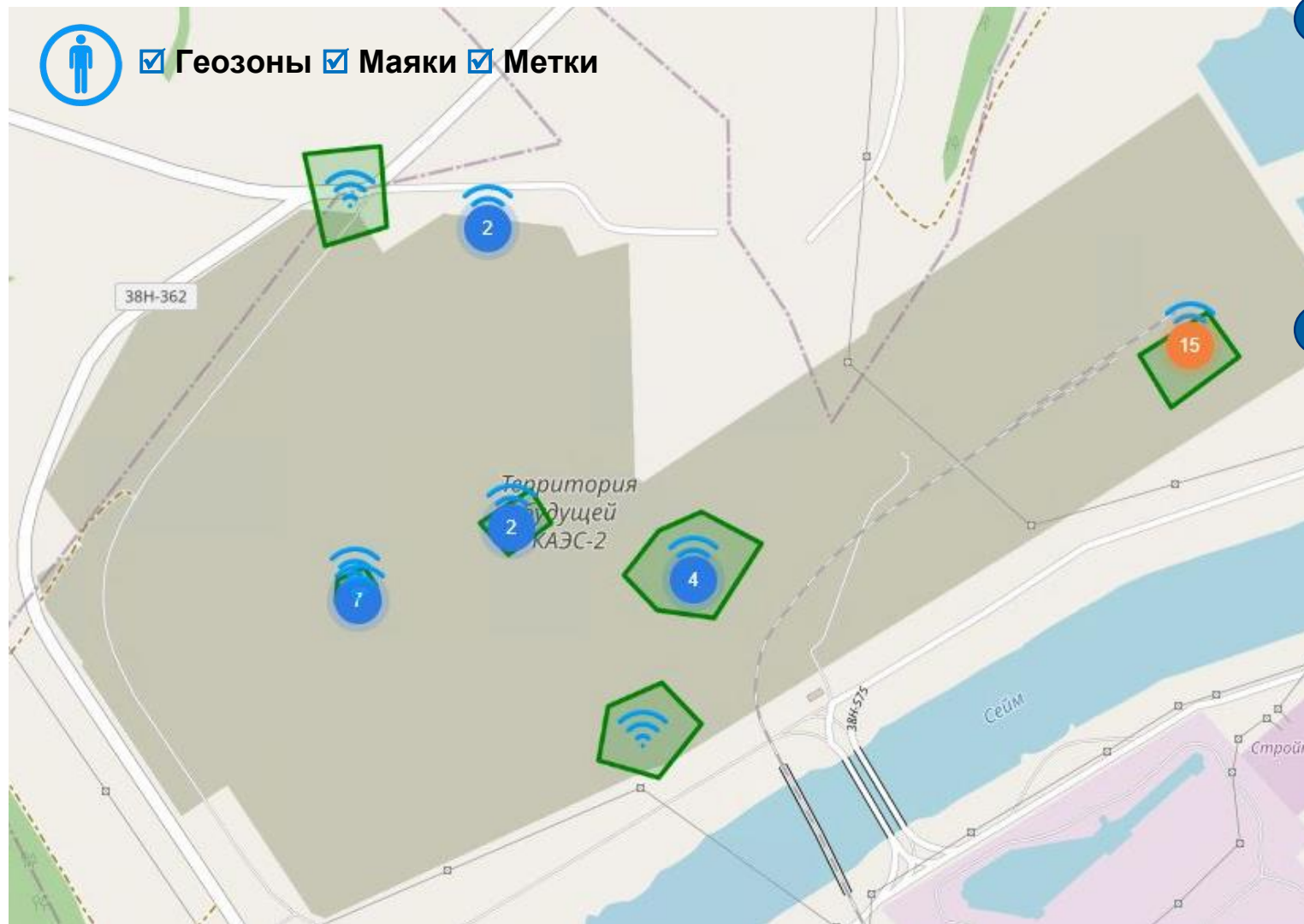


## Видеоаналитика



- Подсчет людей
- Мониторинг активности и бездействия
- Контроль скопления людей
- Распознавания разговора по телефону
- Распознавание курения

# › BLE-идентификация строительного персонала

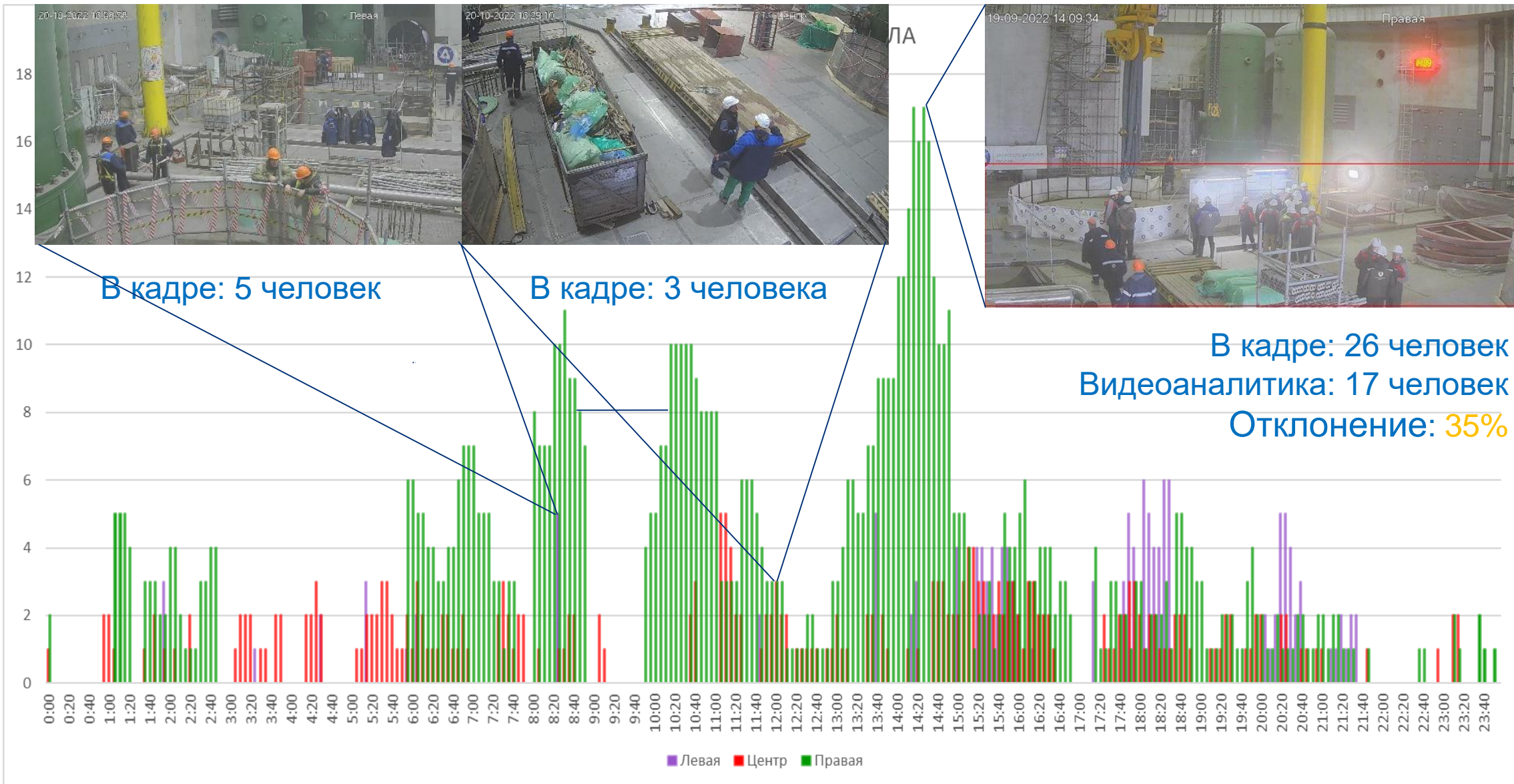


1. Контроль маршрутов от КПП до места проведения работ
2. Тепловая карта рабочего времени
3. Тепловая карта активности\*
4. План-факт в зоне проведения работ и состояния активности персонала

\* По данным акселерометра BLE-метки



# › Контроль скопления персонала и активности работ



# Электронный журнал готовности электроприводной арматуры (ЭПА)

## 252 системы ЭПА

### Системы

Поиск (Ctrl+F)

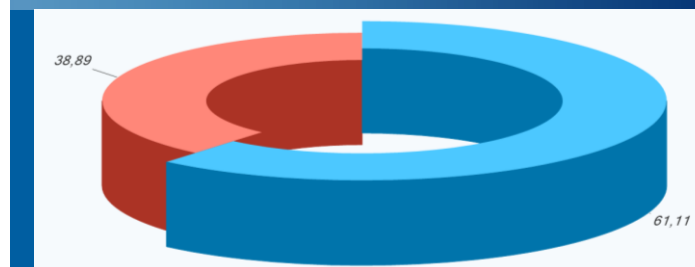
Еще ▾

Наименование	Код KKS
10JNG50	10JNG50
10КАА	10КАА
10КВА	10КВА
10КВВ	10КВВ
10КВС	10КВС
10КВС10	10КВС10
10КВС40	10КВС40

- Отказ от бумажного ввода данных
- Повышение производительности труда
- Оптимизация процесса отражения этапов готовности
- Отслеживание хода выполнения работ
- Оперативное получение аналитических данных

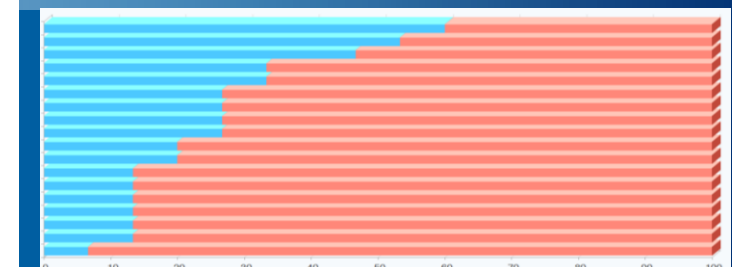
## 12500 единиц арматуры

Наименование	Помеще...	Система
10FAK51AA001 - Задвижка клинов...	10УJA10...	10FAK50
10FAK51AA001 - Задвижка клинов...		













## 18 этапов работ

Цех владелец	Этап	Выполнено, %
РЦ	Проверка цех владелец	94%
РЦ	Кабель проброшен и расключен. (контрол...	50%
РЦ	Проверка ЦТАИ АЭС	100%
РЦ	Силовой и контрольный кабели ...	28%
РЦ	Прокрутка с ПУМа	61%
РЦ	Прокрутка от ручного дублера	17%



# Протестированные и внедренные ТЕХНОЛОГИИ в 2023 году

# › Интерактивный сбор данных в режиме реального времени об этапах строительства и ПНР

Технология	<h2>Электронный журнал ПНР*</h2> 	<h2>Цифровая радиография сварных соединений</h2> 	<h2>Применение ИИ для анализа расхода топлива</h2> 
Объекты	 <p>Здания и сооружения строящейся АЭС на этапе монтажа и пуско-наладки оборудования</p>	 <p>Наиболее ответственные стыки главного циркуляционного трубопровода (ГЦН) на Белорусской АЭС и Курской АЭС-2</p>	 <p>Вся площадка строительства АЭС и прилегающие территории строительной-монтажной базы (СМБ)</p>
Применение на проекте	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Электроприводная арматура</li><li>• Измерительные каналы</li><li>• Вращающиеся механизмы</li><li>• Кабельная продукция</li><li>• Тепломонтажные работы</li></ul>	 <p>Рентгенографический контроль: получение цифрового радиографического снимка сразу</p>  <p>Расшифровка снимка: обнаружение дефектов с помощью искусственного интеллекта</p>	 <p>Более 120 автомобилей автотранспортного предприятия АО «НИКИМТ Атомстрой»</p>  <p>Мониторинг маршрутов движения и режимов работы</p>  <p>Использование ИИ при анализе сливов топлива</p>

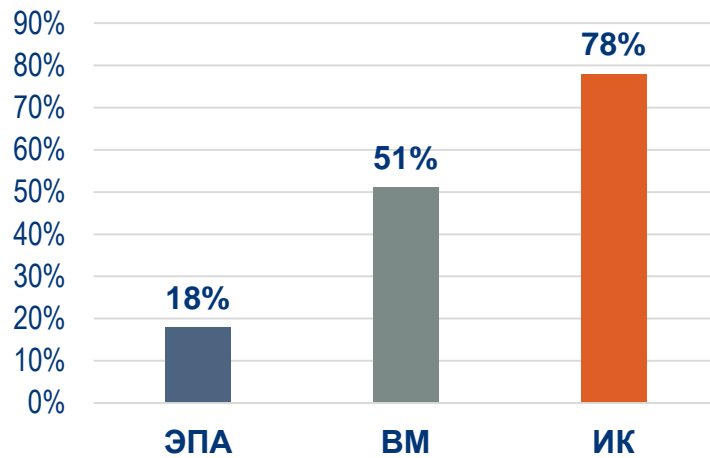
\* Реализация Приказа Минстроя России от 02.12.2022 N 1026/пр "Об утверждении формы и порядка ведения общего журнала..." в электронном виде без дублирования на бумажном носителе.

# > Электронный журнал пусконаладочных работ



## Электронные журналы ПНР

Заполнено, %

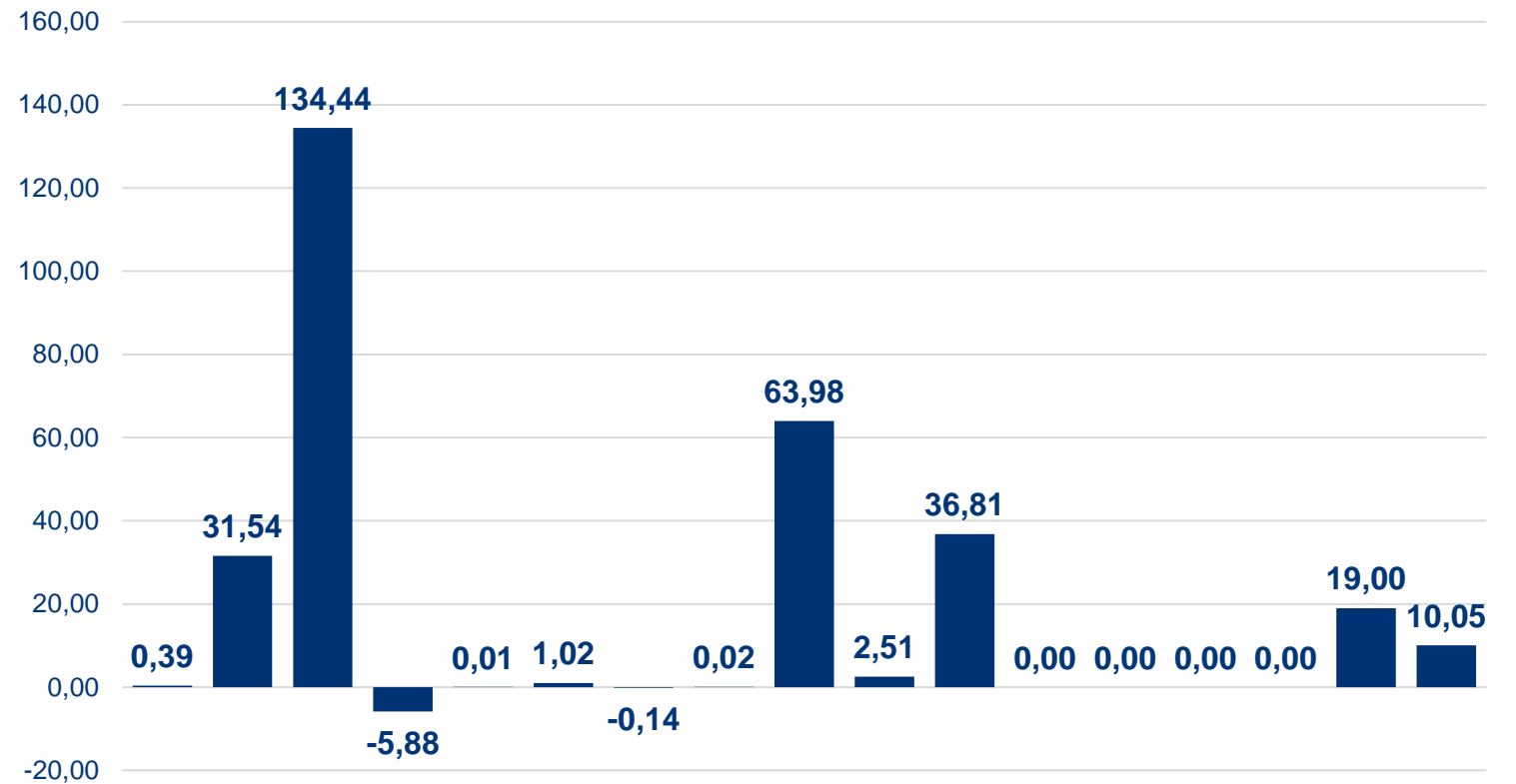


- Оборудовано 733 удаленных РМ
- Подключено более 850 пользователей
- Установлено 16 инфо-киосков
- Сокращено в 2 раза время протекания процесса актуализации данных
- Данные доступны онлайн



## Данные по заполнению журнала готовности электроприводной арматуры (ЭПА)

Средняя продолжительность ожидания, дней



# › Беспроводная цифровая радиография при радиографическом контроле (РГК) сварных соединений



## Цифровой радиографический контроль



- Только для наиболее ответственных стыков (ГЦТ)
- Заменит дорогую пленку AGFA NDT
- Контроль кольцевых соединений труб и водоводов  $\varnothing$  20-2200 мм с радиационной толщиной до 100 мм по стали



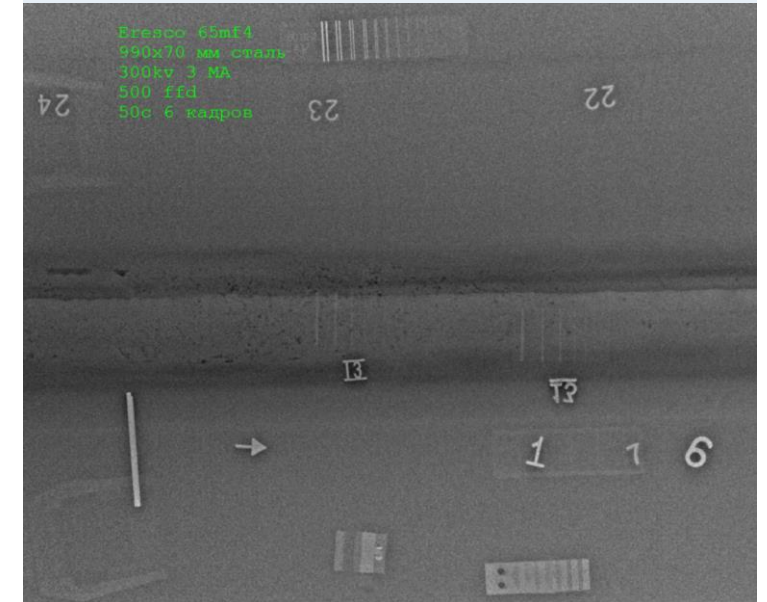
## Рентгеновский источник и цифровой детектор



- Используется источник излучения с изотопами Иридия-192
- Сокращается время на получение снимка
- Снижается риск вреда здоровью и жизни людей
- Увеличение производительности труда



## Цифровой снимок

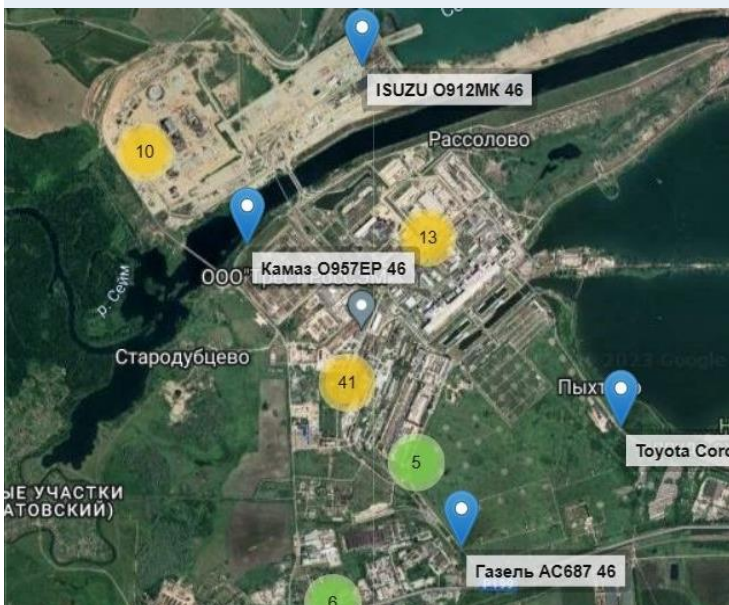


- Цифровой мониторинг выполнения работ
- Цифровой архив снимков
- Цифровой снимок не уступает в качестве рентгенографической пленке
- ИИ для достоверной расшифровки снимков в режиме реального времени
- Цифровой строительный контроль

# Цифровой мониторинг автотранспорта и применение ИИ для анализа расхода топлива



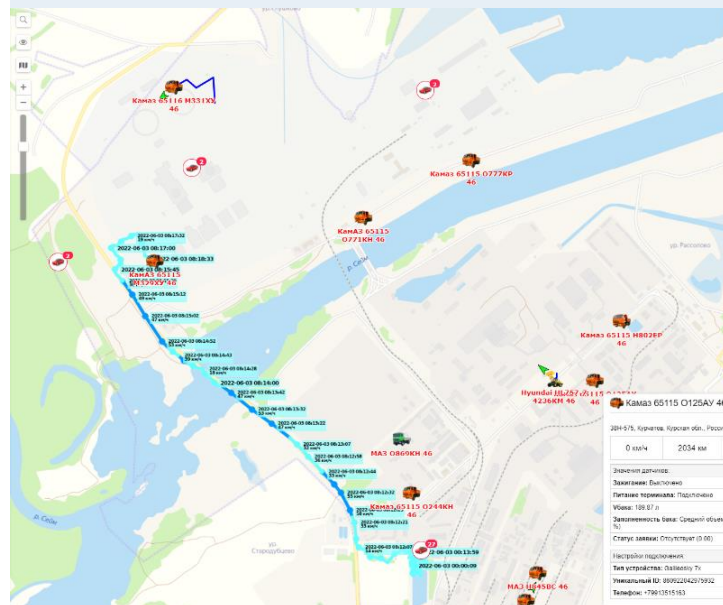
## Мониторинг автотранспорта и контроль технического состояния



- Система спутникового мониторинга
- Контроль маршрутов транспорта по ТТН
- Исключение накрутки пробега ТС
- Снижение расходов на амортизацию ТС в среднем на 25%



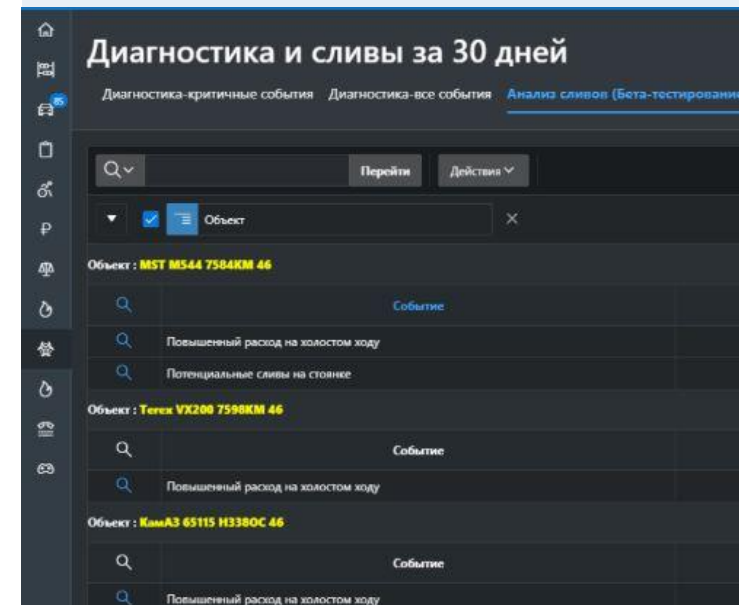
## Детектор потенциальных сливов с использованием ИИ онлайн



- Индикация состояния подключенных датчиков онлайн
- Анализ слива по 7 параметрам
- Точность выявления слива с ИИ в 2 раза выше чем у человека



## Анализ сливов (отклонений повышенного расхода топлива)



- Снижение нагрузки на диспетчеров и персонал СБ на 95%
- Погрешность измерений менее 1%
- Сокращение расходов на ГСМ на 30%
- Исключение сливов топлива

## ➤ Перспективы интеграции цифровых решений и выводы



Все применяемые решения были интегрированы в единую экосистему на базе рLTE, что позволяет спроектировать и создать базовую инфраструктуру системы цифровой диспетчеризации строительства АЭС.

Применение отдельно взятых технологий, как например рLTE не даст сразу прямого эффекта. Совокупность применения различных цифровых технологий необходимо рассматривать как структурное программное решение.

Технология рLTE/5G является базовой инфраструктурой для обеспечения жизнедеятельности любых цифровых сервисов на площадке сооружения, без которой цифровая трансформация процессов управления строительной площадкой невозможна.



## > Как осуществлялась диспетчеризация и управление строительством в 2020 г.



- Получение данных посредством сотовой связи (моб. телефон / СМС / мессенджер) или рации
- Консолидация данных в ежедневный рапорт в виде сводной Excel-таблицы
- СКУД – контроль персонала и а/т осуществляется в ИС Росгвардии (у АЭС доступа нет)
- Осуществляется частичный локальный мониторинг а/т по открытым сетям
- Ввод данных в информационные и учетные системы вручную
- Видеонаблюдение низкого качества, обзорное, малое количество зон контроля, без аналитики



### Используемые технологии:

- Локальное видеонаблюдение без видеоаналитики
- Мобильная связь по открытым каналам сотовой связи
- Управление кранами по рации
- RFID – для СКУД

### Безопасность:

- На площадке в специализированных местах указаны телефоны для экстренной связи без наличия стационарных средств связи

### Люди:

- 4 диспетчера 24/7

## > Будет: ситуационный центр цифровой диспетчеризации строительством АЭС



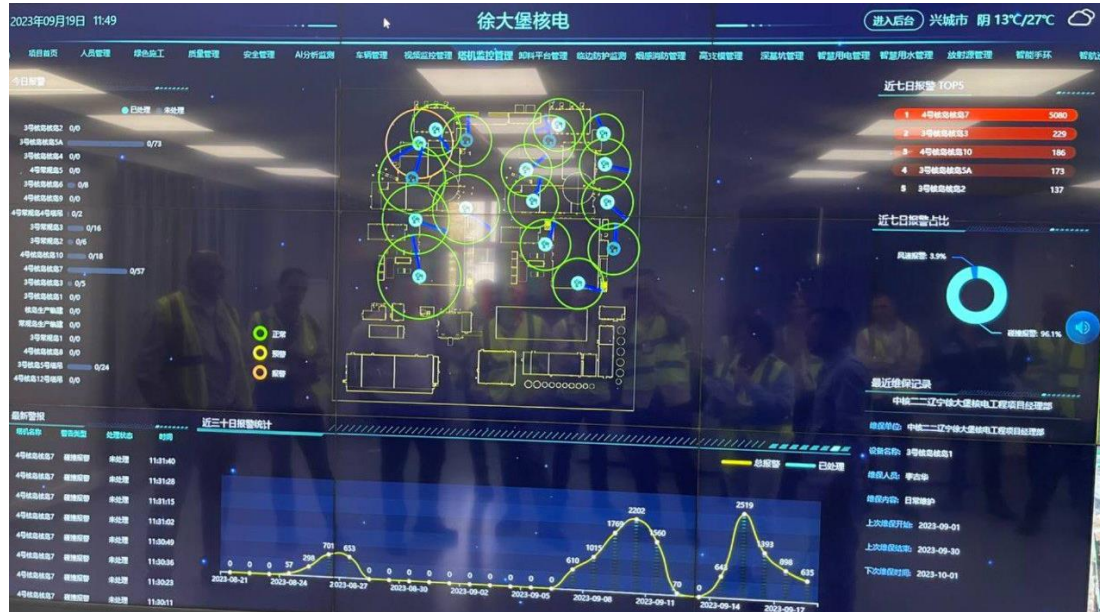
- ✓ Инфраструктура связи, оборудование для мониторинга и датчики
- ✓ Интерактивный сбор данных в режиме реального времени
- ✓ Единая платформа обработки данных, аналитики и принятия решений



### Технологии:

- Private LTE/5G (Outdoor/Indoor)
- Мобильное рабочее место (планшет и/или смартфон) российских производителей
- Биометрическая и BLE-идентификация персонала
- Видеоаналитика и машинное обучение
- Дополненная реальность (AR) и BIM (строительный контроль для предотвращения коллизий)
- IoT для средств механизации
- Анализ данных и мониторинг состояния объекта строительства.
- Моделирование результатов
- Искусственный интеллект для BI

# ► Как должен выглядеть ситуационный центр управления строительством



# › Цифровая лаборатория АО АСЭ



 +7 919 100-56-83

 Ole.Bondarenko@ase-ec.ru

 [www.ase-ec.ru](http://www.ase-ec.ru)

