

Интеграция технологий беспилотной аэросъемки и цифрового моделирования для решения задач мониторинга строительства и эксплуатации электросетевых объектов

«ЭНЕРГОПРОРЫВ»

2023 г.

Решаемые задачи мониторинга

Мониторинг ЛЭП (Электросетевые компании)

Определение потенциально опасных деревьев и оценка объема ДКРЗ и деревьев под расширение и расчистку.

Измерение габарита проводов;

Определение нарушений в охранной зоне;

Оценка состояния опор, включая износ, наклон и т.д.;

Верховой осмотр опор ЛЭП без отключения линии;

Создание электронной карты/ цифрового двойника ЛЭП

Инфраструктура: применение БАС в строительстве и технадзоре

Получение достоверной информации для оперативного управления, контроля за ходом строительства и мониторинга состояния объектов в т.ч.:

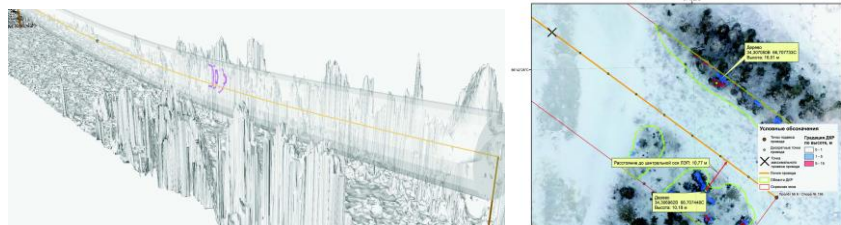
Получение оперативных детализированных данных о ходе выполнения работ на строительных площадках, статусе исполнения плана, мониторинг прогресса по проекту.

Получение визуальных данных, демонстрирующих ход строительства или

Оперативный (аварийный) поиск обрывов ЛЭП.

Главная задача в случаях обрывов – в первую очередь определить место повреждения для скорейшего устранения.

Использование БАС для оперативных (аварийных) поисков обрывов позволяет значительно сократить время поиска для наземных бригад (особенно в труднодоступных районах). Возможность детального просмотра полученных фото- и видеоматериалов дает значительно преимущество перед визуальным осмотром с борта пилотируемого воздушного судна.



Обследование инженерных сетей.

По результатам съемки с БАС создается высокоточный ортофотоплан, а на его основе и цифровой модели местности формируется электронная карта ЛЭП. На основании ортофотоплана и цифровой модели местности создается высокоточная трёхмерная модель ландшафта, древесно-кустарниковой растительности, самой ЛЭП и другой наземной инфраструктуры (цифровой двойник).

Обследование инженерных сетей с помощью беспилотных комплексов — самый эффективный и экономически выгодный способ получения полной информации о состоянии электростанций, ЛЭП, теплотрасс и других объектов энергетической инфраструктуры.

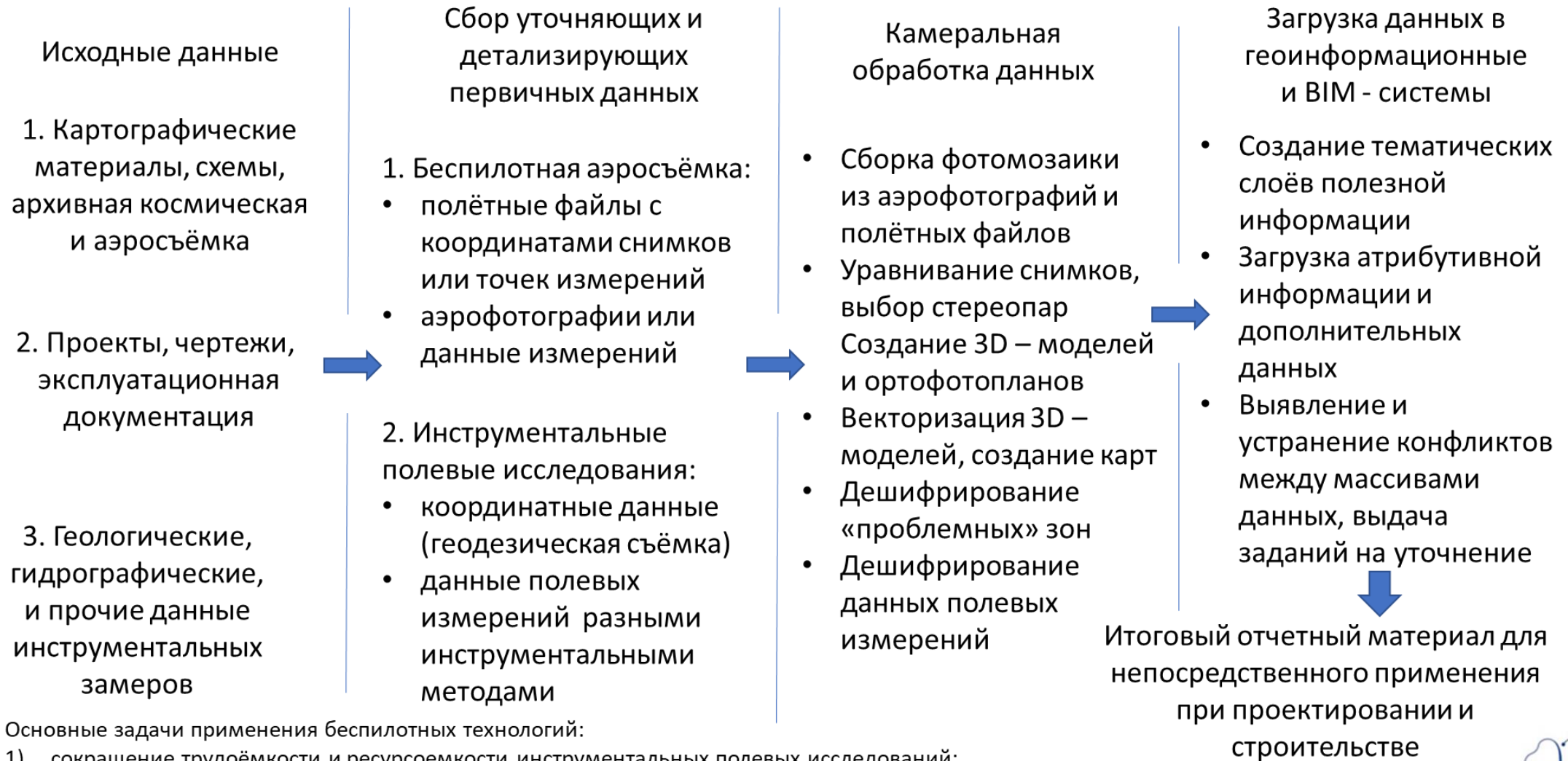
Обследования с применением БАС позволяют определить:

- метрические данные воздушных линий, включая габариты, высоту подвеса проводов;
- площадь залесенности внутри пролетов,
- количество и местоположение деревьев, угрожающих падением на ВЛ, в том числе произрастающих за пределами охранных зон;
- зоны падения деревьев, угрожающих падением на ВЛ; площадь расчистки.

Тепловизионная съемка контактов.

Электроэнергетика является одной из областей наиболее успешного применения тепловидения, поскольку обнаруживаемые температурные градиенты могут достигать десятков градусов. Использование БАС для ИК-съемки значительно дешевле пилотируемой авиации и позволяет получить гораздо более детальную и точную информацию, чем съемка с земли.

Технология беспилотного мониторинга



Основные задачи применения беспилотных технологий:

- 1) сокращение трудоёмкости и ресурсоемкости инструментальных полевых исследований;
- 2) Упрощение, автоматизация, снижение трудоёмкости камеральной обработки и работ в ГИС - системах

Технологии аэрогеодезии (фотограмметрия)

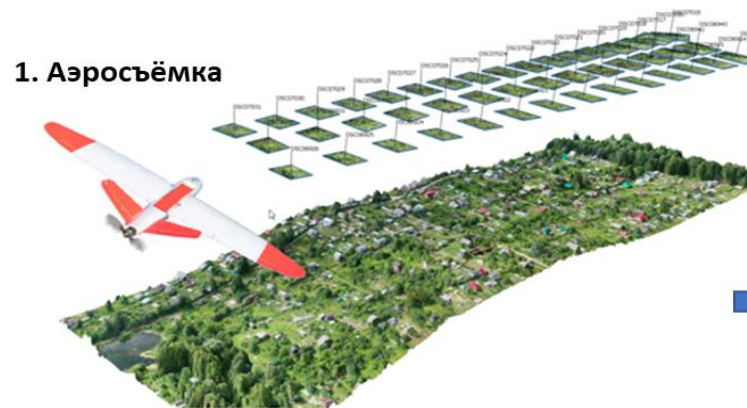
Фотосхемы и фотопланы создаются на основе совмещения – «склейки» смежных пересекающихся цифровых фотоснимков, полученных аэросъёмкой с беспилотных летательных аппаратов.

Неметрические фотосхемы и фотопланы применяются для тематического визуального дешифрирования при решении задач обследования объекта/местности

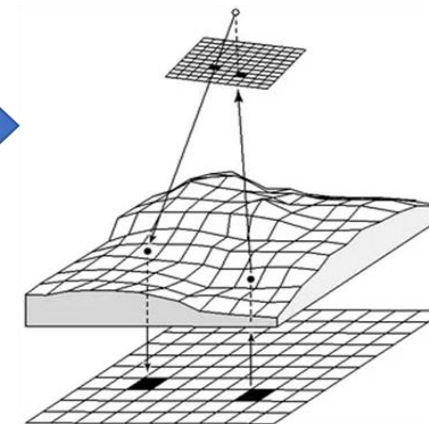
Метрические фотосхемы и фотопланы применяются для построения цифровых трёхмерных моделей местности, рельефа, и объектов, цифровых топографических планов объектов и территорий, а также для последующей векторизации в качестве материалов исполнительной (фактической) геодезической съёмки объекта/местности

Неметрические фотосхемы и фотопланы создаются без плано-высотного обоснования и опорных точек.

Метрические фотосхемы и фотопланы создаются с использованием опорных точек и плано-высотного обоснования, а также с применением технологии высокоточного (RTK или PPK) определения координат центров фотографирования и углов направления оси фотокамеры на основе данных глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS)



2. Цифровая компьютерная обработка данных



3. Построение 3D – моделей и векторизация для последующего применения в проектах

Технические параметры процесса:

- число аэрофотоснимков – от нескольких штук до нескольких тысяч штук;
- координатная точность для метрической аэросъёмки – 0,3 м (в плане и по высоте)
- разрешение зависит от фотокамеры, технически достижимо – менее 1 см/пиксель.

Рекомендуемые статьи:

<https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/>
<https://habr.com/ru/company/croc/blog/426015/>

Технологии воздушного лазерного сканирования

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) – высокоэффективный метод получения геопространственных данных

- точность – до 1 см в плане и по высоте
- частота измерений – до 500 000 в секунду
- плотность измерений с БПЛА – до 250 точек на 1 кв. м

Обнаружение скрытых объектов

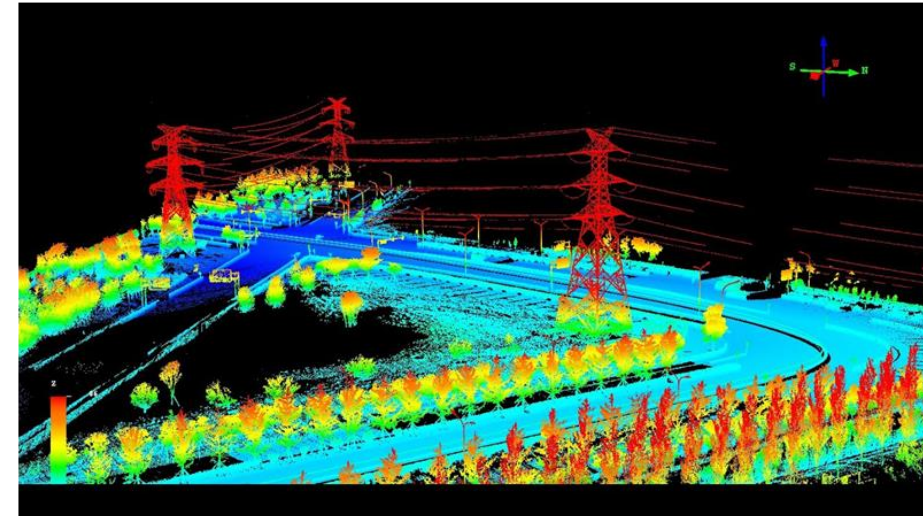
Высокая плотность измерений позволяет "пробить" поверхностные слои (кроны деревьев, растительность), обнаружить визуально скрытые объекты и точно определить их физические размеры

Идентификация объектов

Лазерный сканер с высокой частотой излучает импульс и фиксирует отражения - объекты разной плотности отражают импульс с разной интенсивностью, поэтому можно идентифицировать объекты из разных материалов

Измерение объектов и создание трехмерных моделей

Трехмерная модель поверхности, полученная в результате ВЛС, позволяет детально рассмотреть объекты с любого ракурса, при этом скорость обработки данных составляет менее 1 часа с момента проведения сканирования – в отличие от фотограмметрической съёмки



Лазерные сканеры для малых БПЛА:

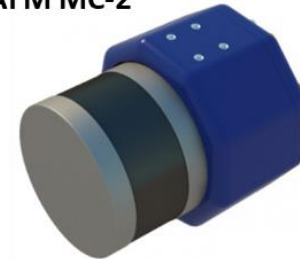
АГМ МС-1



DJI Zenmuse L1



АГМ МС-2



Рекомендуемые статьи: <https://russiadrone.ru/publications/sravnienie-prigodnosti-dannykh-vozdushnogo-lazernogo-skanirovaniya-i-aerofotosmki-s-bpia-dlya-obespechn/>

Практика аэромониторинга



Организационный барьер в развитии технологий беспилотных авиационных систем (БАС) – «экипаж» из двух внешних пилотов.

В основе нашего проекта - полное исключение человека из контура управления беспилотными воздушными судами (БВС)

Цель проекта - полная автоматизация процессов:

- формирования полётного задания;
- управления взлётом;
- управления посадкой;
- диагностики и ТО БВС;
- получения и первичной обработки информации мониторинга;
- передачи информации мониторинга потребителю этой информации

Для мультироторных БВС



Для гибридных БВС



Типичные области применения БАС в строительстве

- топогеодезическая съёмка;
- лазерное сканирование;
- панорамная аэросъёмка
- мониторинг работ;
- контроль состояния инженерных сооружений;
- охрана объектов



Автоматические станции PASECA - средство обеспечения регулярности аэромониторинга

Автоматические станции базирования – универсальные роботизированные платформы – обеспечивают:



[DJI Matrice 300 RTK](#)

[DJI Phantom IV RTK](#)



<https://paseca.ru>

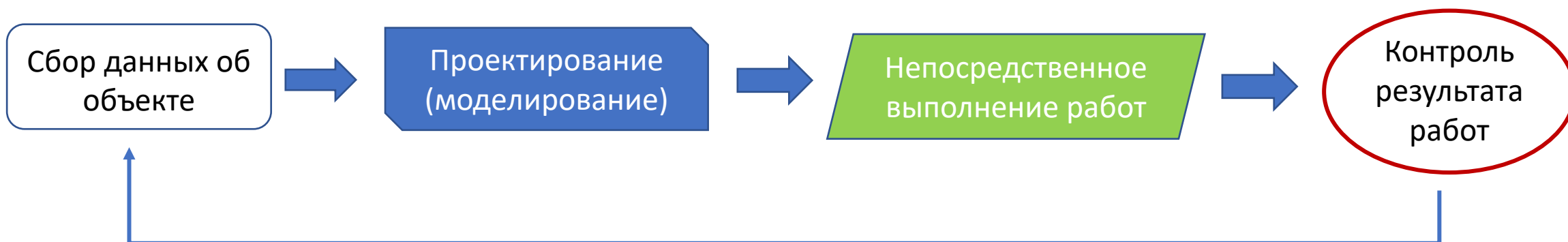
- Поддержание **эксплуатационной готовности системы** – непрерывно, днём и ночью, в режиме **24/7/365**
- **Полную автоматизацию полётов БВС**, включая:
 - автоматизацию и роботизацию процессов загрузки полётного задания
 - автоматическое управление взлётом, выполнением полётного задания, посадкой БВС,
 - межполётное техническое обслуживания
 - зарядку или замену аккумуляторов БВС, заправку топливом (для БВС с двигателями внутреннего сгорания)*
 - предполётную диагностику БВС с оценкой достаточности остаточного ресурса для выполнения следующего полётного задания
- **Получение и первичную обработку данных мониторинга**, получаемой **от базирваемого БВС**, и передачу внешнему потребителю информации, полученной в результате выполненной обработки данных
- Установление **связи со всеми БВС и пилотируемыми ВС**, находящимися **в зоне обслуживания УРП**
- Корректировка при необходимости **предотвращения столкновений и иных коллизий траекторий всех наблюдаемых БВС и предупреждение** о возможных коллизиях всех пилотируемых ВС в зоне обслуживания УРП

Синергия BIM и аэромониторинга:

Эффекты внедрения BIM при разработке и реализации проектов КРТ:

- оптимизация и сокращение сроков проектирования на 10-50%
- оптимизация проектных решений и коллизий до начала строительства

Ключевое свойство BIM модели – её актуальность и достоверность

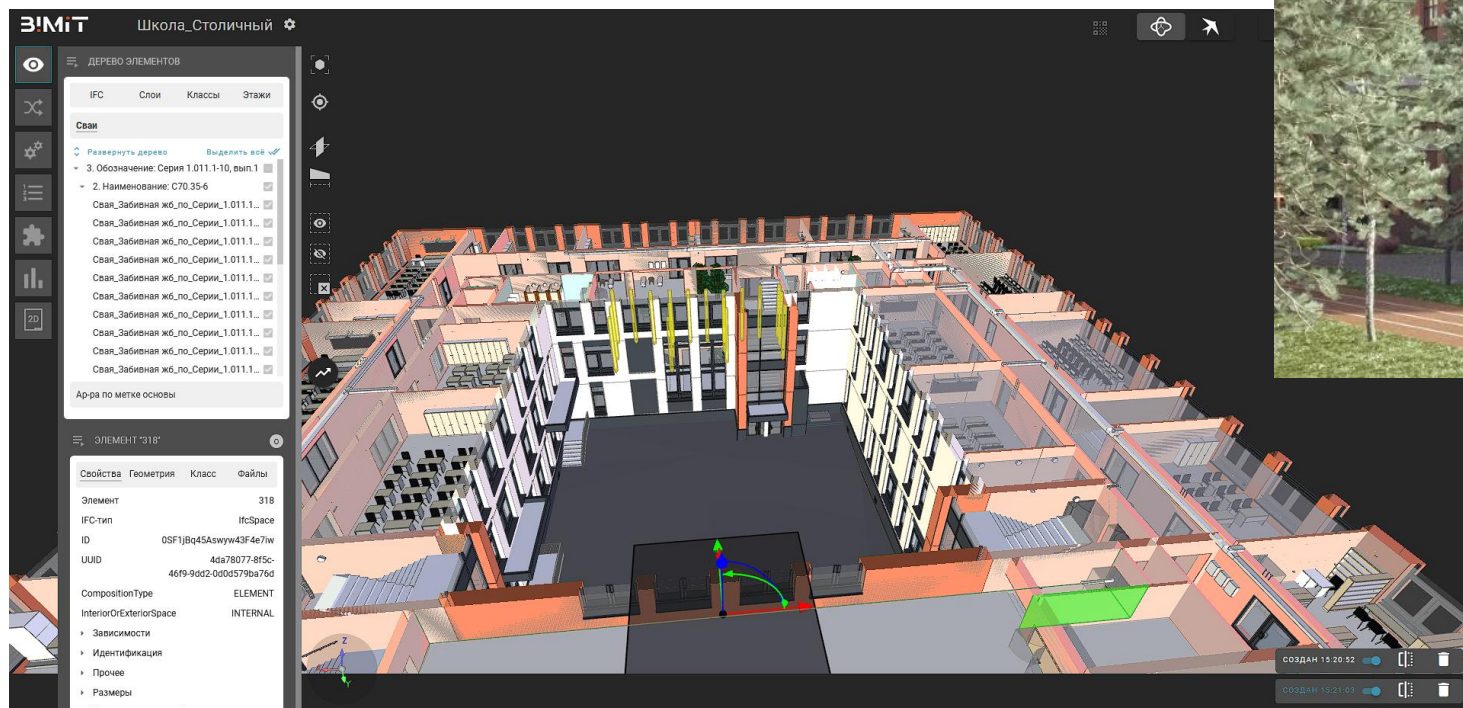


Беспилотные технологии мониторинга необходимы BIM - проекту для:

- сбора и уточнения исходных данных об объекте;
- контроля результатов работ

ВІМ при проектировании объектов

ВІМІТ – среда общих данных, объединяющая участников проекта для оптимизации процессов проектирования, строительного контроля и эксплуатации объектов



Функционал среды общих данных:

- Сборка сводной модели всего проекта
- Произвольное дерево элементов
- Система задач и контроль сроков
- Исключение коллизий
- Разграничение доступа
- Интеграция 2D-чертежей

Оценка инженерного состояния

Оценка состояния:

- целостности конструкций
- фасадных и кровельных элементов
- ферм, опор, вантовых конструкций
- несущих балок мостов и виадуков

Выявление дефектов:

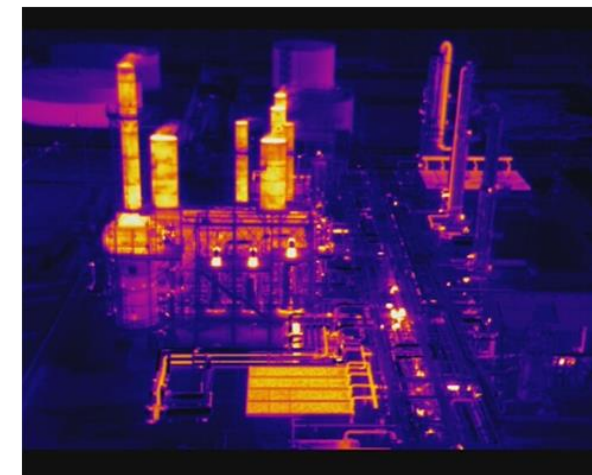
- тепловой изоляции
- лакокрасочных и антикоррозионных защитных покрытий
- высоковольтных изоляторов
- сварных и болтовых соединений в труднодоступных местах и на высоте

Измерение объектов и создание трехмерных моделей

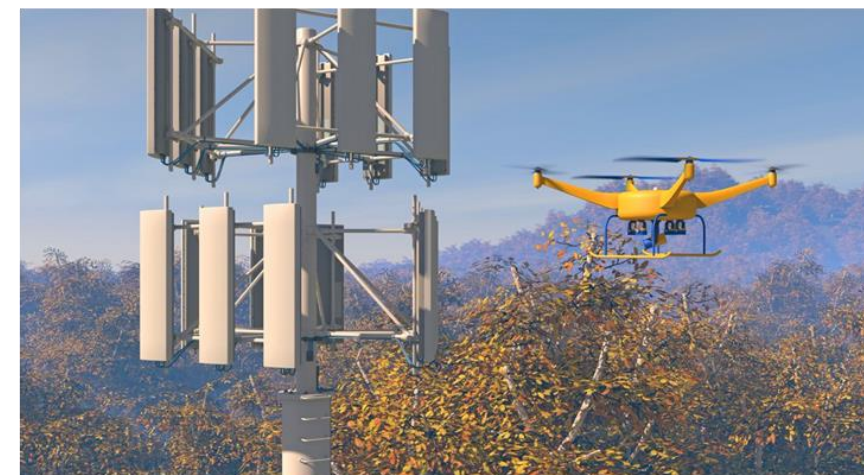
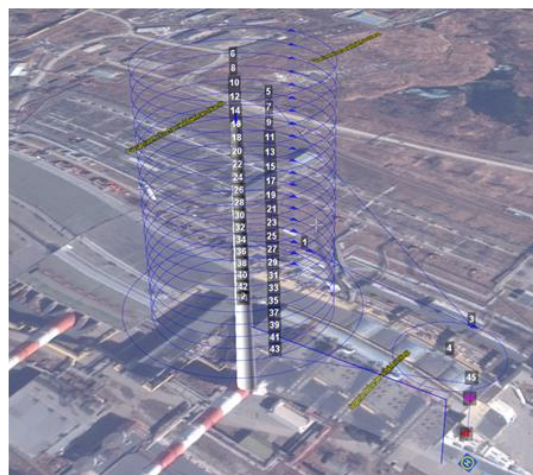
- зданий и сооружений
- высотных металлоконструкций
- монтажных блоков емкостей и технологических трубопроводов
- дымовых труб и факельных конструкций НПЗ и месторождений
- опор и пролётов ЛЭП (в том числе для оценки провисания проводов)



Панорамная аэросъемка и построение цифровых моделей зданий и сооружений



Цифровая термография, выявление дефектов изоляции



Обследование дымовых труб, мостов, опор ЛЭП, башен сотовый связи и прочих сооружений

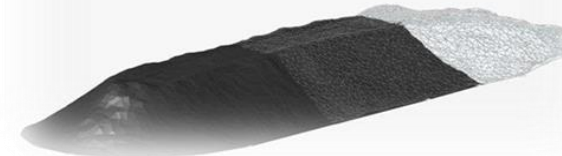
Исполнительная съемка и контроль объемов работ



**Регулярный контроль процесса строительства
(раз в сутки, раз в смену, раз в час, или непрерывно)
с применением топогеодезической аэросъемки
Сопоставление фактического выполнения объемов
работ с данными сметы и плановым графиком работ**



**Топогеодезическая аэросъемка для постановки
построенного объекта на кадастровый учет**



**Оценка объемов выемок, насыпей, складов сыпучи:
материалов, угольных складов в энергетике**

Общий контроль хода работ

Применение искусственных нейронных сетей к анализу материалов аэросъемки позволяет:

- вести учет техники и персонала подрядчиков, работающих на объекте
- автоматически сопоставлять видимые, фактически выполненные, и запланированные по графику объемы работ
- выявлять и предотвращать нарушения технологии производства работ
- контролировать перемещение сыпучих материалов, определяя объемы временных складов, насыпей, выемок, в режиме времени, близком к реальному

Автоматическое дешифрирование позволяет сократить количество ошибок, возникающих вследствие человеческого фактора, а также значительно увеличить скорость получения Заказчиком оперативной информации о всех процессах на объекте строительства



Обнаружение
интересующего
объекта

Идентификация
с установкой первичных
признаков

Распознавание
с последующей классификацией
объектов

Этап 1

Выбор необходимых объектов
Фиксация на изображениях
необходимых объектов

Этап 2

Установление связей между нейронами
Установка сопоставлений между
первичными признаками: формами и
количеством пикселей; С вторичными
признаками: следами, наличием лобового
стекла и т.д. Определение наиболее
достоверных явлений

Этап 3

Идентификация объекта и выявление
его достоверности в процентном
соотношении (зеленый 80-100%;
желтый 50-80%; красный 0-50%)

Мониторинг соблюдения требований ОТ и ТБ

Контроль за содержанием строительной площадки, своевременной уборкой строительного мусора и демонтированных конструкций, соблюдением схем проезда автотранспорта и строительной техники



То, чего не должно быть на площадке – «типичный бардак»



Регулярный и/или непрерывный контроль за использованием спецодежды и средств индивидуальной защиты персоналом подрядчиков. Выявление нарушений и посторонних на объекте.

Опыт компании «СИБУР»: https://habr.com/ru/company/sibur_official/blog/56/

Развитие проекта – сетевое решение

Для проектов КРТ - мы создаем автономные сети регулярного автоматического беспилотного мониторинга



В основе обеспечения функционирования сети – принципы построения структурированных информационных систем.

Основные функциональные возможности сети:

- «открытая» платформа и работа с разными БВС;
- сетевая модель применения УРП и мультиагентное управление ресурсами сети
- интеллектуальное управление взлётом, посадкой и полётом БВС в «зоне обслуживания» каждой УРП;
- управление несколькими БВС с одной УРП;
- возможность работы в сложную погоду;
- унифицированные регламенты ТО БВС;
- возможность анализа готовности к вылету и формирования заданий с учётом этой готовности

Технические требования к эксплуатации сети:

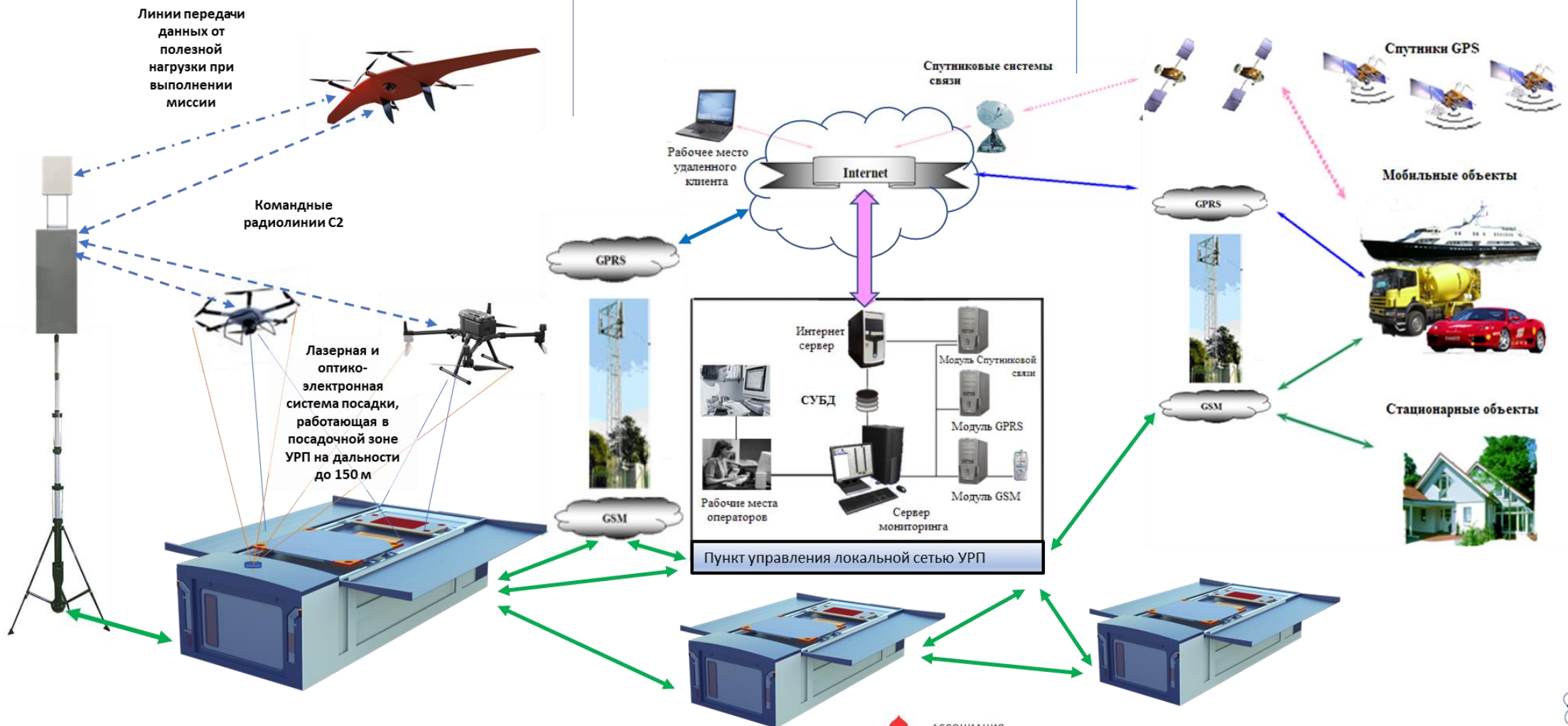
- рабочая температура: от - 60 до +45 °С
- допустимые осадки: слабый дождь, снег
- кол-во БВС (и ВПП) на одной УРП: от 1 до 4
- возможность сетевого взаимодействия УРП

Принципы построения сетей PASECA

УРП – мини-«аэропорт» для БВС

Сеть PASECA – «интернет для БВС»

Отраслевые клиенты сетей УРП



Единая BIM-платформа - «цифровой двойник» объекта

План:

- BIM – модель объекта
- Календарные планы
- Ведомости поставок
- Ведомости работ

Эффекты:

- Отсутствие коллизий
- Оптимизация экспертизы

Факт:

- Контроль объемов и сроков выполнения работ
- Контроль соответствия модели и удобное согласование изменений
- Контроль качества работ
- Данные от устройств IoT
- Интеграция данных по нескольким объектам в общем проекте



Наши предложения:

- Подбор и внедрение оптимального комплекса беспилотных технологий для применения на Вашем энергетическом объекте;
- Предоставление комплексного сервиса, связанного с применением беспилотников:
 - для сбора исходных данных методами фотограмметрии и ВЛС
 - для мониторинга выполняемых строительных работ на объектах
 - для мониторинга эксплуатации объектов генерации и сетевых объектов
 - для непосредственного выполнения отдельных видов работ с использованием дронов – очистки, нанесения ЛКП, и проч.
- Выполнение разовых работ силами наших внешних пилотов
- Предоставление автономных беспилотных комплексов на основе УРС для регулярного автоматического беспилотного мониторинга Вашего объекта, с интеграцией собираемых данных в цифровые информационные системы управления строительством и эксплуатацией



Рыбаков Дмитрий Владимирович
+7 982 122 93 95 RDmitryV@mail.ru

<https://experts.nti.work/e-registry/75/profile>



Кудряшов Константин Александрович
+7 915 163 48 06 Kudryashov@paseca.ru

<https://paseca.ru>



Репин Александр Анатольевич
+7 919 900 00 96 AARepin@tizh.ru

<https://bimit.ru>