

# Современные методы диагностики и повышения надёжности работы ВЛ 6 – 110 кВ

**Лидзарь Руслан Викторович**  
Заместитель главного инженера – главный энергетик АО «Оренбургнефть»

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



VIII Международная  
научно-техническая конференция

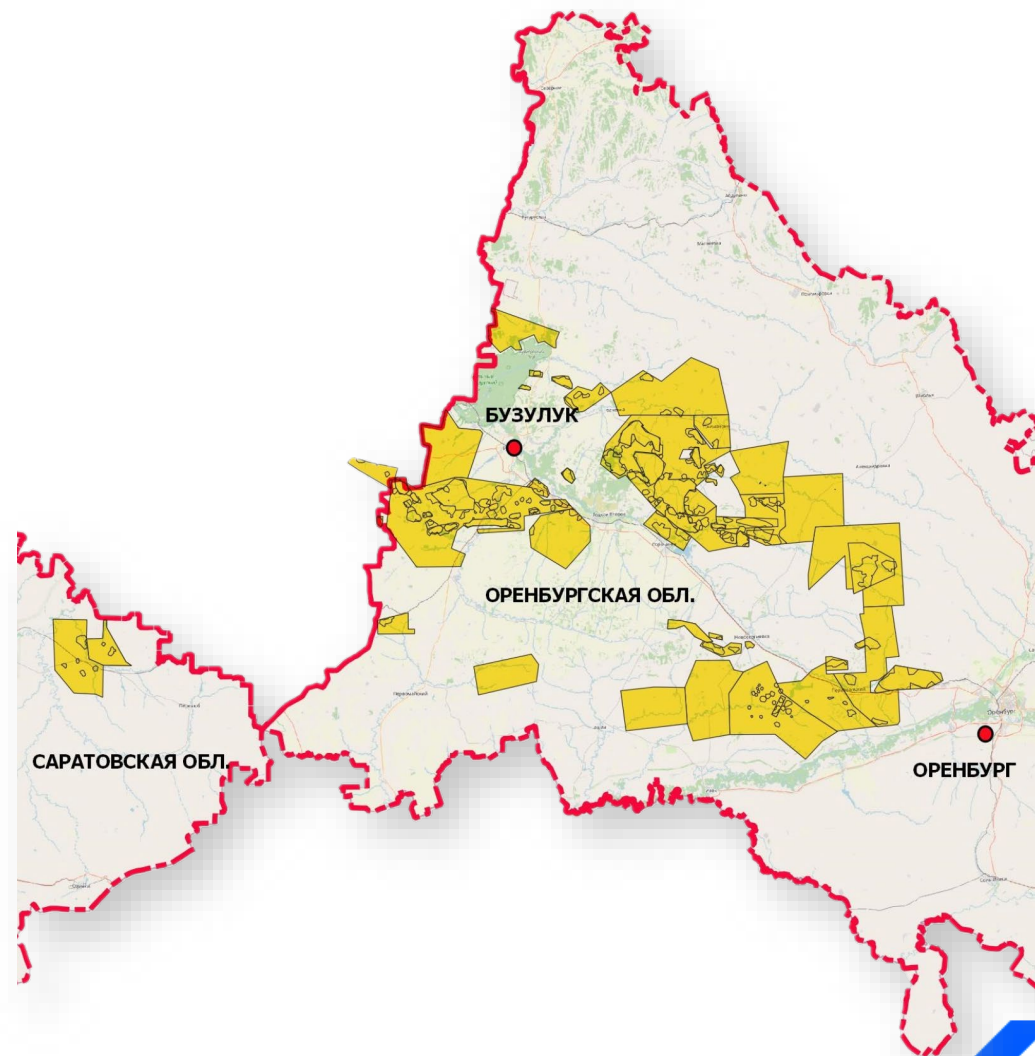
«Развитие и повышение надёжности  
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



# Общие сведения об электросетевом комплексе АО «Оренбургнефть»

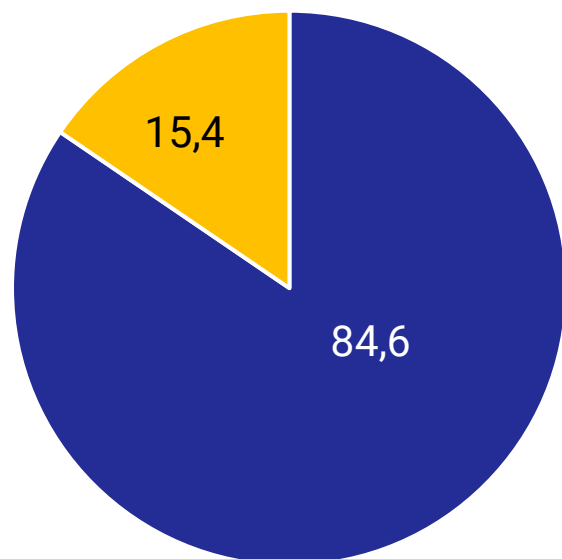
- ▶ Месторождения расположены на территории Оренбургской, Самарской и Саратовской областей;
- ▶ В состав АО «Оренбургнефть» входит 74 лицензионных участка, в пределах которых размещены 112 месторождений углеводородов. 99 – в разработке, 13 – в разведке;
- ▶ Начало промышленной добычи на месторождениях АО «Оренбургнефть» – 1937г.
- ▶ **Объекты электроснабжения:**
  - ПС 110 кВ - 15 шт;
  - ПС 35 кВ - 36 шт;
  - ПС 20 кВ – 7 шт;
  - КТП 6(10)/0,4 кВ – 2524 шт;
  - Воздушные ЛЭП 6 – 110 кВ – 4 253 км.



# Аварийность ВЛ 6 – 110 кВ

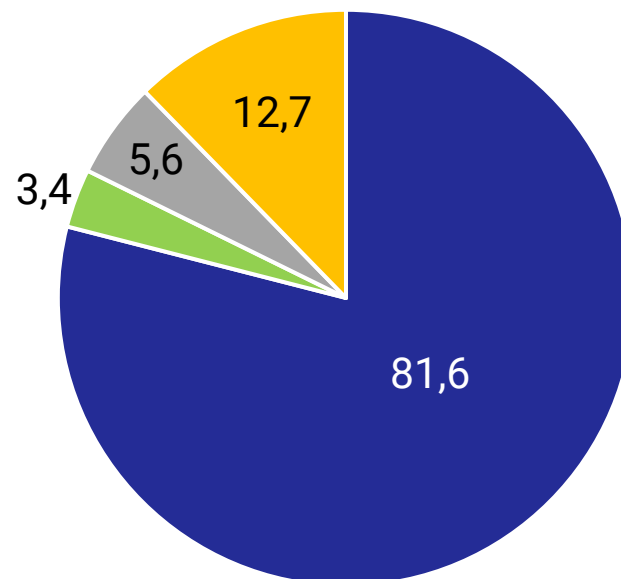
Согласно данным статистики в АО «Оренбургнефть» за период с января 2020 г. по май 2023 г. 84,6% технологических нарушений в электрических сетях произошло на воздушных линиях 6 – 110 кВ.

Процент технологических нарушений по видам оборудования, %



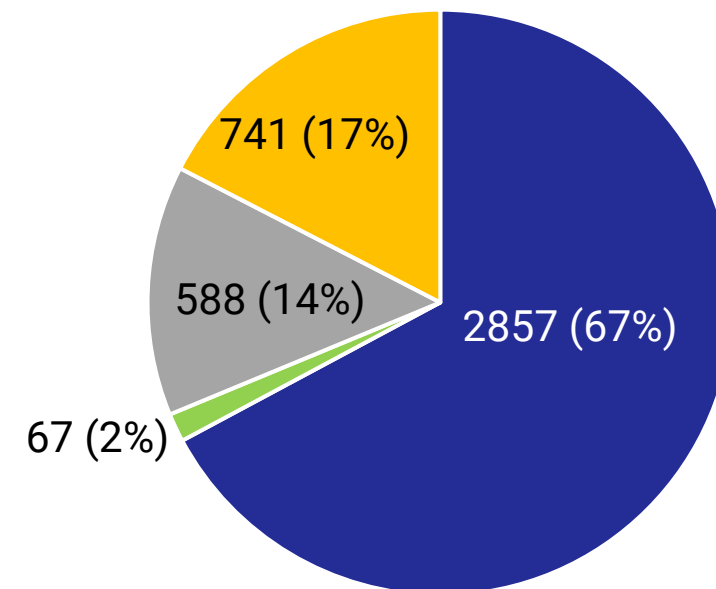
■ ВЛ 6 - 110 кВ

Процент аварийных отключений ВЛ по классам напряжения, %



■ 6(10) кВ ■ 20 кВ ■ 35 кВ ■ 110 кВ

Протяжённость ВЛ по классам напряжения, км



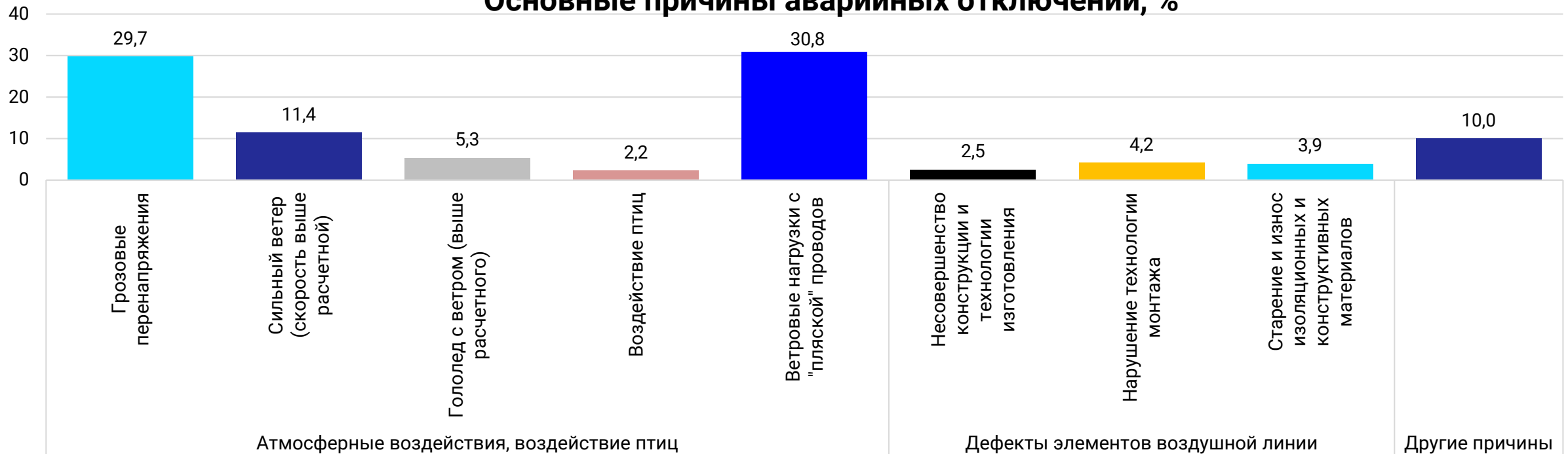
■ 6(10) кВ ■ 20 кВ ■ 35 кВ ■ 110 кВ

# Основные причины аварийных отключений на ВЛ 6 – 110 кВ

Основными причинами аварийных отключений на ВЛ 6 – 110 кВ являются:

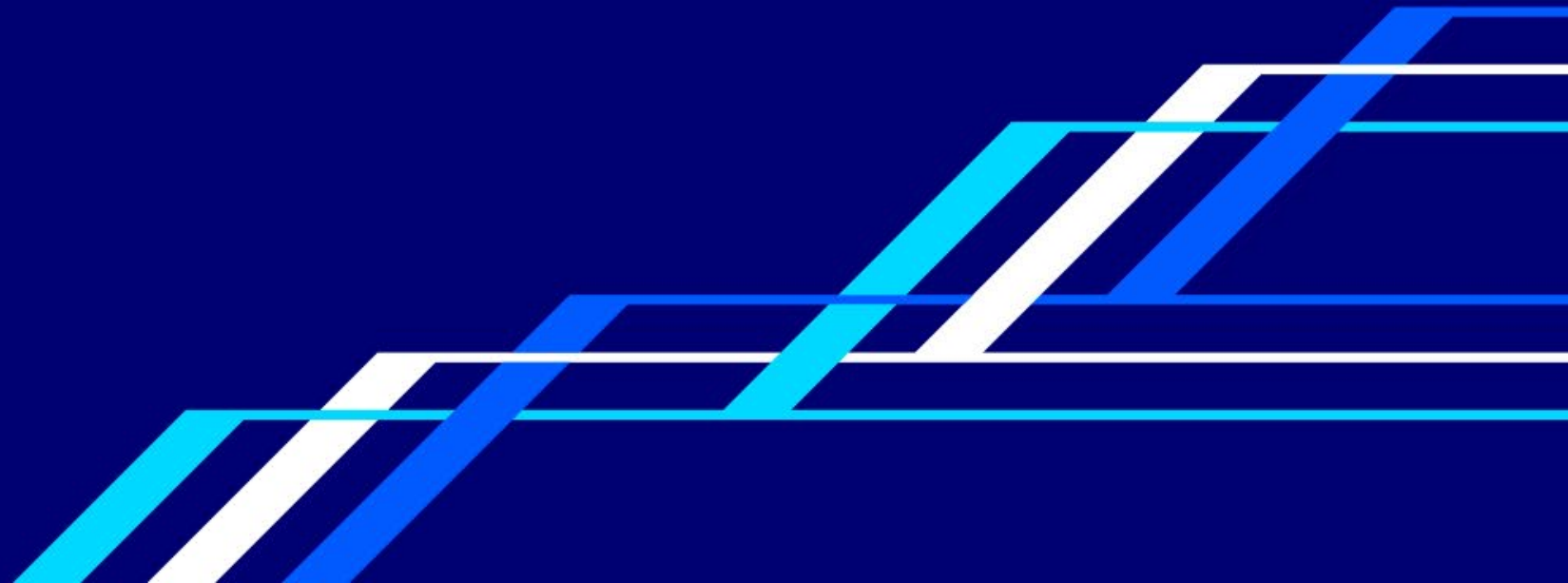
- атмосферные воздействия (ветровые нагрузки, гололёдные отложения, грозовые перенапряжения), воздействие птиц;
- дефекты элементов воздушной линии.

Основные причины аварийных отключений, %



С целью снижения количества аварийных отключений ВЛ, при недопущении роста эксплуатационных затрат, проводится своевременная диагностика их технического состояния.

# 1. Современные методы диагностики ВЛ 6 – 110 кВ



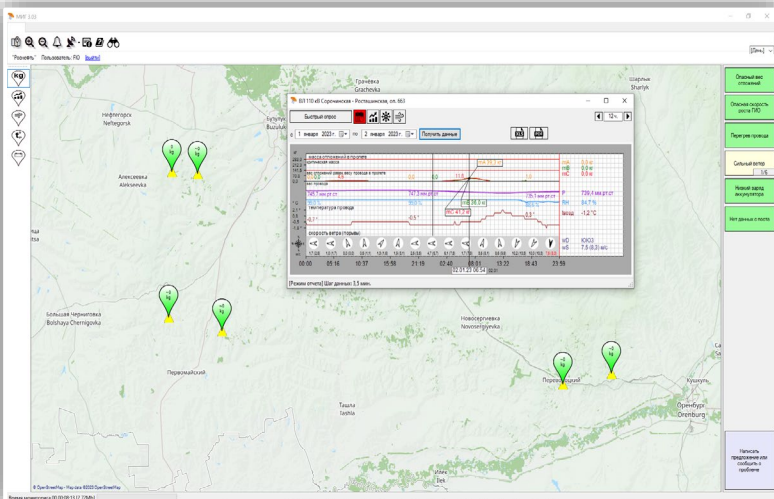
# Система мониторинга образования гололёдных отложений на воздушных линиях электропередачи 110 кВ



Система мониторинга образования гололедно-изморозевых отложений состоит из набора постов мониторинга, установленных на ВЛ 110 кВ, данные с которых поступают на АРМ диспетчера, что позволяет своевременно реагировать и принимать решение о необходимости проведения плавки гололеда при достижении критического веса гололедно-изморозевых отложений, а также контролировать течение и эффективность процесса плавки гололеда.

**Система обеспечивает контроль в режиме «онлайн»:**

- ▶ Веса и динамики образования гололедно-изморозевых отложений на проводах ВЛ;
- ▶ Температуры фазных проводов;
- ▶ Погодных условий (температура воздуха, направление и скорость ветра) в районе установки постов системы.



Благодаря своевременному реагированию и принятию мер по плавке гололёда, в период с 2020 г. по 2023 г., отсутствовали аварийные отключения ВЛ 110 кВ связанные с обрывом фазных проводов и грозотроса, повреждением опор по причине образования гололедно - изморозевых отложений.

# Обследование ВЛ 35 - 110 кВ роботизированным диагностическим комплексом и вспомогательной беспилотной авиационной системой



Роботизированный диагностический комплекс

В АО «Оренбургнефть» применен инновационный способ обследования ВЛ 110 кВ с применением роботизированного диагностического комплекса (РДК). Данная технология позволяет производить стыковку с проводом (грозотросом) и осуществлять полный спектр диагностики:

- визуальный осмотр;
- тепловизионное обследование;
- магнитное сканирование;
- лазерное сканирование (дистанционное зондирование поверхности земли).

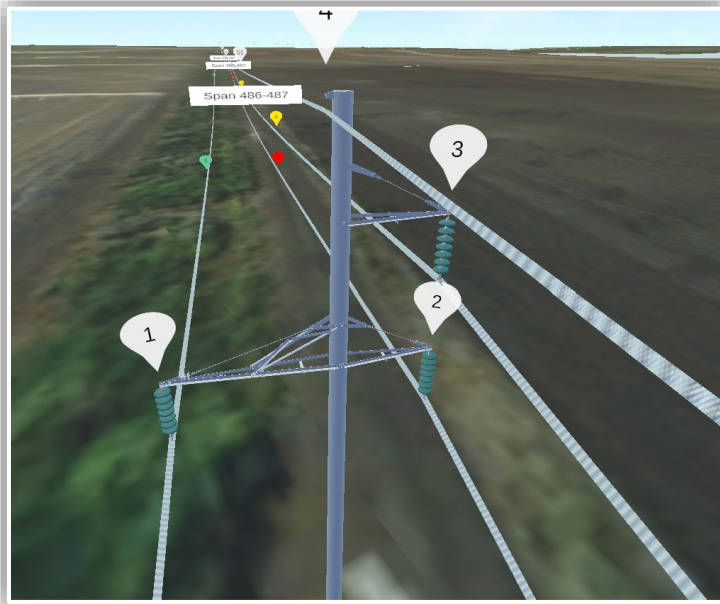
Кроме этого, с помощью РДК возможно:

- производить локальный ремонт с установкой пружинных, шунтирующих зажимов на провод и грозотрос без отключения ВЛ;
- наносить антикоррозийное защитное покрытие;
- обрабатывать провод антигололедными составами.

## Применение данной технологий позволило:

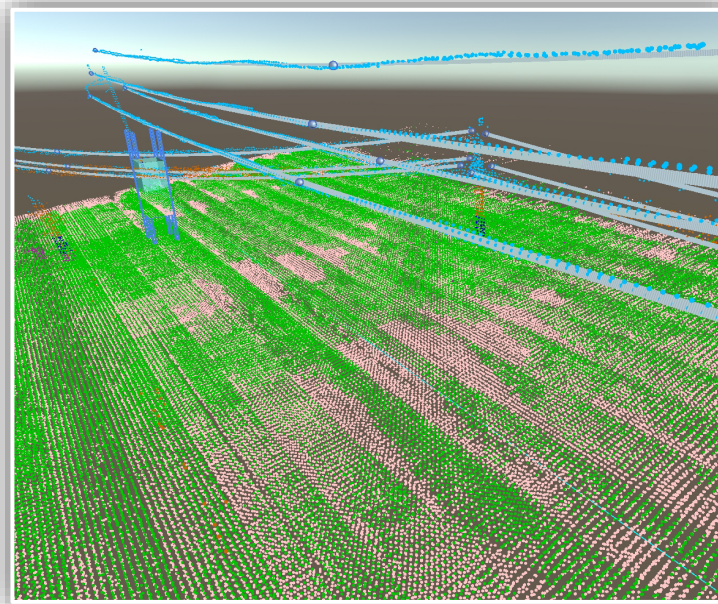
- ▶ Обеспечить полную безопасность персонала из-за отсутствия рисков приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением и работ на высоте;
- ▶ Повысить надёжность работы ВЛ, снизив операционные затраты благодаря точному определению дефектов без перерыва в электроснабжении потребителей.

# Обследование ВЛ 35 - 110 кВ роботизированным диагностическим комплексом и вспомогательной беспилотной авиационной системой



3D-модель. Опора №486, камера направлена в сторону опоры №487

Созданная 3-D модель обследованного участка ВЛ позволяет получить трехмерное изображение трассы обследуемой линии с расположением проводов, опор, траверс, арматуры, изоляции, выявленных дефектов, а также возможностью нанесения необходимой информации о техническом состоянии каждого элемента.



Фрагмент результатов обработки лазерного сканирования (зондирования поверхности земли)

При проведении лазерного сканирования определен объем древесно-кустарниковой растительности в охранной зоне ВЛ, проведены расчеты габаритов ВЛ до земли и пересекаемых объектов. Выявлено 10 пролетов, в которых не соблюдены требования в части габарита до земли и 1 пролет в котором не соблюдены требования в части габарита до пересекаемой ВЛ.



Пример выявленного дефекта (вспучивание верхнего повива)

В ходе видеосканирования провода и грозозащитного троса выявлено 39 дефектов следующих видов:

- Повреждение, деформация провода, грозозащитного троса;
- Отклонение поддерживающей арматуры от вертикали;
- Следы грозовых перенапряжений;
- Смещение гасителей вибрации от проектного положения.



# Система дистанционной диагностики эксплуатационных параметров воздушных линий 110 кВ



Установка модуля дистанционной диагностики на провод

## Контролируемые параметры

- сила тока в проводе:  $0 \div 250$  А;
- температура провода:  $-35 \div +150$  °С;
- угол стрелы провеса:  $0 \div 75$  град.;
- частота вибрации:  $0 \div 200$  Гц;
- амплитуда вибрации:  $0 \div 50$  мм;
- амплитуда и частота «пляски» проводов.

Система дистанционной диагностики ВЛ 110 кВ предназначена для создания цифровой копии существующей ВЛ с отображением рабочих параметров линии, что позволяет проводить контроль состояния провода без выезда обслуживающего персонала на объект.

## Основные функции модуля дистанционной диагностики:

- позволяет выявить «пляску» проводов;
- определяет вес гололедно-изморозевых отложений;
- определяет изменение физических характеристик провода (обрыв провода, измерение стрелы провеса провода над дорогами и другими объектами, отклонение гирлянды изоляторов от вертикали);
- фиксирует короткие замыкания и определяет место повреждения.

В настоящее время для подтверждения заявленных производителем технических параметров и функций системы дистанционной диагностики ВЛ 110 кВ организовано проведение опытно – промышленных испытаний.

# Ультразвуковая диагностика

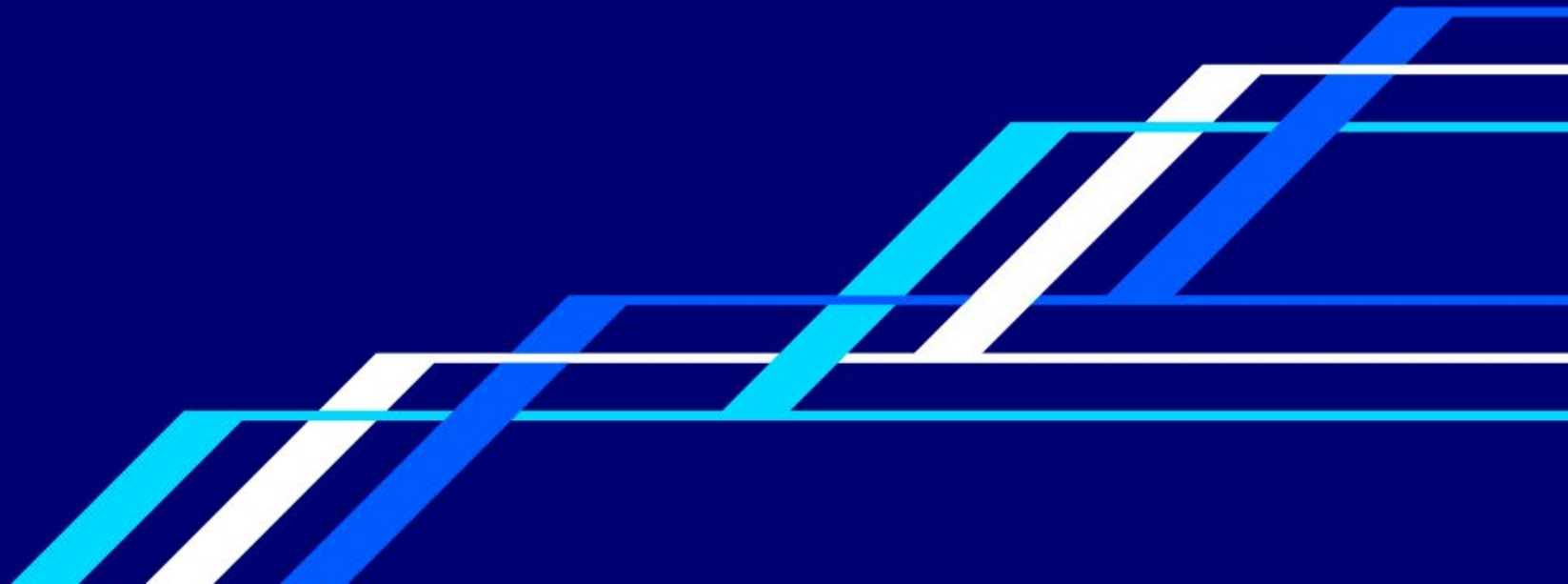


## Технические характеристики ультразвуковой камеры:

- акустическая матрица – 124 MEMS-микрофона;
- диапазон полосы пропускания – от 2 кГц до 65 кГц;
- разрешение дисплея - 800x480;
- дальность действия – до 120 м;
- продолжительность работы - до 8 часов на одном заряде аккумулятора.

- ▶ Ультразвуковая диагностика с использованием современной ультразвуковой камеры позволяет выявить наличие и интенсивность частичных и коронных разрядов на высоковольтном оборудовании, в том числе ВЛ 6-110 кВ, определить характер и степень развития дефекта.
- ▶ Ультразвуковая камера использует систему декодирования звукового сигнала на экран встроенного дисплея, то есть при попадании звуковой волны на лицевую поверхность прибора, с помощью 124 сверхчувствительных микрофонов, которые полностью покрывают диапазон видимого изображения, камера находит местоположение источника звука и визуализирует его.
- ▶ Встроенный алгоритм оценки результатов измерений позволяет на месте выявить дефект, что значительно экономит время при проведении обследования.

## 2. Методы повышения надёжности работы ВЛ 6 – 110 кВ



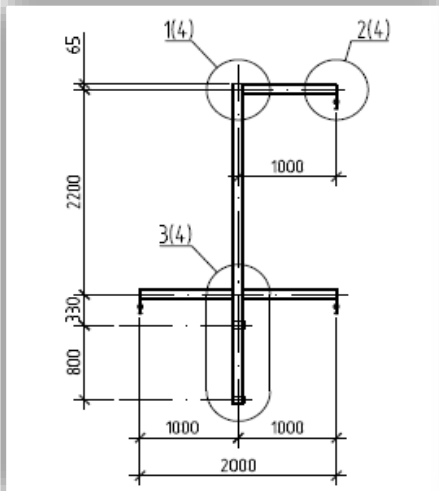
# Снижение влияния ветровых нагрузок и гололёдных образований, воздействия птиц



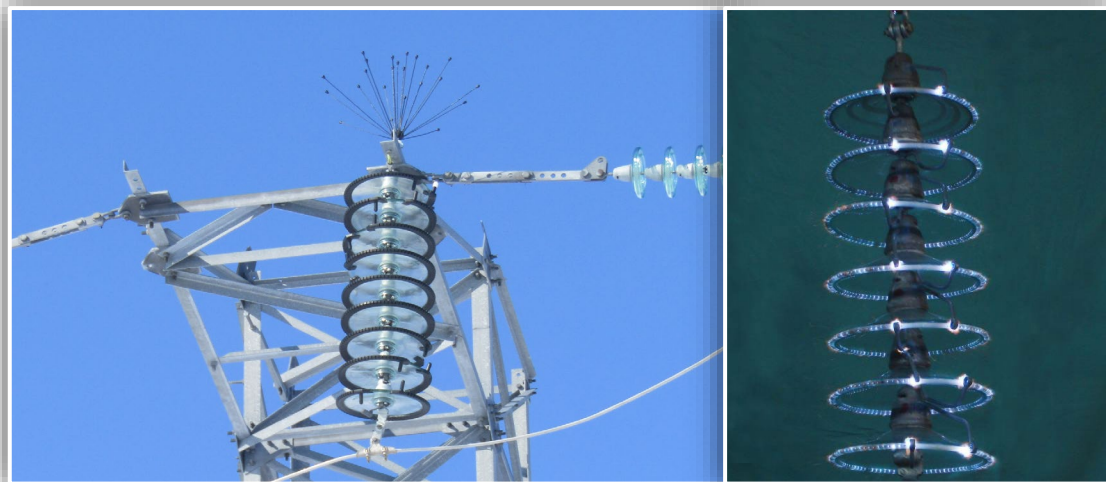
Воздушные спойлеры на ВЛ 6кВ

С целью снижения влияния ветровых нагрузок, гололёдных образований, воздействия птиц и повышения надёжности работы ВЛ 6 – 110 кВ в АО «Оренбургнефть» применяются следующие современные технологии:

- ▶ Воздушные спойлеры представляющие собой спираль, изготовленную из модифицированного ПВХ круглого сечения. Опыт применения воздушных спойлеров в сравнении с участками ВЛ на которых не установлены воздушные спойлеры показал снижение амплитуды пляски проводов не менее чем на 50%.
- ▶ Изолирующие траверсы, состоящие из консольного полимерного изолятора и полимерного изолятора тяги. В настоящий момент организовано проведение опытно-промышленных испытаний технологии.
- ▶ Кроме того, для перехода со штыревой на подвесную изоляцию разработана нетиповая траверса под подвесную изоляцию для применения на ВЛ 6 – 20 кВ со стойками СВ-110.



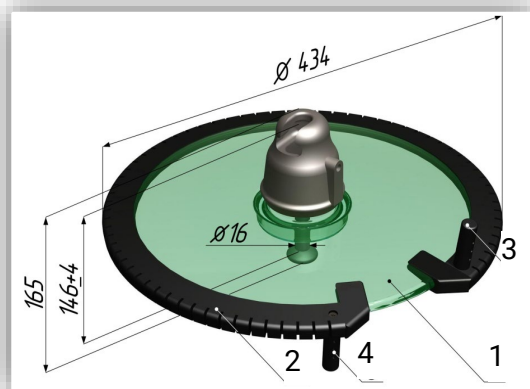
# Защита ВЛ 35 – 110 кВ от грозовых перенапряжений



## Гирлянды изоляторов-разрядников ГИРМК

В состав гирлянды ГИРМК входят изоляторы-разрядники мультикамерные, а также нижний и верхний электроды. Основу изолятора-разрядника составляет стеклянный тарельчатый изолятор U120AD, на который специальным образом установлены мультикамерная система и электроды, благодаря чему изолятор приобретает свойства разрядника.

Практика применения ГИРМК на ВЛ 110 кВ показала снижение количества аварийных отключений по причине грозовых перенапряжений в 2,5 раза.



- 1 – стеклянный тарельчатый изолятор U120AD;
- 2 – мультикамерная система (МКС);
- 3 – верхний отвод МКС изолятора-разрядника;
- 4 – нижний отвод МКС изолятора-разрядника

# Автоматизация работы ВЛ с использованием интеллектуальных разъединителей совместно с индикаторами короткого замыкания



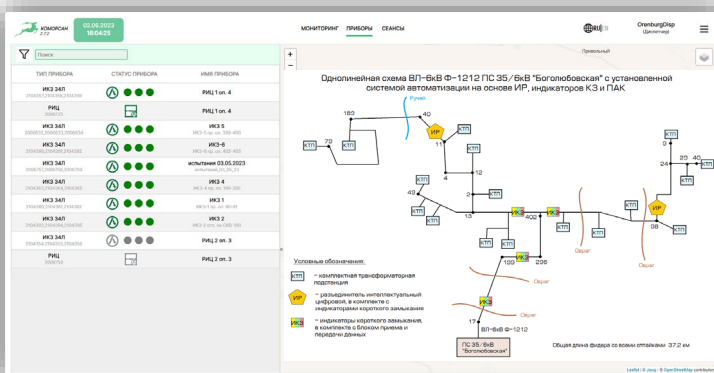
В АО «Оренбургнефть» проводятся опытно-промышленные испытания системы комплексной автоматизации ВЛ 6 кВ с использованием интеллектуальных разъединителей и индикаторов коротких замыканий, разработанных и изготовленных на отечественном предприятии.

## Система включает в себя:

1. Трехфазные разъединители интеллектуальные цифровые 6(10) кВ, отключающие поврежденный участок сети в бестоковую паузу в цикле АПВ при устойчивом КЗ и создающие видимый разрыв при проведении ремонтных работ на ВЛ;
2. Трехфазные комплекты индикаторов короткого замыкания 6 – 35 кВ, которые определяют и фиксируют все виды межфазных КЗ и однофазных замыканий на землю;
3. Программно-аппаратный комплекс со SCADA-системой для контроля за состоянием системы и управления интеллектуальными разъединителями.

## Ожидаемый результат:

- повышение надёжности электроснабжения за счет автоматического секционирования ВЛ и отделения поврежденного участка;
- сокращение времени определения направления, протяжённости зоны осмотра и отыскания места повреждения;
- сокращение времени аварийно-восстановительных работ.

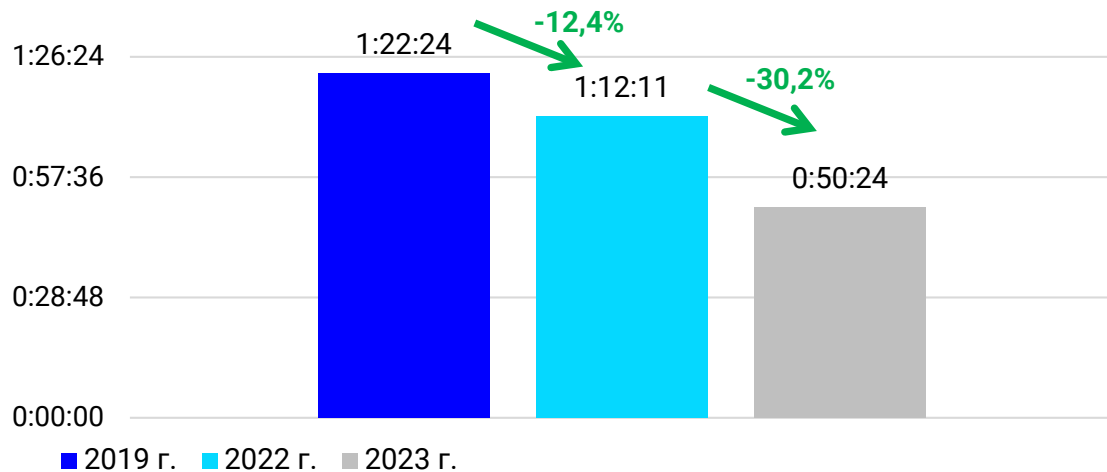


# Заключение

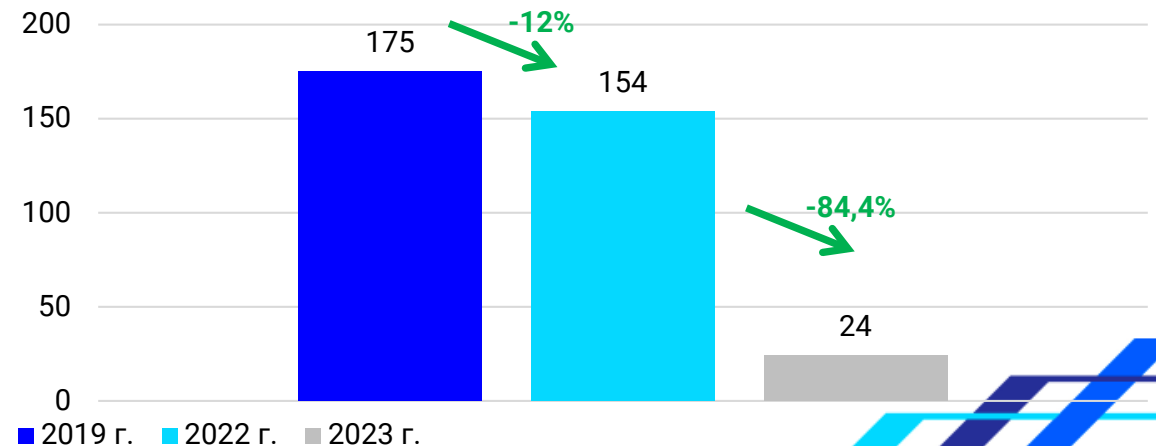
**Применение современных методов диагностики и инновационных технологий для повышения надежности работы ВЛ 6 – 110 кВ позволило в период с 2019 г. по 2023 г.:**

- Снизить среднее время реагирования и устранения технологических нарушений на ВЛ 6 – 110 кВ с 1 ч 22 мин 24 с в 2019 г. до 1 ч 12 мин 11 с в 2022 г. (-12,4%). За I полугодие 2023 г. среднее время составило 50 мин. 24 с;
- Снизить количество технологических нарушений на ВЛ 6 - 110 кВ в собственных сетях со 175 шт. в 2019 г. до 154 шт. в 2022 г. (-12%). За I полугодие 2023 г. зафиксировано 24 технологических нарушения на ВЛ 6 - 110 кВ;
- Повысить безопасность персонала при осмотре и диагностике ВЛ 6 – 110 кВ за счёт снижения доли работ, проводимых с подъёмом на высоту и приближением к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

**Среднее время реагирования и устранения технологических нарушений на ВЛ 6 – 110 кВ, ч**



**Количество технологических нарушений на ВЛ 6 – 110 кВ, шт**



**Спасибо за внимание!**

