

# Опыт использования БПЛА в распределительных электрических сетях

Садов Александр Вячеславович  
АО «Россети Тюмень»

2023 / 5–6 июля



Москва / Конгресс-центр ЦМТ

VIII Международная  
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности  
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



# Предпосылки применения БПЛА

- Электросетевая инфраструктура обеспечивает развитие промышленности, добычи и переработки полезных ископаемых, развитие населенных пунктов
- Протяженные линии электропередачи (более 52,3 тыс. км)
- Труднодоступная местность (условия тундры, заболоченности, ограниченность движения по дорогам нефтегазовых компаний)
- Дорогостоящие способы проведения диагностики (привлечение вездеходной техники, в т. ч. на гусеничном ходу, использование вертолетных услуг)
- Экстремально низкие температуры воздуха (до минус 60)
- Повышенные требования к поддержанию экологического баланса



# Опыт применения БПЛА

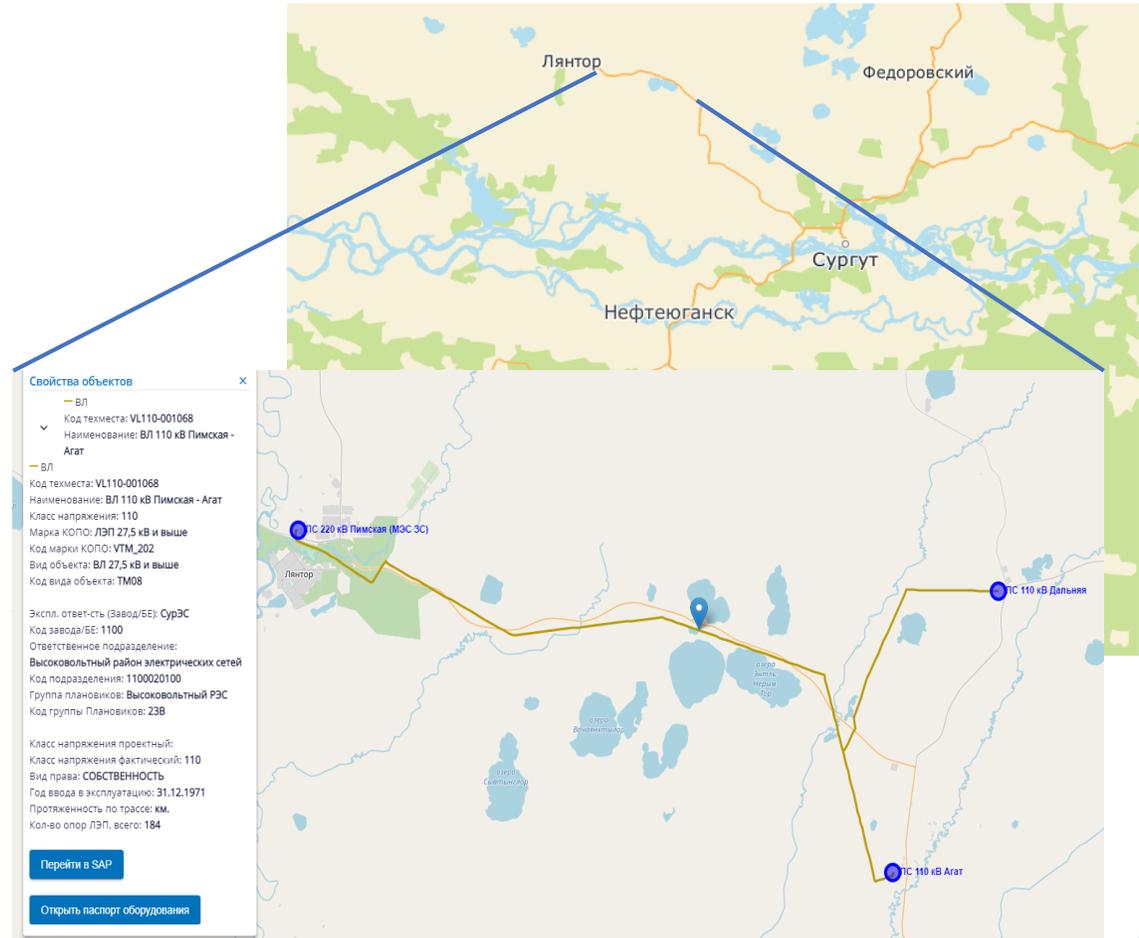
Экспериментальная работа по обследованию технического состояния объектов ВЛ с использованием технологии БАС и машинного зрения на ВЛ «Пимская – Агат» с отпайкой «Дальняя» с на ПС

## Цель проведения работы

- Выполнение мониторинга показателей технического состояния ВЛ с использованием технологии БАС и машинного зрения по параметрам, определенным требованиями НТД

## Условия проведения работы

- Общая протяженность ЛЭП для выполнения работ: **53,39** км, **192** опоры
- Количество апробированных типов БПЛА: **3**
- Сложные климатические условия: температура воздуха: **- 21...-27°C**
- Полевые работы: с **30.11.2022** по **05.12.2022**



# Апробация использования трех типов БВС



БВС самолетного типа с бензиновым двигателем

ДИАМ **20**

(взлетная масса: **max – 29** кг)



БВС самолетного типа с электрическим двигателем

ГЕОСКАН **201**

(взлетная масса: **max – 8** кг,  
время полета: **max – 3** часа)



БВС коптерного типа с электрическим двигателем

**DJI MATRICE 300 RTK**

(взлетная масса: **max – 10** кг,  
время полета: **max – до 55** минут)

## Апробация использования двух типов навесного оборудования

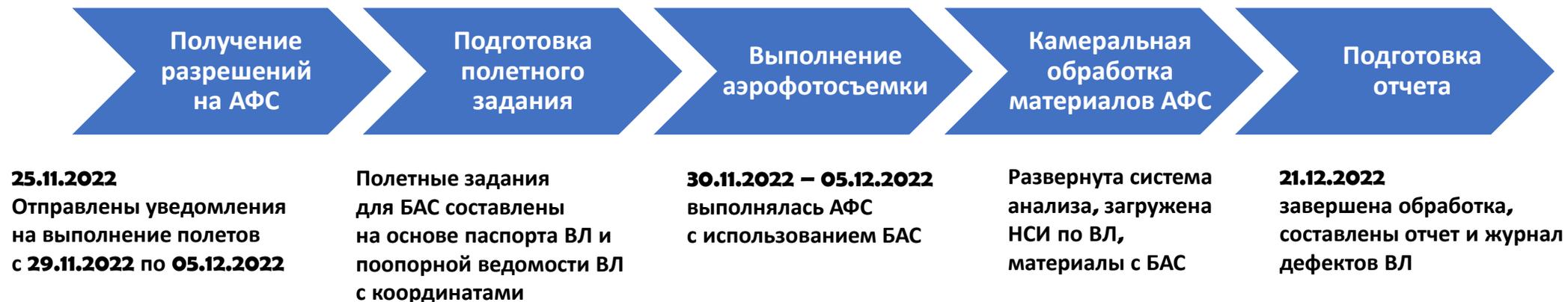


**SONY DSC-RX1RM2**  
42 Мп, 35 мм



**DJI ZenmuseP1**  
45 Мп, 35 мм

# Этапы выполнения работ



## Разрешения на полеты:

- Генеральный штаб ВС РФ на выполнение аэрофотосъемочных работ
- Согласование с ОрВД

<p>МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБОРОНЫ РОССИИ)</p> <p><b>ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ШТАБ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b></p> <p>г. Москва, 119160</p> <p>№ 34 от 24 июня 2022 г.</p>	<p>Общество с ограниченной ответственностью «Аэромакс» Малютинский пер., д. 13 стр. г. Москва, 101000, (495) 921-42-42</p> <p>Начальнику штаба ЗВО Начальнику штаба ЦВО Начальнику штаба ВВО Начальнику штаба СФ Командиру войсковой части 88</p>	<p>21.12.2022, 13:33 Система представления планов полетов по сети Интернет</p> <p><b>МР СУРГУТ ООО АЭРОМАКС</b></p> <p>Представление на установление местного режима :</p> <p>28/11/2022; 29/11/2022; 30/11/2022 - основные дни; 01/12/2022; 02/12/2022; 03/12/2022 - резервные дни;</p> <p>Прошу Вас установить МР для обеспечения безопасности полетов при выполнении полетов БВС В районе: РАЙОН 613819N0720844E 613911N0720912E 613817N0721511E 613630N0722231E 613712N0723036E 613545N0724102E 613803N0724431E 613743N0725215E 613518N0724912E 612943N0724222E 613334N0723830E 613448N0723053E 613436N0722228E 613819N0720844E Высота: 230 M/AMSL - 250 M/AMSL ОКРУЖНОСТЬ РАДИУС 1 КМ ЦЕНТР 613647N0722847E Высота: 0 M/AGL - 250 M/AMSL</p> <p>Время полетов 04:00 - 15:00 (UTC)</p>
--	---	--

# Подготовка к выполнению АФС

## ПАСПОРТ

воздушной линии электропередачи

**ВЛ 110 кВ «Шимская - Агат».**

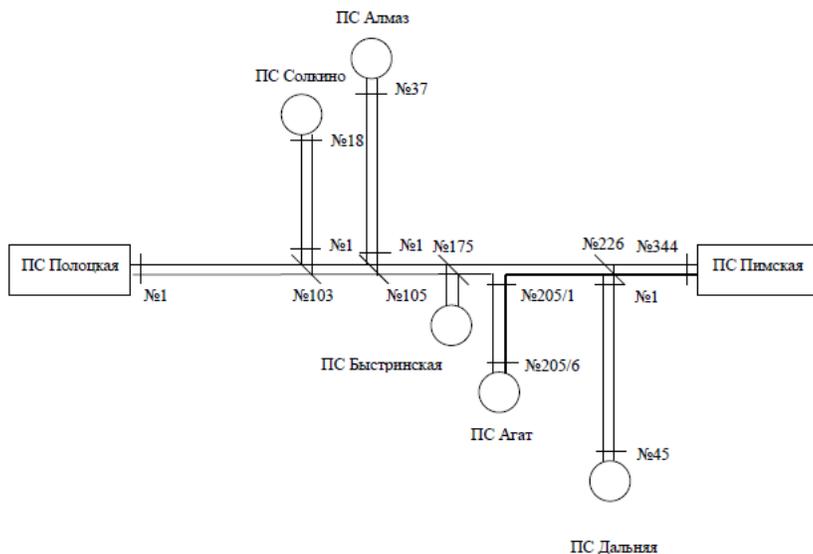
Год постройки: 1971 г., 1976 г., 1980 г., 1988 г., 2013г., 2014г.

Дата ввода в эксплуатацию: 1971 г., 1976 г., 1978 г., 1988 г., 2013г., 2014г.

Наименование проектной организации: УО «Энергосетьпроект»

Наименование строительно-монтажной организации: МК-111, МК-114, МК-14

### I. СХЕМА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.



№ опоры	Коорд Шир	Коорд Дол
344	61.639962	72.162447
343	61.638669	72.161821
342	61.637571	72.162322
341	61.635746	72.163118
340	61.635216	72.166282
339	61.634199	72.172184
338	61.633570	72.175850
337	61.632756	72.180538
336	61.631787	72.186150
335	61.630913	72.191204
334	61.629707	72.195576
333	61.628936	72.198388
332	61.628124	72.201214
331	61.626644	72.206500
330	61.625723	72.209801
329	61.624941	72.212583
328	61.623372	72.218212
327	61.622475	72.221403
326	61.620997	72.226672
325	61.619789	72.231019
324	61.619087	72.233532
323	61.619311	72.235494
322	61.621367	72.238522
321	61.623750	72.242044
320	61.625194	72.244169
319	61.627162	72.247172
318a	61.627466	72.248060

## Geoscan Planner

### Новый проект

Задайте имя проекта и модель БВС.

Имя проекта

Test

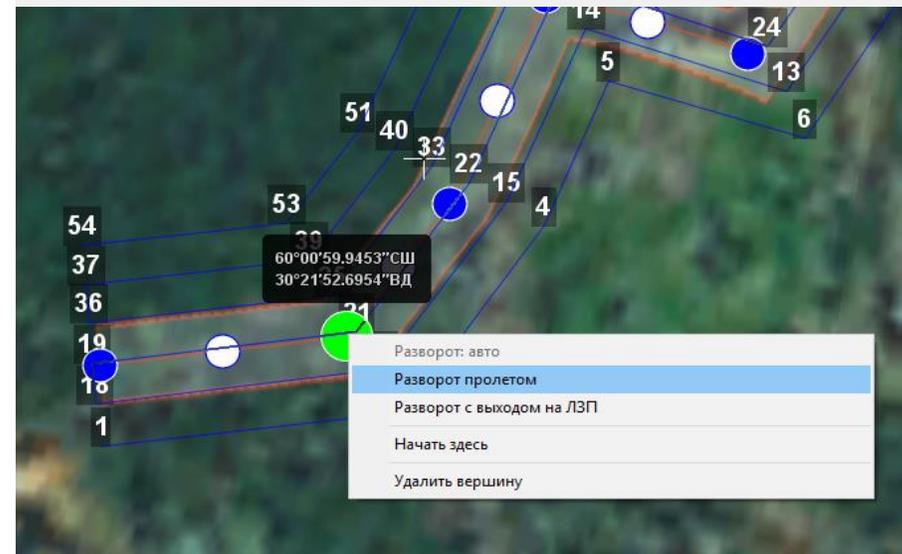
Разрешение (см/пикс) 4,0

Высота (м) 204,5

Продольное перекрытие (%) 70

Поперечное перекрытие (%) 50

Модель БВС



Паспорт ВЛ

+

Поопорная ведомость ВЛ

= Полетное задание для БАС

# Выполнение работ АФС

- Режим съёмки БАС коптерного типа: под углом, точка интереса на опоре, **20 %** общего количества опор
- Режим съёмки БАС самолетного типа: двухпроходная, в надир, с перекрытием, вся длина ВЛ
- Планово-высотное обоснование (геодезическая привязка): точка старта, пункт ГГС, **5** опознаков
- Результаты АФС: **RGB-фото** с координатами **WGS-84** и параметрами внешнего ориентирования



## Результаты АФС



Самолет (высота – **220** м, съемка – в надир)



Коптер (высота – **40-50** м, съемка – под углом с точкой интереса на опоре)



Ортофотоплан

# Результаты обработки

Исходные фото в формате **JPEG** с координатами, записанными в **EXIF** (метаданные) загружены в систему и привязаны по координатам к опоре ВЛ

Свойства: DJI\_20221204105155\_0002.JPG

Общие Безопасность Подробно Предыдущие версии

Свойство	Значение
Программа экспозиции	Обычный
Насыщенность	Обычный
Резкость	Обычная
Баланс белого	Авто
Фотометрическая интерпр.	
Цифровое увеличение	1
Версия EXIF	0230

GPS

Широта	61.35.30.53990000000325...
Долгота	72.35.58.38479999999975...
Высота	89.885



Мониторинг ВЛ

Поиск опоры

Опора на линии 147 Анкерных 15 Промежуточных 132 Протяженность 40.69

Фотографий 232 Необработанных 231 Обработанных 1 С дефектами 1

ЗАФИКСИРОВАТЬ ДЕФЕКТ ПАСПОРТ 3D ДЕФЕКТЫ ФОТОГРАФИИ

АНАЛИЗИРОВАТЬ НОВЫЕ ДАННЫЕ

Опора 341 анк - Обзор фотоматериала

**Пимская-Агат**  
**«Россети Тюмень» Сургутские электрические сети**

Имя По статусу По широте По долоте Search

Дата/время	Статус	Широта	Долгота	Действия
01-01-70		61.639962	72.162447	ПАСПОРТ
01-01-70		61.638669	72.161821	ПАСПОРТ
01-01-70		61.637571	72.162322	ПАСПОРТ

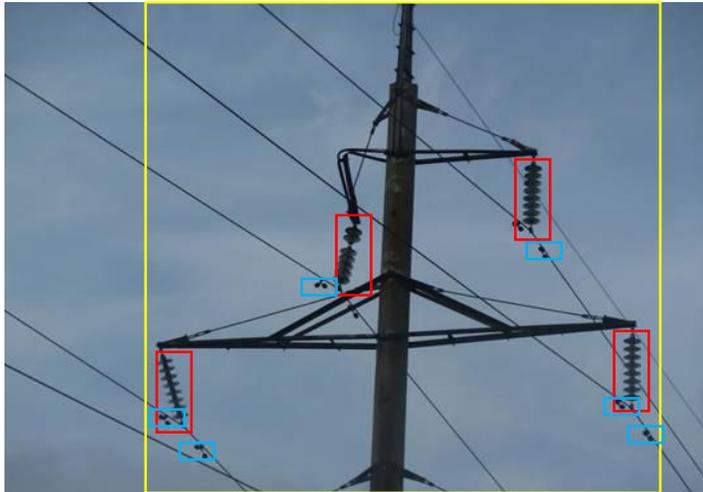
File	Name	Lon	Lat	Z/Alt
Имя	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0002.JPG	72.667504	61.582018	299.166582
Тип элемен	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0003.JPG	72.666879	61.582111	298.397439
Путь к пап	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0004.JPG	72.666215	61.582213	296.015624
Дата созд	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0005.JPG	72.665579	61.582308	294.367407
Дата изме	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0006.JPG	72.664917	61.582403	292.769933
Размер	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0007.JPG	72.664305	61.582495	291.476842
Атрибуты	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0008.JPG	72.663676	61.582589	290.509732
Удаление с	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0009.JPG	72.663033	61.582683	289.825095
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0010.JPG	72.662386	61.582779	289.510427
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0011.JPG	72.661729	61.582874	289.255068
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0012.JPG	72.661067	61.582974	289.344449
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0013.JPG	72.660402	61.583071	289.729156
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0014.JPG	72.659743	61.583173	290.130349
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0015.JPG	72.659060	61.583273	290.413132
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0016.JPG	72.658379	61.583377	290.817699
	2022_12_01_SonyRX1RM2_g201b20586_f001_0017.JPG	72.657705	61.583475	291.330605

№	Дата/время	Содержание дефекта	Материалы фотофиксации	Ф.И.О. лица, выявившего дефект
1	2021-12-26 15:55:52		Опора №:	
2	2022-12-20 13:07:59 942Z	Изом/разрушение изолятора	Опора №:	
3	2022-12-20 13:10:24 722Z	Изом/разрушение изолятора	Опора №:	
4	2022-12-20 13:11:51 813Z	Допустимое отклонение поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более 100 мм	Опора №:	
5	2022-12-20 13:21:18 331Z	Допустимое отклонение поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более 100 мм	Опора №:	
6	2022-12-20 13:26:54 264Z	Изом/разрушение изолятора	Опора №:	
7	2022-12-20 13:35:12 705Z	Допустимое отклонение поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более 100 мм	Опора №:	
8	2022-12-20 13:36:17 788Z	Допустимое отклонение поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более 100 мм	Опора №:	
9	2022-12-20 13:36:53 280Z	Допустимое отклонение поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более 100 мм	Опора №:	

## Результаты работы:

- Получен и обработан материал в цифровом виде (фото с самолета – **3 079** шт., фото с коптера – **231** шт.)
- Выявлено **40** дефектов
- Оформлен технический отчет

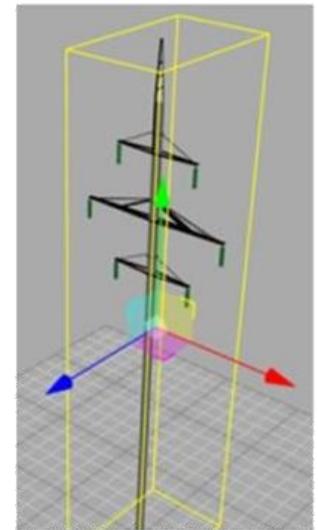
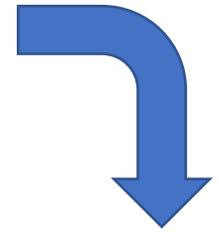
# Алгоритмы ML\CV



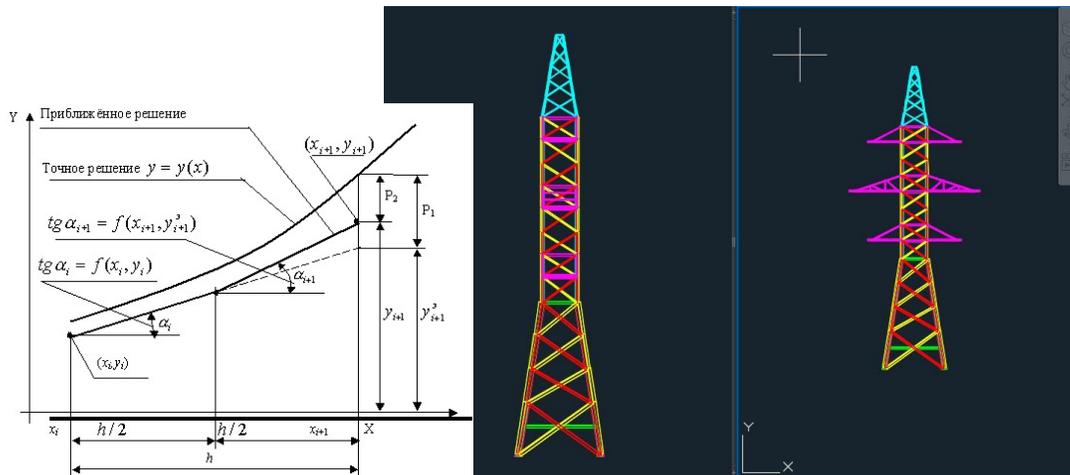
Детекция основных элементов



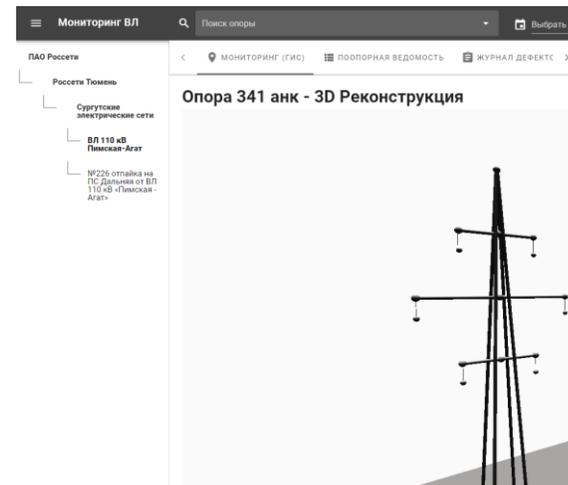
Поиск ключевых точек



3D



Математический алгоритм сравнения с уставкой



Реконструкция опоры

# Перспективы развития применения технологии БПЛА

## Направления использования технологии

- Проведение плановых осмотров (мониторинг), выявление дефектов для включения в планы ТОиР
- Мониторинг за ситуацией в паводковый и пожароопасный периоды
- Выявление и локализация аварий, оценка объемов АВР и материалов
- Контроль выполнения подрядными организациями расчистки просек
- Контроль несанкционированных подключений, несанкционированных работ в охранной зоне

## Текущие задачи

- Обучение операторов БПЛА (разработка корпоративной программы подготовки персонала)
- Регламентация применения БПЛА (выполнение работ, использование результатов, технические требования)
- Расширение применения технологии по направлениям деятельности (диагностика, ТП и пр.)
- Использование и обучение системы с технологией «Больших данных» и «Искусственного интеллекта - нейросетей» для обработки массивов данных, основанных на сведениях об обследованиях (нормативная модель)

**Спасибо за внимание!**

