



**СТВН**

**Система технологического видеонаблюдения за  
оборудованием ПС**

*Докладчик: Пряхин Д.С.  
Научно-внедренческое объединение «БО-ЭНЕРГО»*

## Отраслевой опыт и компетенции

- 21 год практического опыта;
- > 1000 единиц установленного оборудования в России и за рубежом;
- > 400 объектов генерации оснащено оборудованием;
- Более 10 практических и научных исследований;
- Реализован общестрановой проект по созданию единой сети, включающей сотни установленных и работающих анализаторов растворенных газов;
- Практические и научные работы, в том числе по программе прогнозирования технического состояния и развития аварий силовых трансформаторов 35-110 кВ;
- Экспертное участие в разработке национальных стандартов;
- Ряд патентов на аппаратные и программные решения;
- Разработка и внедрения собственных аппаратных и программных комплексов автоматизированной диагностики.



# Экспертная и научная деятельность

## Разработка отраслевых стандартов и СТО



«Технические требования по оснащению силовых трансформаторов 35 кВ и выше первичными датчиками контроля автоматизированных систем мониторинга и технического диагностирования»

«Требования к устройствам мониторинга технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов 35-110 кВ»

«Методические указания по применению программно-технического комплекса визуального осмотра и наблюдения за состоянием оборудования подстанций для предупреждения возникновения технологических нарушений в электрических сетях»

«Требования к системам и обеспечению удаленного мониторинга оборудования на РП и ТП 6-20 кВ. Руководящие указания по эксплуатации оборудования, оснащенным системой удаленного мониторинга»

Технические требования «Автоматизированные системы мониторинга и диагностики состояния трансформаторов».



«Требования к проектированию систем непрерывного и периодического мониторинга технического состояния электротехнического оборудования».

«Системы встроенного диагностического контроля состояния силовых трансформаторов напряжением 110 (220) кВ»

**«БО-ЭНЕРГО» является активным членом научного и экспертного сообщества СИГРЭ, соорганизатором и техническим партнером отраслевых мероприятий.**

### Направления исследований:

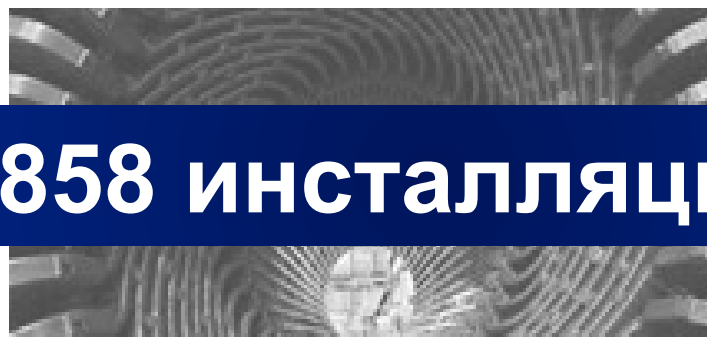
- Инновационные диагностические алгоритмы. Основное внимание уделяется выявлению неисправностей, WCP, WCO и управлению остаточным сроком службы трансформатора;
- Аналитика временных рядов (корреляционный анализ, устранение систематических ошибок);
- Анализ больших данных для приоритизации действий по обслуживанию автопарка;
- Управление диагностическими данными;
- Автоматизация.

**Создание вертикально интегрированных глобальных централизованных систем мониторинга объектов энергетики. Цифровые двойники, искусственный интеллект.**

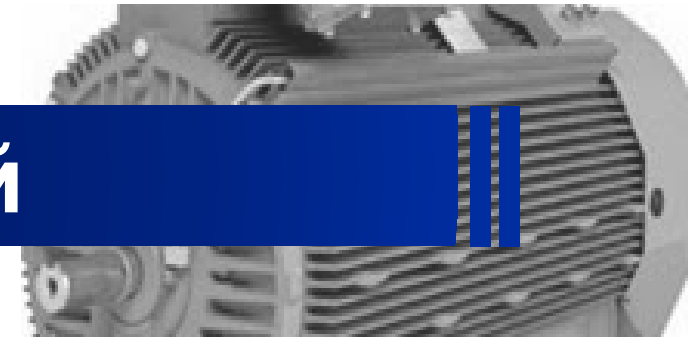
# Инжиниринг автоматизированных систем мониторинга и диагностики (АСМД) высоковольтного электрооборудования



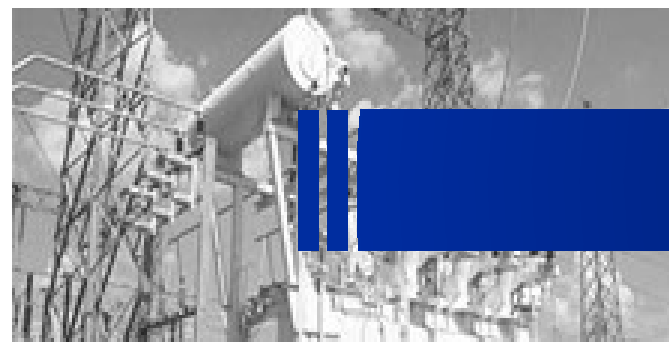
Гидрогенераторы



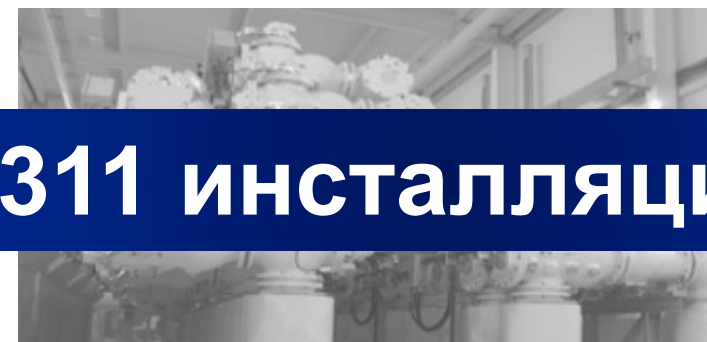
Турбогенераторы



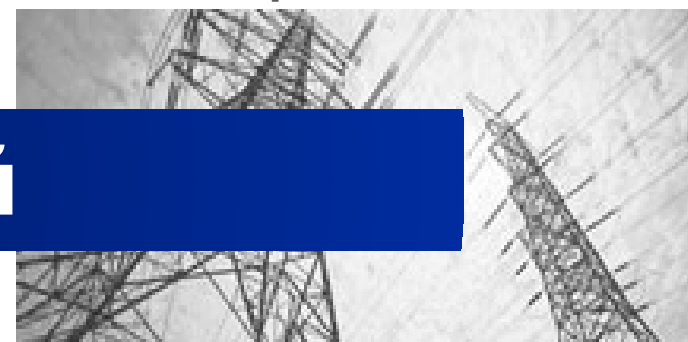
Электродвигатели



Трансформаторы



КРУЭ



Высоковольтные линии

**858 инсталляций**

**311 инсталляций**

# Инжиниринг автоматизированных систем мониторинга и диагностики (АСМД) высоковольтного электрооборудования:



Проектирование и внедрение комплексных систем мониторинга состояния силовых трансформаторов.



Инжиниринг и интеграция АСМД силовых трансформаторов и КРУЭ по протоколу МЭК 61850.



Мобильный (переносной) комплекс контроля и технической диагностики силовых трансформаторов.



Собственная разработка «Мобильная АСМД силовых трансформаторов».



Собственная разработка «Анализатор растворенных газов Лазер» на базе лазерной технологии



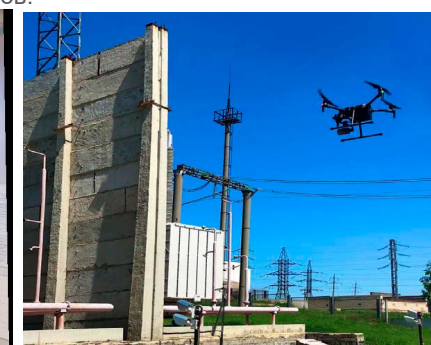
Многолетний опыт реализации проектов оснащения трансформаторов 110-750 кВ стационарными системами АРГ.



Опыт установки газоанализатора в экстремальных условиях (до  $-35^{\circ}\text{C}$  при установке, до  $-50^{\circ}\text{C}$  при эксплуатации) с дистанционным мониторингом через 3G.



Комплексное восстановление АСМД Московского энергетического кольца МЭС Центра и объединение в единую сеть с выводом на уровни ПМЭС, МЭС, ИА, САЦ – 33 единицы силового трансформаторного оборудования



Системы технологического видеонаблюдения и контроля технического состояния оборудования ПС



# Решения для мониторинга оборудования подстанции

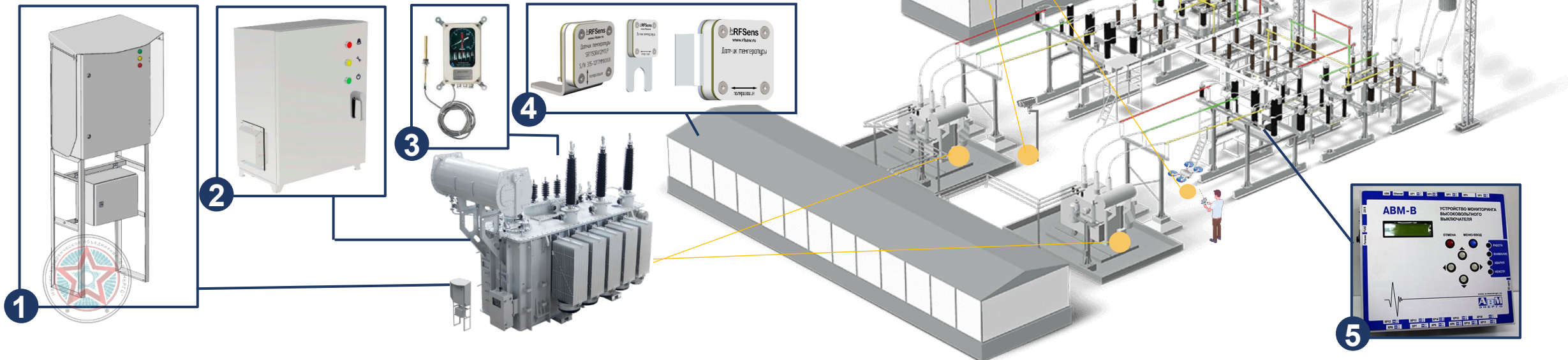
Создание вертикально интегрированных глобальных централизованных систем мониторинга объектов энергетики.  
Цифровые двойники, искусственный интеллект.

## Аппаратное решение:

1. Онлайн-анализатор растворенных газов «Лазер»
2. Системы мониторинга частичных разрядов и состояния изоляции вводов.
3. Индикаторы температуры обмотки трансформатора и температуры масла
4. Оборудование для мониторинга температуры токоведущих шин и контактных соединений электроустановок
5. Оборудование для мониторинга высоковольтных элегазовых выключателей и мониторинга элегазовой ячейки

## Программные продукты:

6. Автоматизированная система диагностики и мониторинга силового оборудования трансформаторных подстанций АСМД «Звезда»
7. Унифицированная IoT-платформы для диспетчеризации данных о состоянии оборудования ПС
8. Системы технологического видеонаблюдения за состоянием оборудования подстанции с применением технологий машинного зрения \*



2

## СТВН

Система технологического  
видеонаблюдения за оборудованием ПС

# Зона ответственности СТВН

СТВН обеспечивает наблюдения за следующими видами оборудования (представлен максимальный перечень):

- силовые трансформаторы;
- трансформаторы тока;
- трансформаторы напряжения;
- реакторы токоограничивающие;
- разъединители;
- высоковольтные выключатели;
- опорная и подвесная изоляция;
- контактные соединения проводов.

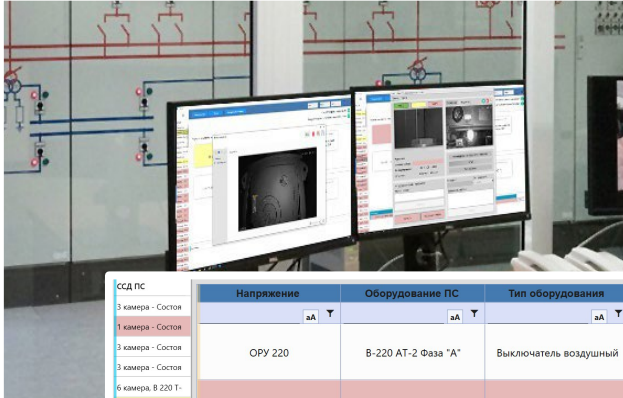
## Функционал:

- Удаленное видео- (в видимом и ИК- диапазонах) и аудио наблюдение за контролируемым оборудованием ПС;
- Автоматизированный осмотр по настраиваемым расписаниям контролируемого оборудования ПС средствами сбора данных;
- Анализ данных автоматизированного осмотра с целью прогнозирования технологических нарушений, оповещение об отклонениях, свидетельствующих о технологических нарушениях, хранение данных автоматизированного осмотра.

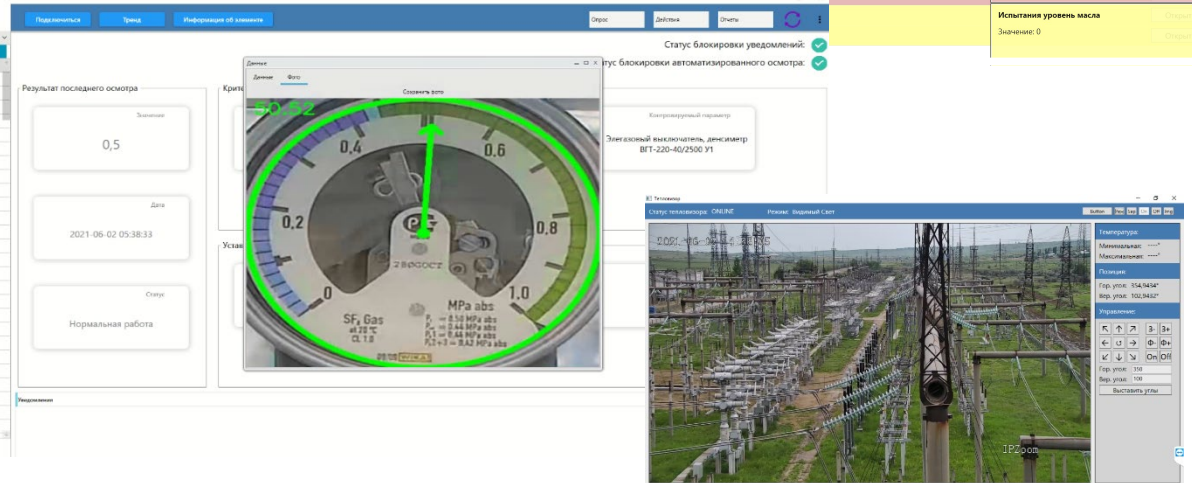




# Программное обеспечение



Средства ПК	Напряжение		Оборудование ПК		Тип оборудования		Элемент ПК		Тип элемента		Тип ССД		Уровень нарушения	
	аА	Т	аА	Т	аА	Т	аА	Т	аА	Т	аА	Т	аА	Т
3 камера - Состояние														
1 камера - Состояние														
3 камера - Состояние														
6 камера, В 220 Т-														
1 камера - Состояние														
Тепловизор														
4 камера - Манометр														
1 камера - Состояние														
4 камера - Манометр														
8 камера, В 220 Т-														
7 камера, В 220 Т-														
3 камера - Состояние														
Микрофон 1														
111 камера														
	ОРУ 220		В-220 АТ-2 Фаза "А"		Выключатель воздушный		В-220 АТ-2 Фаза "А" Звук выходящего воздуха		Акустические данные		Видео			Номинальное
	ОРУ 220		В-220 АТ-2 Фаза "А"		Выключатель воздушный		В-220 АТ-2 Фаза "А" Указатель продувки ВВД-220Б		Уровень		Видео			Критическое
	ОРУ 220		В-220 АТ-2 Фаза "А"		Выключатель воздушный		В-220 АТ-2 Фаза "А" Состояние положения ВВД-220Б		Состояние положения (вкл/выкл)		Видео			Номинальное
	ОРУ 220		1ШР-220 АТ-2 Фаза "А"		Разъединитель		1ШР-220 АТ-2 Фаза "А" Главные контакты РНД3-220/2000 привод ПД-5		Положение главных контактов		Видео			Испытание уровень масла Значение: 0
	ОРУ 220		1ШР-220 АТ-2 Фаза "А"		Разъединитель		1ШР-220 АТ-2 Фаза "А" ЗН РНД3-220/2000 привод ПР-220		Положение ЗН		Видео			Испытание уровень масла Значение: 0
							В-2-500 Фаза "А" Указатель							Испытание уровень масла Значение: 0
														Испытание уровень масла Значение: 0



## Ключевые модули ПО.

### Модуль «Распознавание» (МР)

- Получение данных автоматизированного осмотра элемента оборудования;
- Обработка полученных данных на основании сравнения с базой данных эталонов и получение значений данных и информации о состоянии контролируемого параметра;
- Выгрузка информации о состоянии оборудования. Модуль «Автоматизированный осмотр»
- Подсистема «Сбор данных автоматизированного осмотра»;
- Подсистема «Анализ данных автоматизированного осмотра»
- Подсистема «Уведомление о технологических нарушениях».

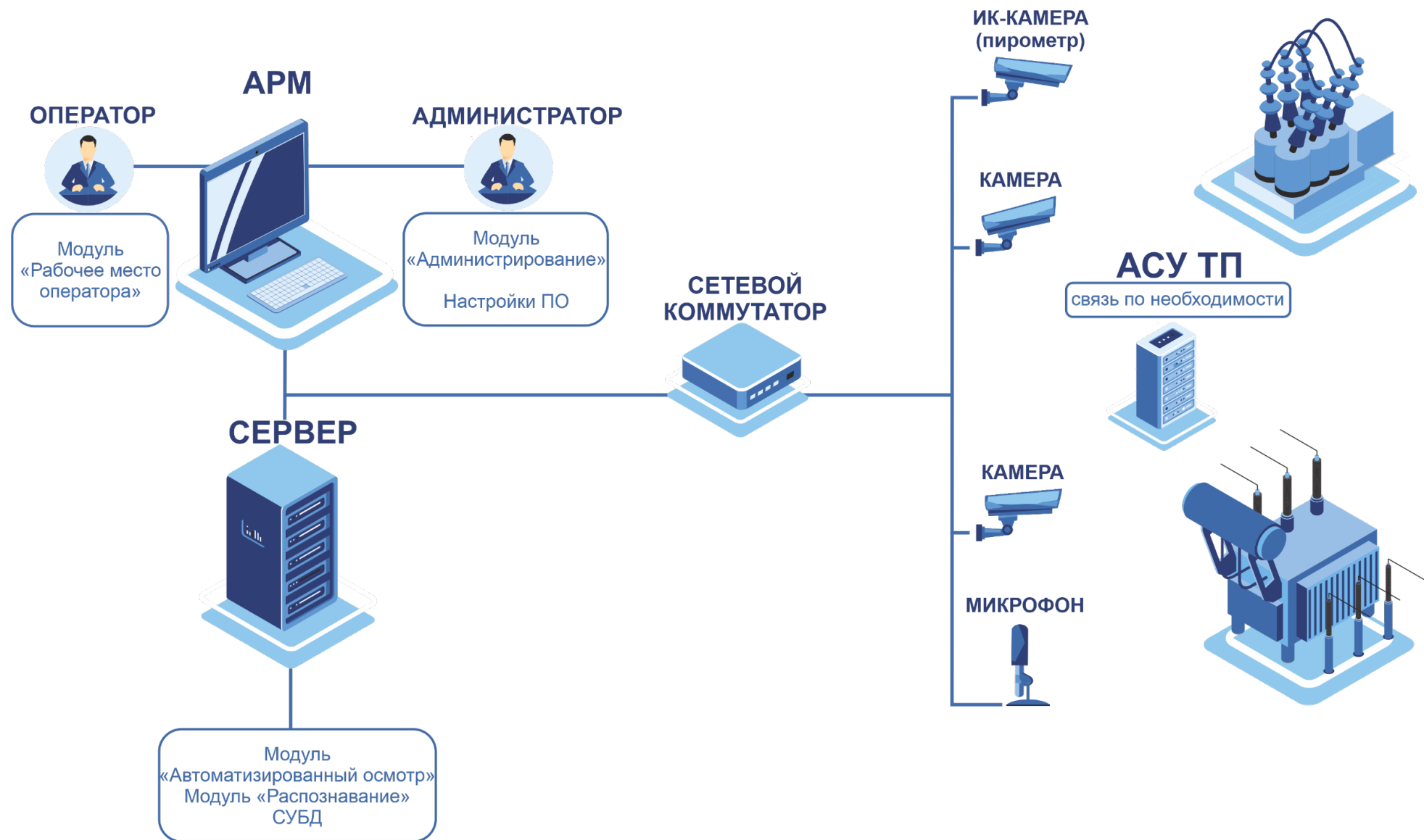
### Модуль «Рабочее место оператора» (МО)

- Подсистема «Наблюдение»;
- Подсистема «Обработка уведомлений о технологических нарушениях»;
- Подсистема «Отчеты».

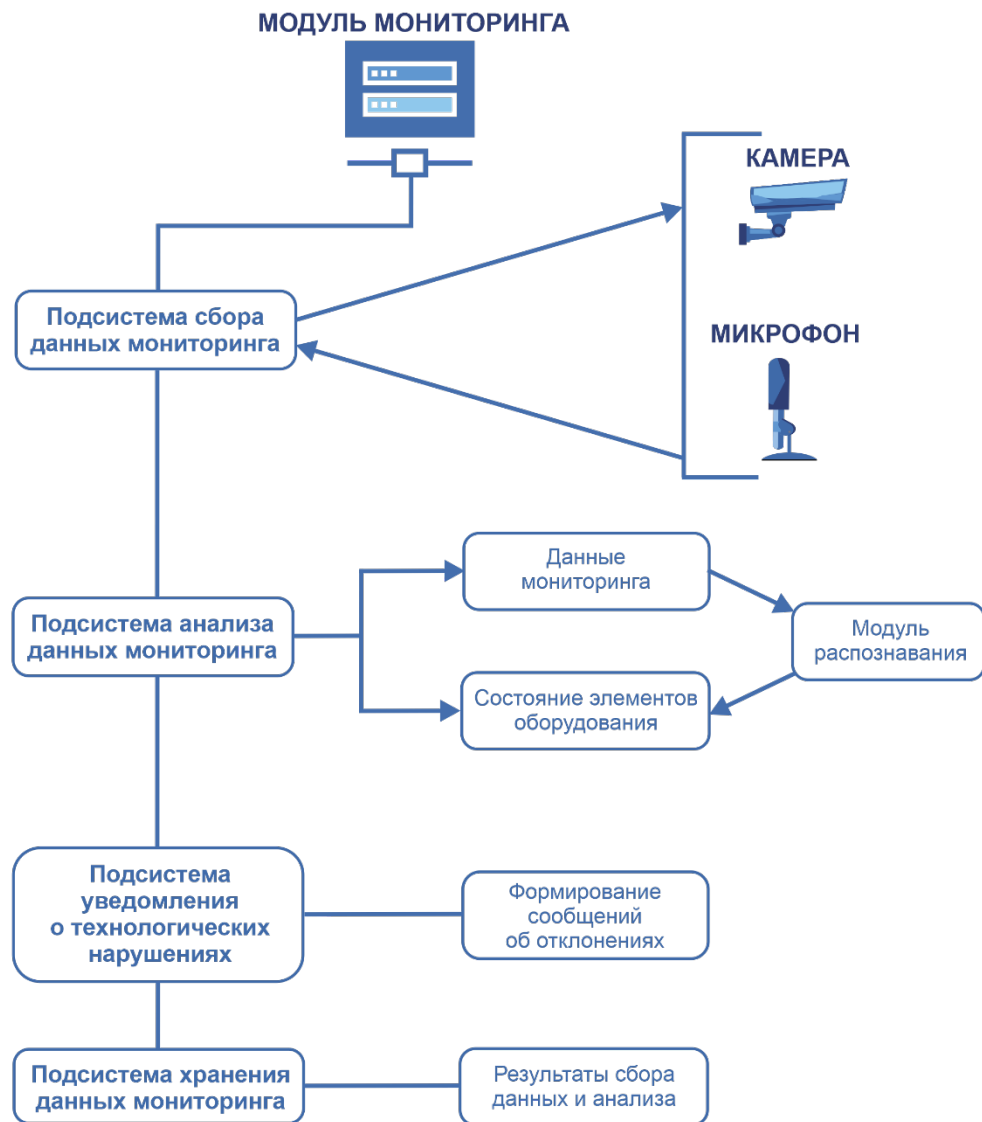
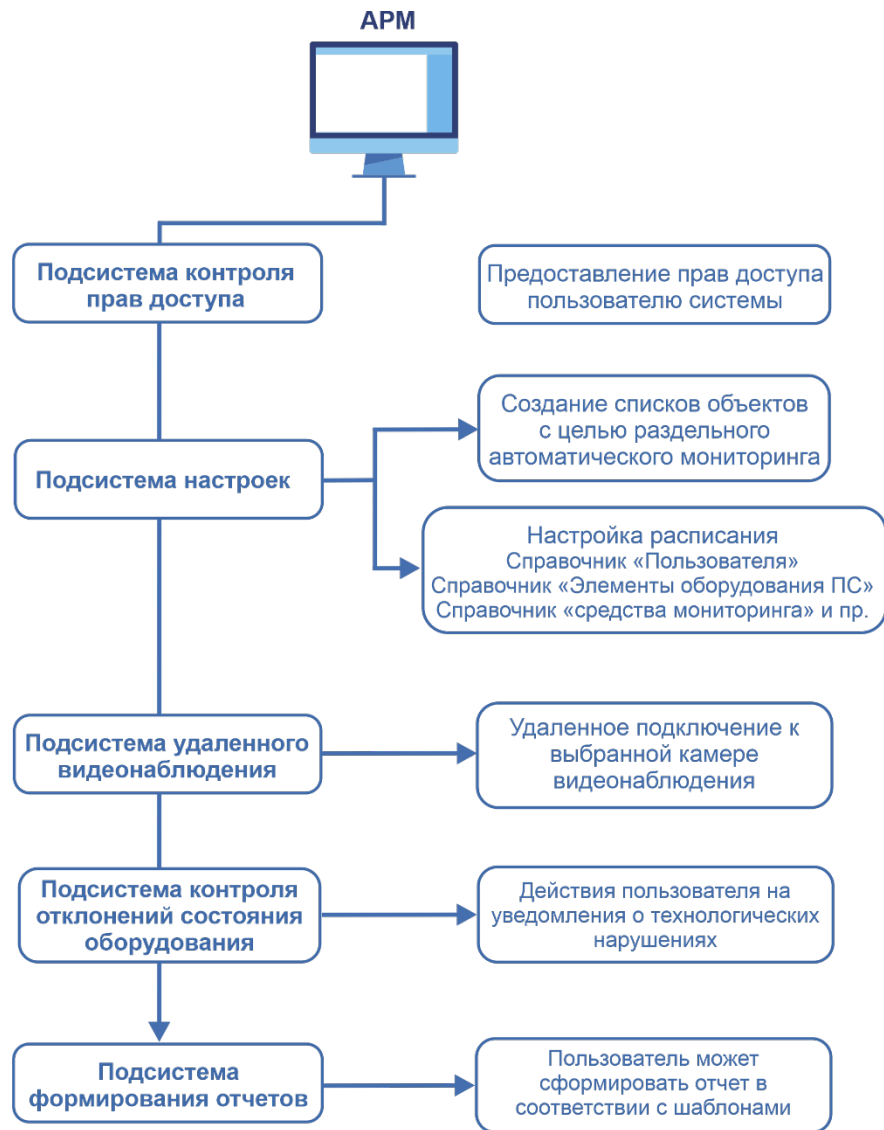
### Функции:

- Возможность выбора элемента оборудования к осмотру;
- Данные последнего автоматизированного осмотра;
- Подключение к соответствующему средству сбора данных (видеокамера, микрофон, тепловизор);
- Осуществление ручного осмотра элемента оборудования;
- Информация о трендах;
- Формирование отчетов.

# Схема взаимосвязей элементов



# Функциональные схемы ПТК



**«Interface»  
Модуль распознавание**

**Методы**

- Получение данных мониторинга элементов оборудования
- Обработка полученных данных и получение состояния элемента оборудования
- Выгрузка информации о состоянии оборудования

# Модуль «Распознавание»

MP реализован в виде программной компоненты, получающей данных виде- и аудио наблюдения состояния элементов контролируемого оборудования и обрабатывающей их для других модулей ПТК.

- Снимки аналоговых приборов (стрелочные);
- Снимки цифровых датчиков;
- Снимки жидкостных уровней;
- Снимки индикаторов состояния;
- Снимки индикаторов цвета (силикагель);
- Снимки визуального состояния оборудования – например, состояние положений разъединителя;
- Акустические данные – аномальный звук.

## Подсистема «Анализ данных автоматизированного осмотра».

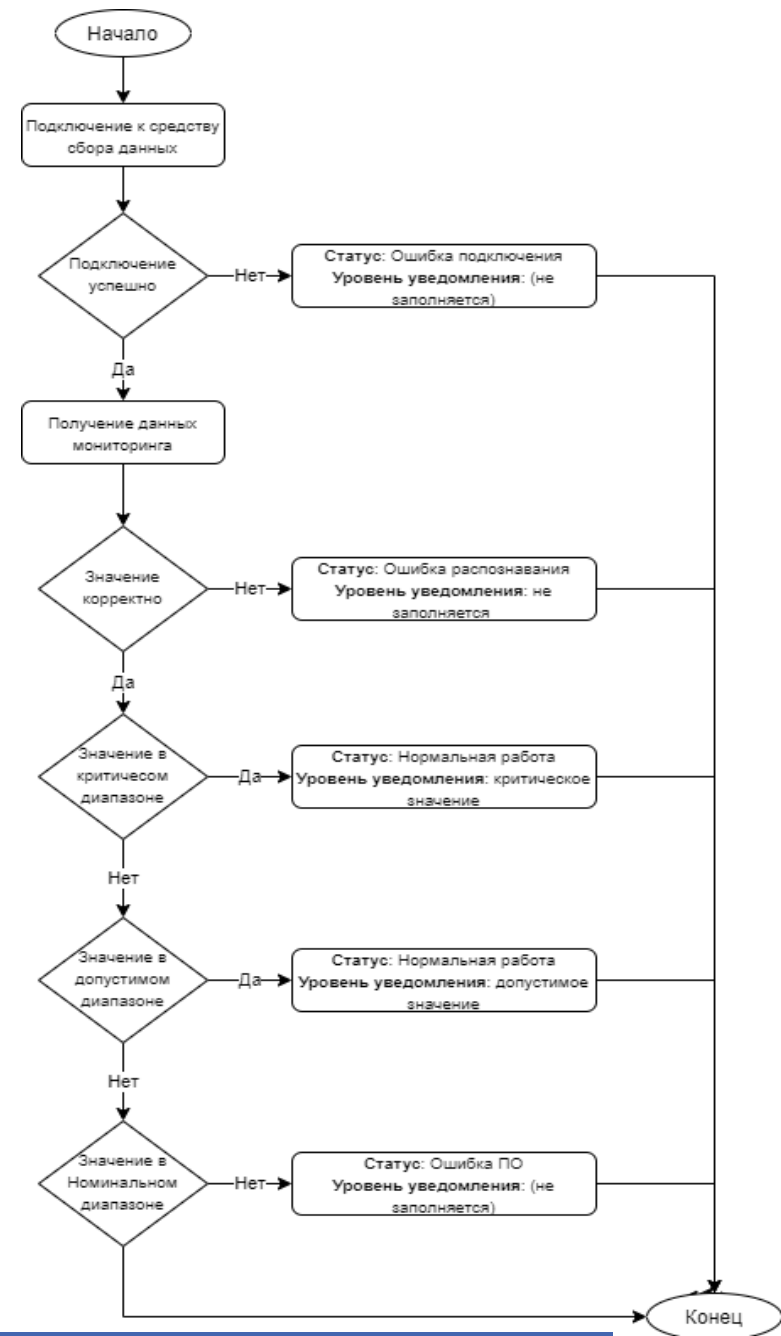
Прогнозирование в СТВН производится методом линейной авторегрессии и предполагает 2 периода основания прогноза:

- Короткий (характеризует скорость изменения прогнозируемой величины за ближайший интервал времени, но более чувствителен к отклонениям)
- Длинный (лучше сглаживает отклонения, но менее точно отражает объективные изменения за последнее время)

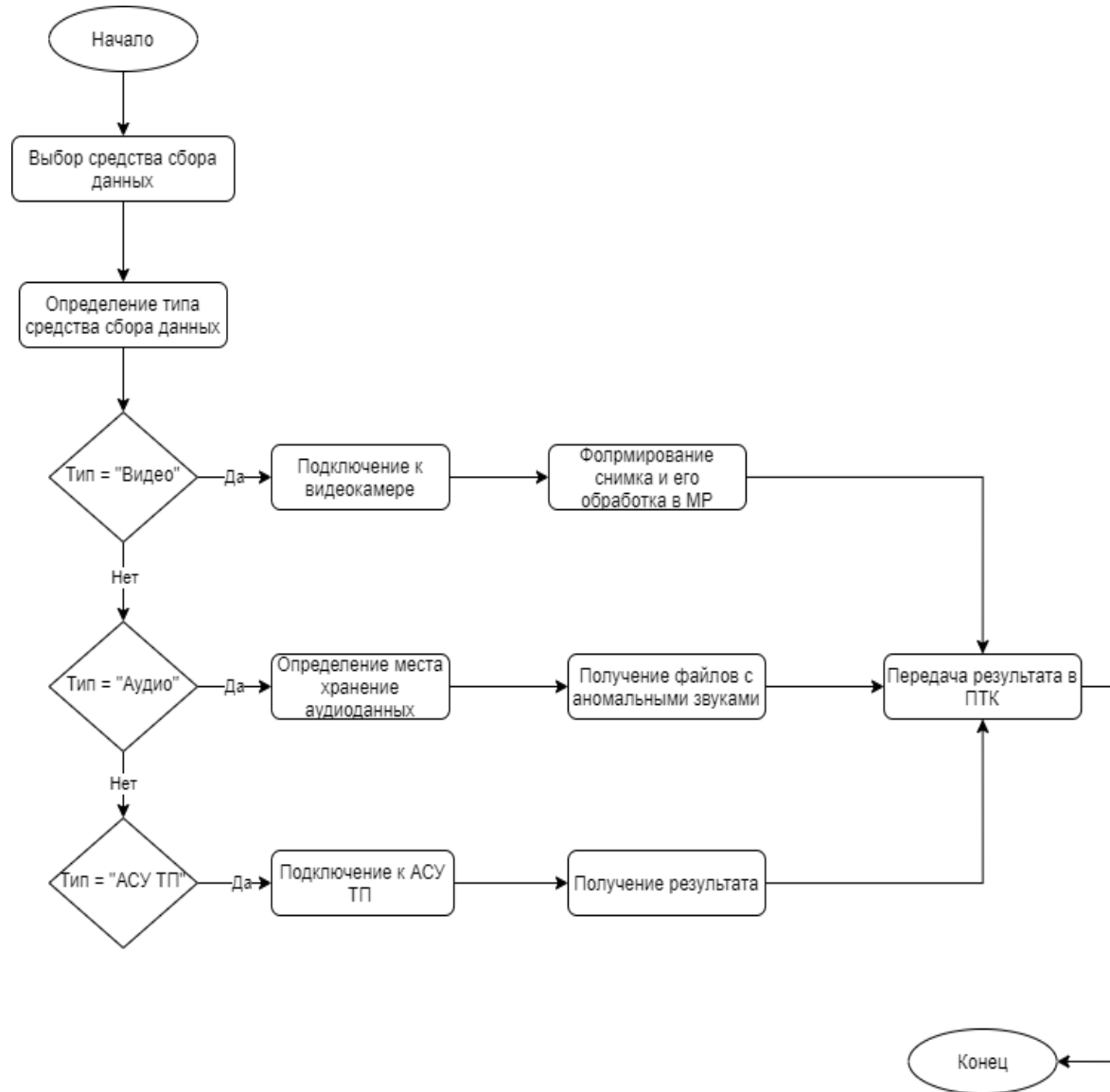
По результатам прогнозирования также формируются уведомления о технологических нарушениях по аналогии результатами автоматизированного осмотра.

## Подсистема «Уведомления о технологических нарушениях».

Уведомления пользователю служат для информирования о ненадлежащем состоянии средств сбора данных, об ошибках распознавания, об ошибках ПО и технологических нарушениях.



# Модуль «Автоматизированный осмотр»



## Подсистема

### «Сбор данных автоматизированного осмотра».

Процедура извлечения информации заключается в определении типа средства сбора данных, подключении к этому средству, получению результата и передачи результата в ПТК для анализа, обработки и сохранения в БД.

Сбор данных может осуществляться:

- в «ручном» режиме (операция инициируется любым пользователем из АРМ)
- В автоматическом режиме (сбор данных производится автоматически согласно настраиваемому расписанию)

Результатом осмотра каждого элемента будут число (значение контролируемого параметра) и, возможно, файл. Полученное значение контролируемого параметра записывается в БД с указанием номера сессии и необходимой служебной информацией.

# Примеры размещения камер на объекте



Уровень масла бака РПН / основного бака

500 кВ Автотрансформатор АОДЦН 167/500/220/10 У1  
АТ-2 Фаза "А"



Датчик температуры ТКП

500 кВ Автотрансформатор АОДЦН  
167/500/220/10 У1 АТ-2 Фаза "А"

Подключиться Тренд Информация об элементе

Статус блокировки уведомлений:

Статус камеры: Подключено

Результат последнего осмотра

Значение
0,48

Дата

2020-11-17 15:16:36

Видео

Статус камеры: Подключено

Трансляция изображения с камеры в режиме online.

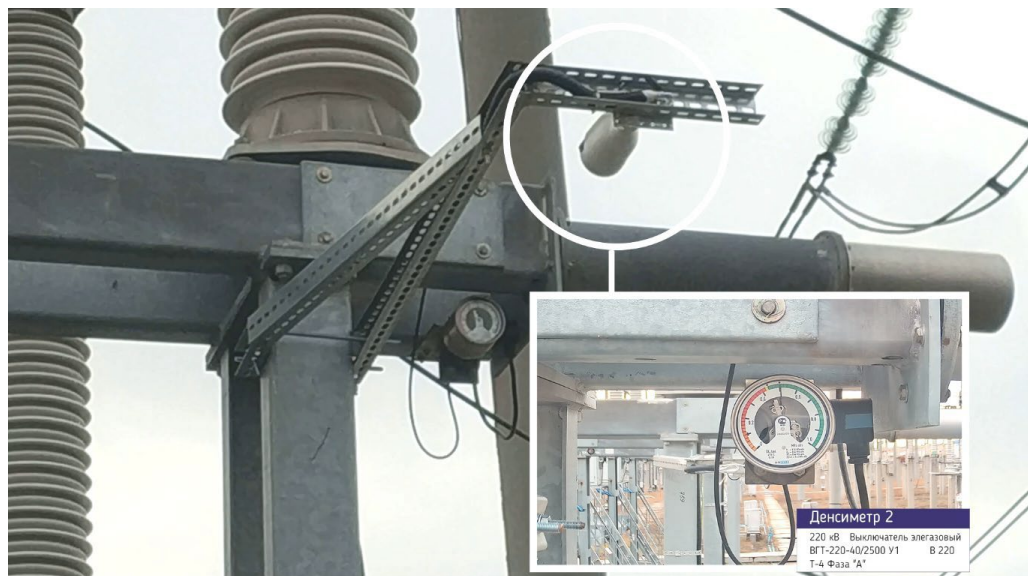
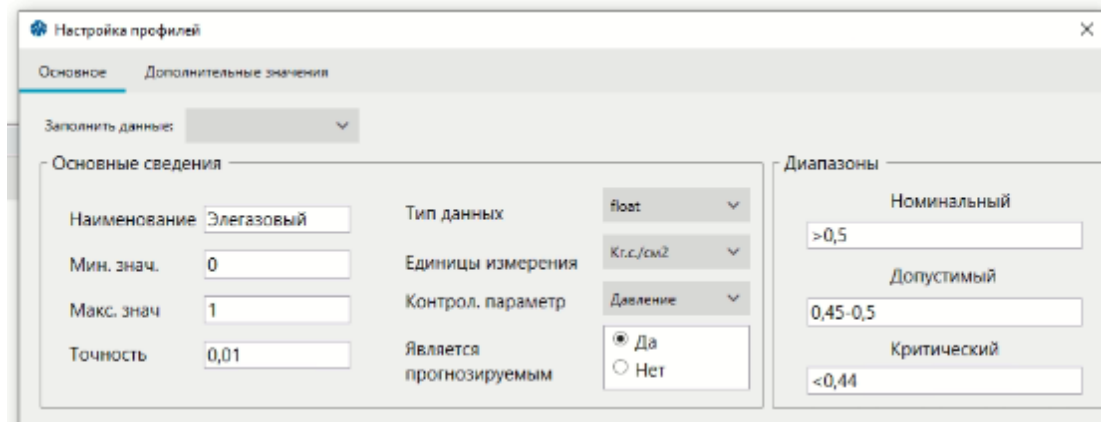
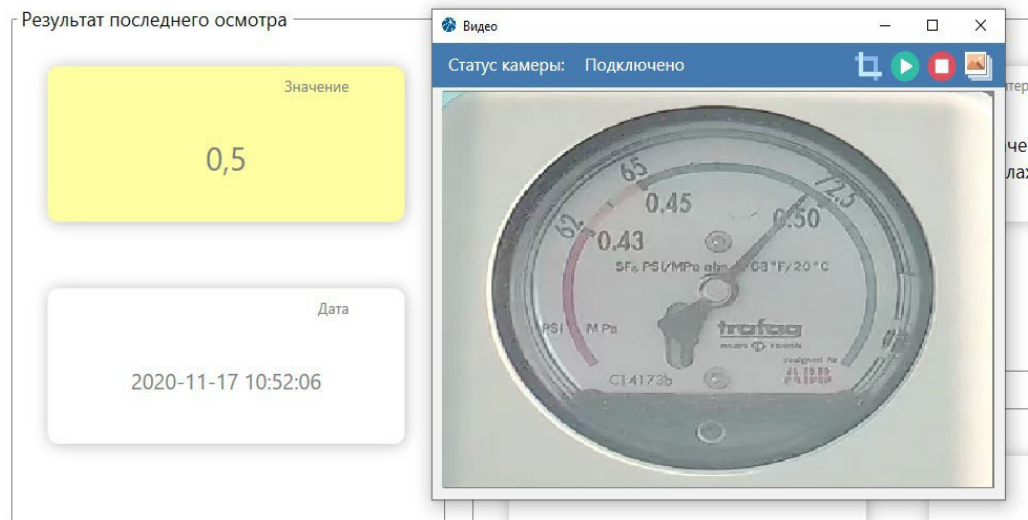
Уведомления

В-220 АТ-2 Фаза "А" Указатель продукции

Обработано:

# Распознавание стрелочных приборов

Время распознавания каждого элемента данных не превышает 10 секунд.



Распознавание показаний стрелочных приборов производится с использованием алгоритмов компьютерного зрения.

Детектирование производится с учётом специфических особенностей каждого отдельно взятого типа прибора (радиус циферблата, толщина и длина стрелки, а так же их количество, цвет).

Снимки аналоговых приборов (стрелочные) — преобразуются в оцифрованные показания в соответствующих единицах измерения.

# Распознавание цифровых датчиков

Результат последнего осмотра

Критерии

Значение

22

Дата

2020-11-18 14:35:22

Данные

Главная Фото

Сохранить фото

Результат последнего осмотра

Критерии

Значение

19,2

Дата

2020-11-18 14:35:19

Данные

Главная Фото

Сохранить фото



Использование нейросетевой архитектуры, обученной на наборе снимков прибора, для классификации отдельных цифр на датчике с последующим формированием итогового значения.

Снимки цифровых датчиков – преобразуются в оцифрованные показания в соответствующих единицах измерения.



# Распознавание главных контактов и заземляющих ножей на разъединителях



Детектирование положения ГК разъединителя осуществляется с использованием различных фильтров и морфологических преобразований изображений, которые позволяют выявить характерные главным контактам геометрические образы. Определенные соотношения полученных геометрических образов используются для классификации положений ГК.

Результат последнего осмотра

Значение
Замкнут
Дата
2021-06-02 05:49:04

Критерии

Данные

Данные Фото

Сохранить фото

Результат последнего осмотра

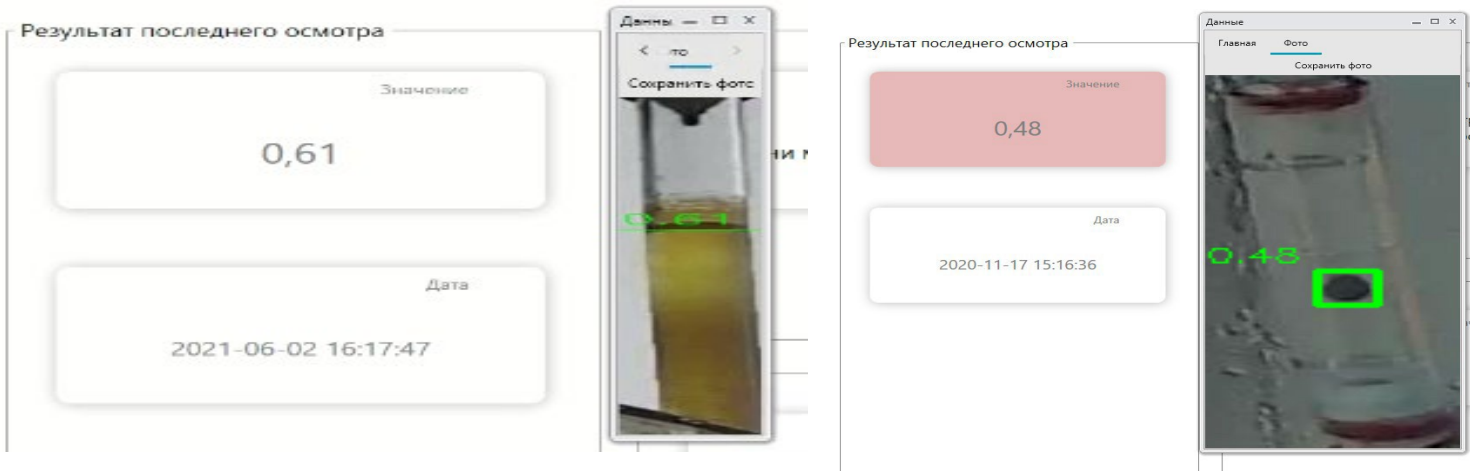
Значение
Разземлен
Дата
2021-06-02 05:49:16

Данные

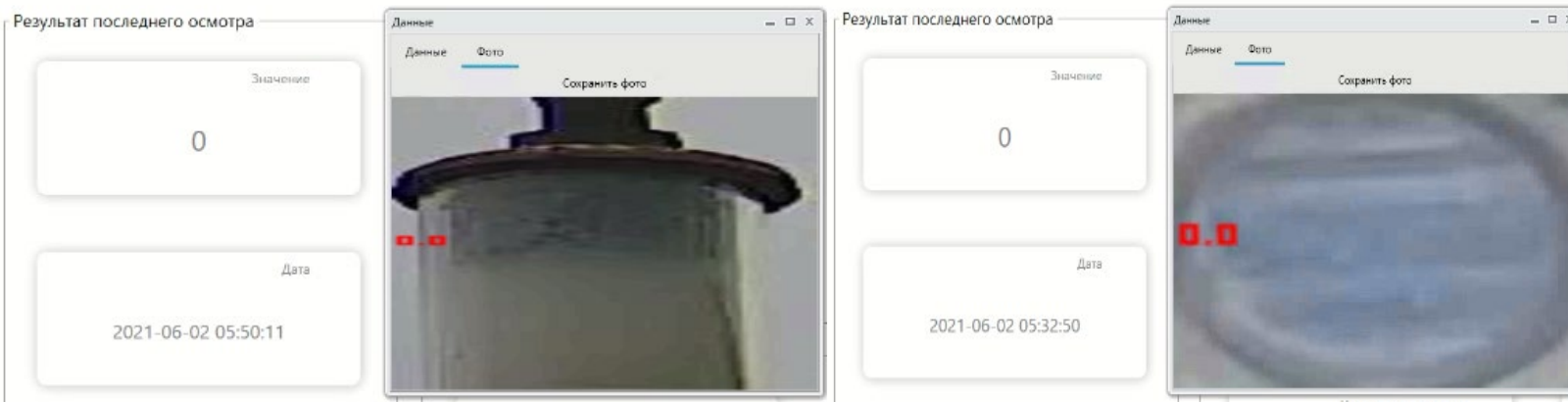
Данные Фото

Сохранить фото

# Распознавание датчиков уровня и индикаторов силикагеля



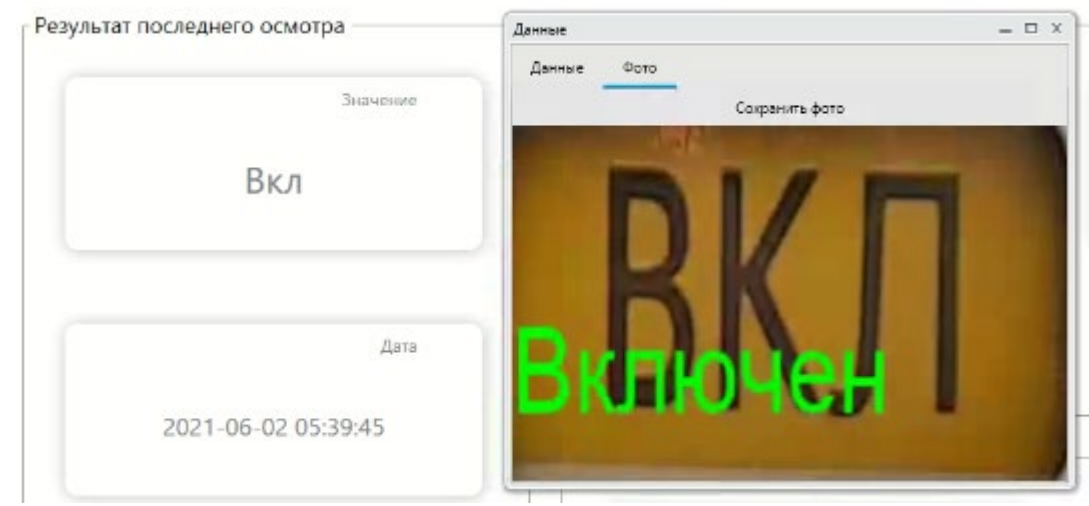
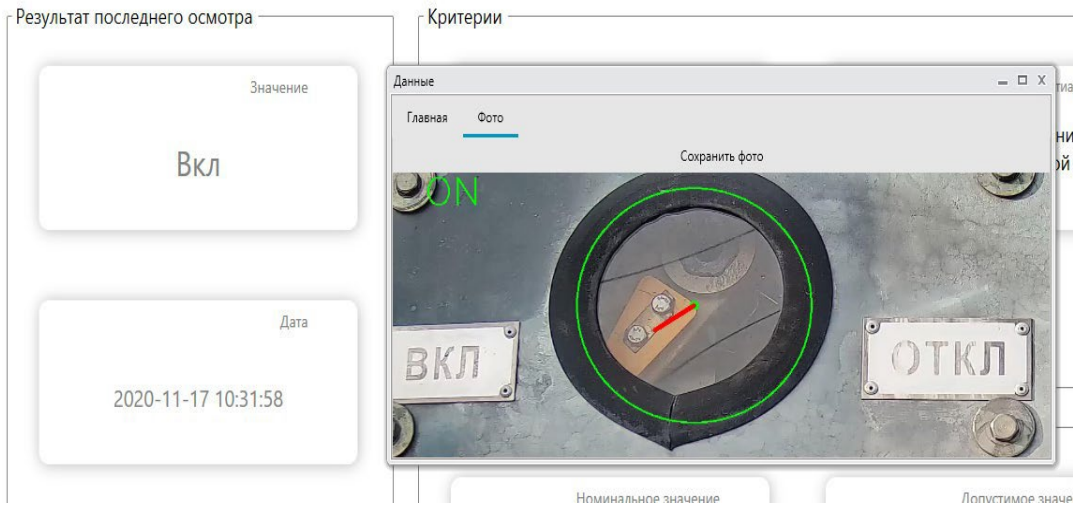
Детектирование относительного положения уровня с различных фильтров и морфологических преобразований изображений, которые позволяют выявить характерные уровням геометрические образы.



Снимки индикаторов цвета (например, цвета силикагеля) преобразуют в процентное соотношение меры критичного цвета к номинальному; так для индикаторов силикагеля – процент розовых гранул по отношению к синим.

Снимки индикаторов уровня жидкости преобразуют в относительное значение показания уровня жидкости так, что диапазон цифровых значений находится в промежутке от 0 до 1.

# Распознавание индикаторов положения



Использование различных фильтров и морфологических преобразований изображений с дальнейшей подачей в нейросетевые архитектуры, обученные на детекцию и распознавание кириллицы.

Снимки индикаторов состояния— преобразуются в числовые значения от 0 до (N-1), где N число возможных состояний индикатора, каждому числу соответствует наименование, реализуется как перечисление.



# СТВН в работе.

## Спектральный анализ звука



Спектральный анализ звука используется для определения аномальных звуков, характерных для проявления дефектов, с помощью микрофонов. С этой целью производится анализ спектра фонового звука, и при превышении амплитуды в диапазонах частот, характерных для дефекта, ПТК выдает соответствующее уведомление.

## Компьютерное зрение в реальном времени, включая инфракрасный спектр



Тепловой анализ (термограммы) используется для определения критических температур элементов оборудования ПС. Точное распознавание показаний, в том числе малогабаритных приборов. Построение и прогнозирование линий тренда. Сигнал тревоги в случае, если прогноз выходит за пределы опорных диапазонов.

# Распознавание звуков



## Возможности:

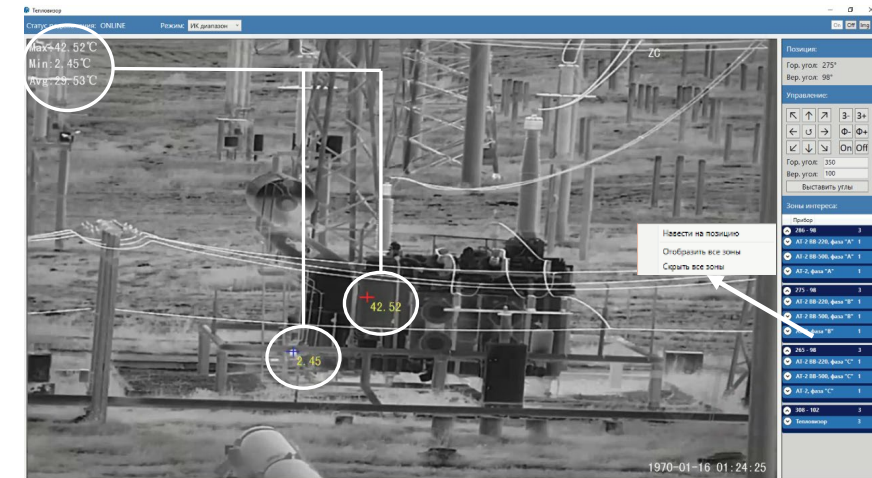
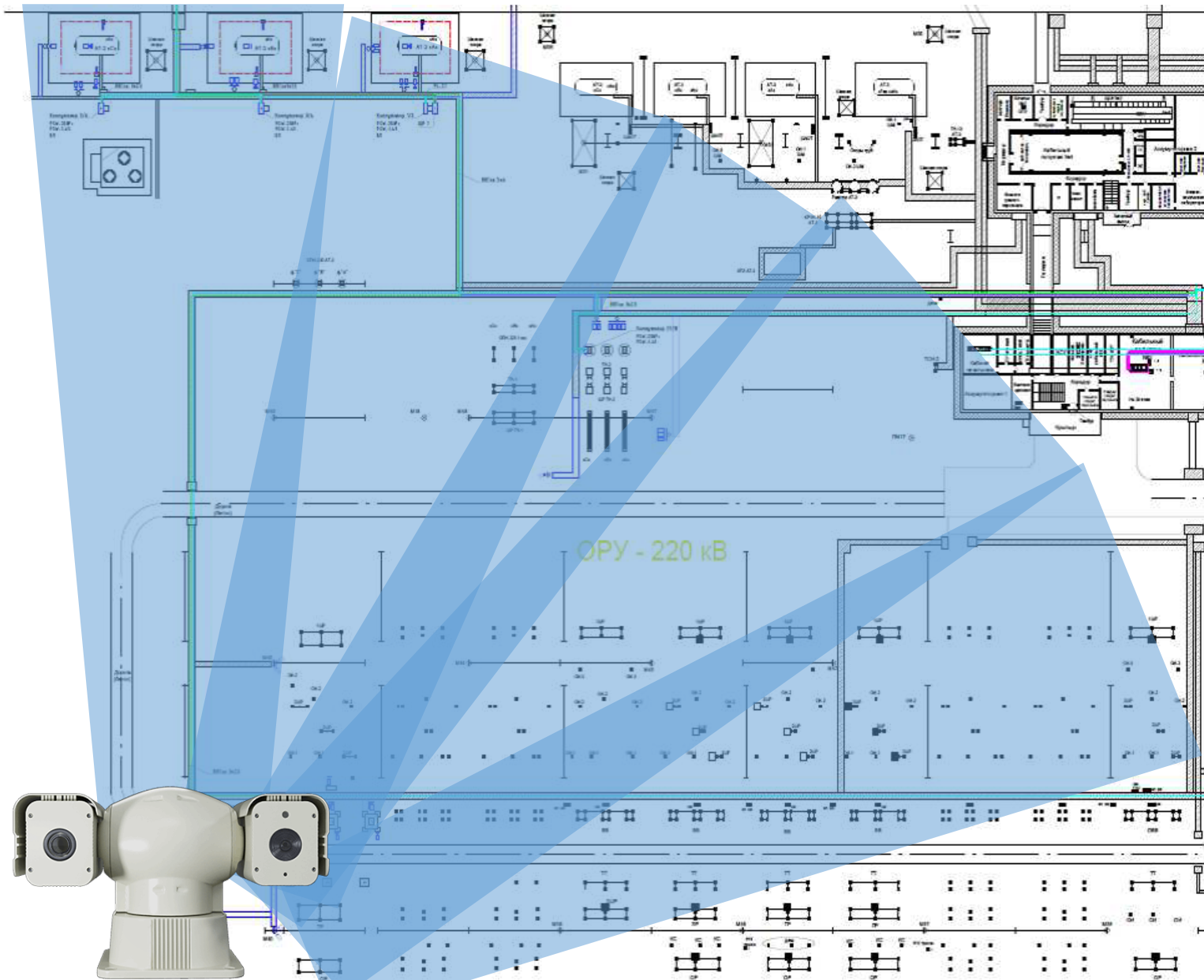
- Отображение преобразования Фурье;
- Отображение необработанного сигнала;
- Отображение спектрограммы;
- Прослушивание истории аномальных звуков;
- Заведение уставок.

## Особенности функционирования:

- Для учета фонового шума каждый микрофон калибруется по месту размещения;
- Акустико-эмиссионный контроль ведется непрерывно;
- Каждый канал (микрофон) контролирует изменение конкретного параметра наблюдаемого оборудования, характеризуется настройками (уставками);
- Уставки для регистрации аномальных звуков учитывают фоновый шум и физические характеристики контролируемых звуков.

Ежечасная запись амплитуды звукового сигнала на заданном интервале частот для возможности отображения, анализа, а также прогнозирования звука.

# Тепловизионный контроль



Тепловое + оптическое би-спектральное обнаружение, панорамная PTZ-камера для наблюдения во всем диапазоне на 360°

- Рабочая температура/влажность:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 65\text{ }^{\circ}\text{C} / \leq 90\%$
- Диапазон:  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Точность  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Особенности функционирования:

- Для автоматизации тепловизионного контроля выполняется сегментация — разметка термограмм тепловизора;
- Термограмма характеризуется комбинацией вертикального и горизонтального углов поворотной платформы.

# Плюсы внедрения СТВН

**Повышение надежности** оборудования и увеличение срока его эксплуатации

**Повышения ценности** для конечного пользователя диагностической **информации**. Снижение числа ложных показателей из-за «человеческого фактора».

**Сокращение инвестиционных затрат** на обновление оборудования, снижение затрат на устранение последствий технологических нарушений.

**Централизованный сбор** аналитической **информации** по итогам измерений, повышение прозрачности процессов мониторинга технического состояния

**Оптимизация** мероприятий технического обслуживания и ремонта оборудования

**Переход от ручного труда к автоматизированному процессу** сбора и анализа данных для последующего управления активами

**Удобное и гибкое ПО.** Возможность интеграции с внешними информационными системами (в частности, АСУТП).

**Снижение трудозатрат** на проведение плановых периодических осмотров оборудования подстанций

**Повышение наблюдаемости,** снижение аварийности.



# 2

## УНИФИЦИРОВАННАЯ ИОТ- ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПС



# Структура IoT- платформы

IoT-платформа предназначена для сбора, обработки и передачи данных с различных типов устройств мониторинга по проводным и беспроводным защищённым каналам связи в единую систему, позволяющую использовать данные для расчетов и прогнозирования в различных программах диагностики и моделирования по расчетно-аналитическим моделям.

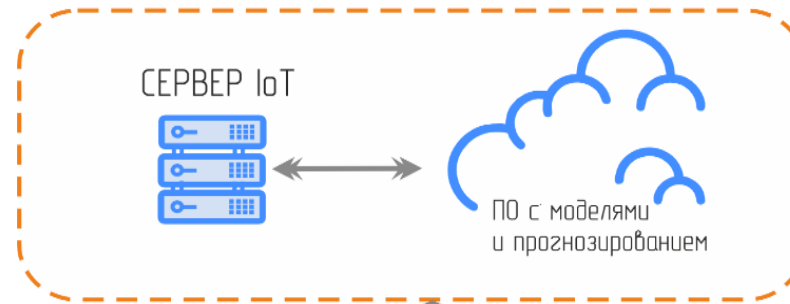
## Преимущества:

- Реализация беспроводных решений с учетом требований информационной безопасности;
- Модульный принцип построения программного обеспечения;
- Непрерывная самодиагностика IoT-платформы с сигнализацией и локализацией выявленного отказа;
- Формирование файлов в CIM-нотации.
- Интеграция и объединение различных ИТ-систем на иерархических уровнях;
- Интеграция сетевых информационных (технологических и корпоративных) систем.

## Применение IoT- платформы позволит:

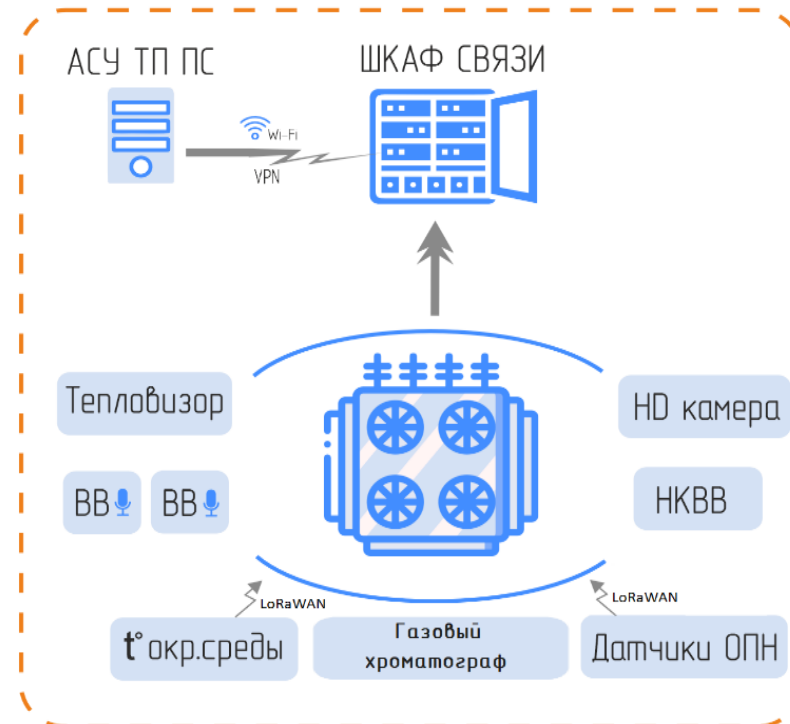
- Снизить инвестиционные затраты на обновление оборудования за счет повышения наблюдаемости;
- Снизить затраты на устройства и обслуживания проводных коммуникаций.
- Снизить операционные и капитальные затраты на сбор данных от удалённых объектов и устройств сети.

## УРОВЕНЬ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО АППАРАТА



3G  
VPN

## УРОВЕНЬ ПС



## Основные элементы ПТК IoT- платформы:

- 1 Шкаф климатический всепогодный
- 2 Роутер
- 3 Коммутатор
- 4 Промышленный компьютер
- 5 Базовая станция
- 6 Температурный датчик
- 7 Многофункциональный датчик
- 8 Трехпроводной микрофон
- 9 Передатчик звука
- 10 Уличная камера видеонаблюдения
- 11 Тепловизионная камера
- 12 Преобразователь
- 13 Коммутатор
- 14 Сервер IoT платформы
- 15 Шкаф металлический
- 16 Общее и специальное программное обеспечение

# ПК IoT- платформы

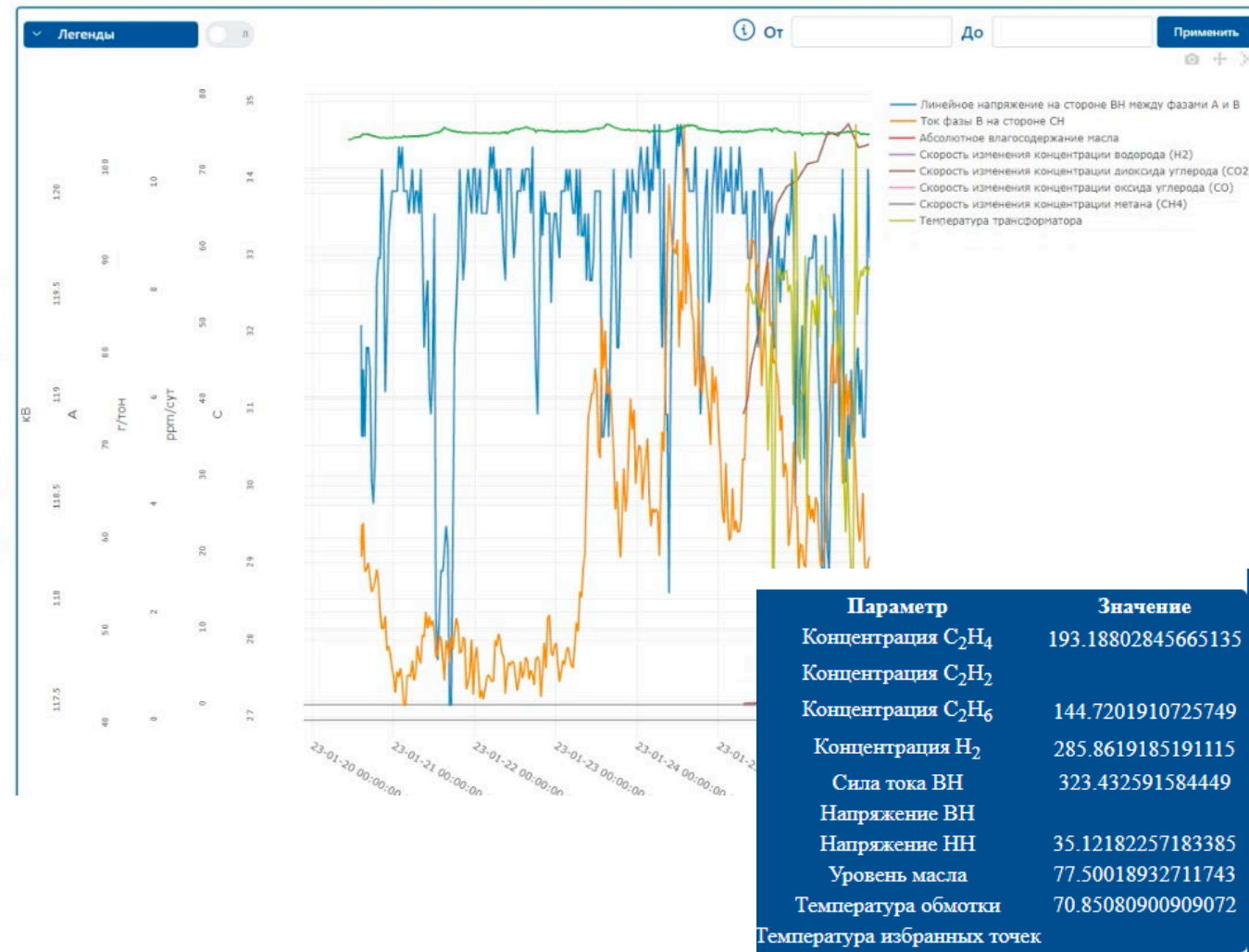
ПК IoT-платформы предназначен для сбора, обработки, хранения и передачи данных с различных типов устройств мониторинга в единую систему, позволяющую использовать данные для расчётов диагностических параметров и прогнозирования их развития.

ПК IoT-платформы призван решать следующие задачи:

- непрерывный контроль состояния оборудования ПС;
- сбор, обработка и накопление информации, полученной от измерительных устройств, установленных на оборудовании ПС;
- непрерывная самодиагностика IoT-платформы с сигнализацией и локализацией выявленного отказа;
- обмен информацией между компонентами IoT-платформы и внешними информационными системами.

Информация представлена в 4 основных формах:

- График;
- Легенды (отвечают за отображение линий на графике);
- Данные последнего замера;
- Панели устройств с возможностью онлайн просмотра.

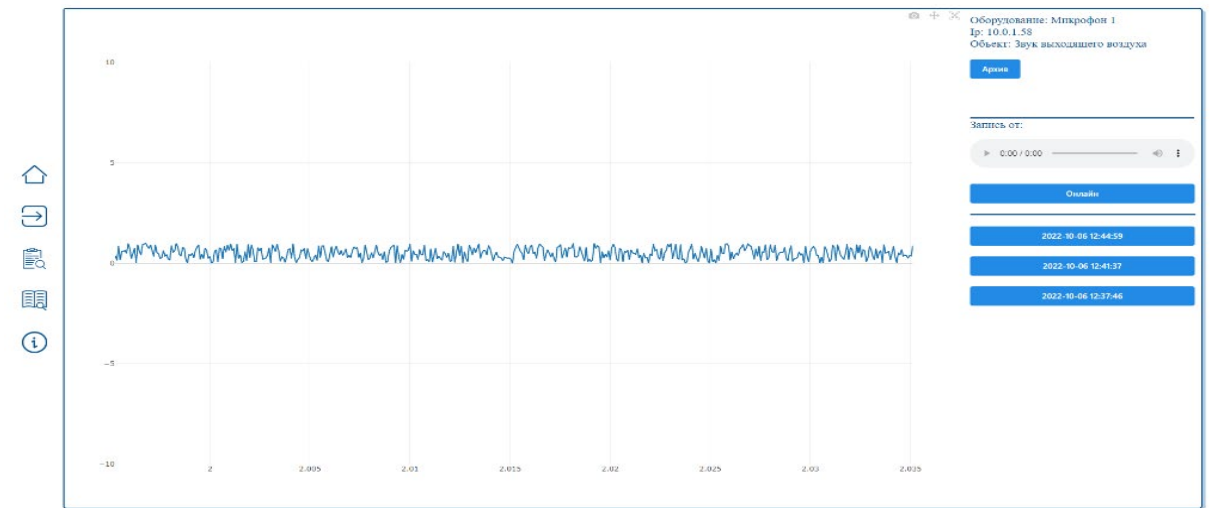


Пример отображения легенд и данных последний измерений

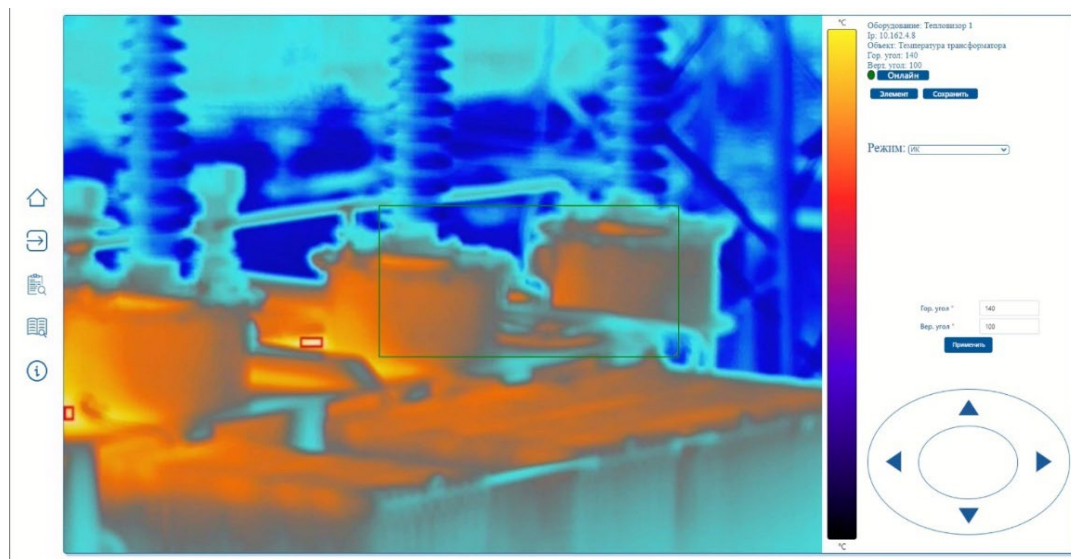
# Визуальное отображение диагностической информации



Просмотр онлайн камеры



Прослушивание микрофона в режиме онлайн



Просмотр онлайн тепловизора





**БО-ЭНЕРГО**

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

107023, г. Москва, ул. Малая Семеновская, д. 9, стр.14Г

[energo@bo-energo.ru](mailto:energo@bo-energo.ru)

+7 (495) 739-42-50

[www.bo-energo.ru](http://www.bo-energo.ru)