

# Причинно-следственный подход к планированию и выполнению технического обслуживания и ремонта

Тарасов Александр Георгиевич  
К.т.н., директор департамента системной диагностики  
ВЛ ООО «Институт электроэнергетики НГТУ»

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



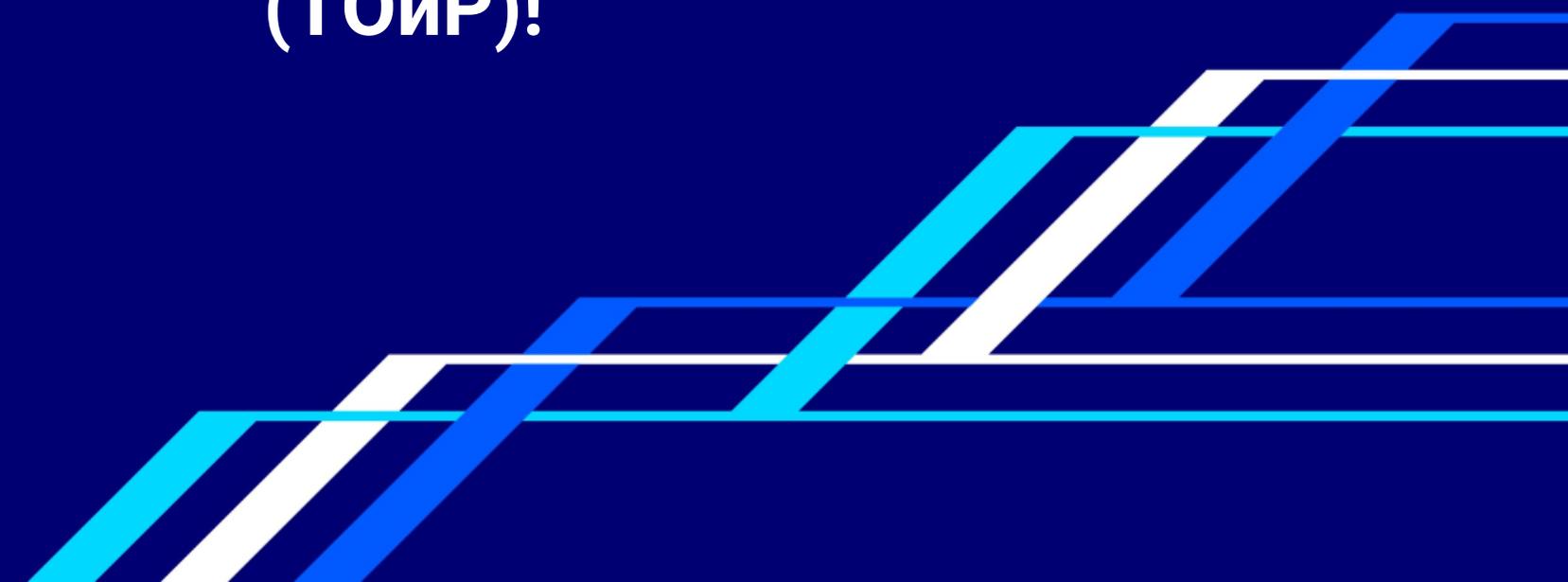
VIII Международная  
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности  
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ

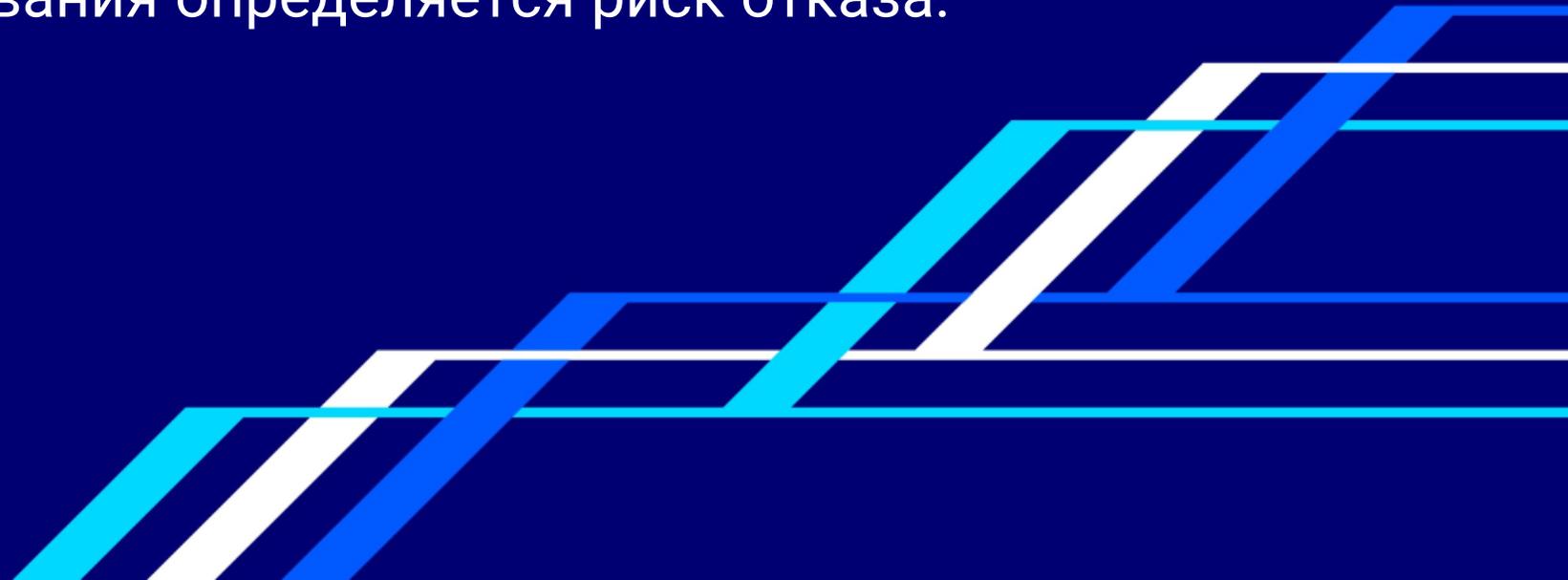


**Эксплуатация оборудования электрических сетей это не только процесс его использования, но и совокупность процессов его обслуживания и ремонта (ТОиР)!**

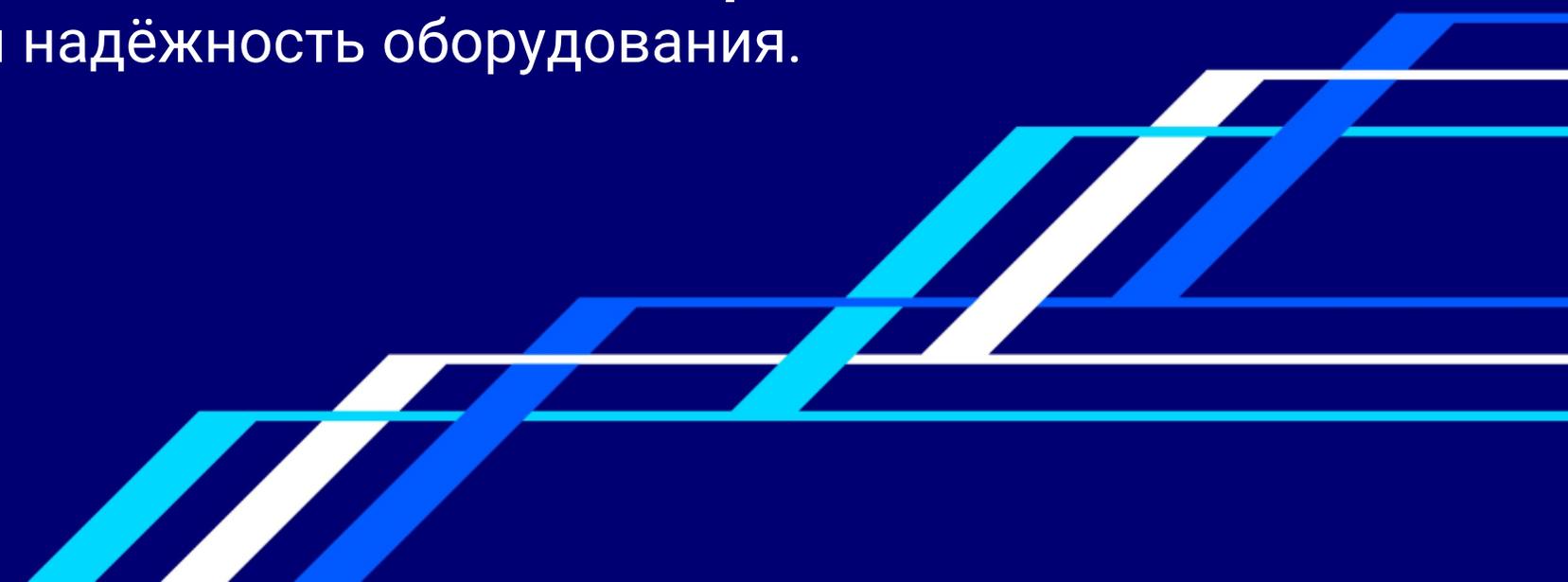


Риск-ориентированный подход совершенствования процесса ТОиР нацелен на эксплуатационную часть обслуживания оборудования в системе планово-предупредительных ремонтов с целью снижения объёма планируемых ремонтов за счёт назначения к ремонту только неисправного оборудования.

Для остального оборудования определяется риск отказа.



Причинно-следственный подход нацелен на совершенствование процесса ТОиР в части повышения качества ремонта неисправного оборудования, выбранного для ремонта при риск-ориентированном подходе. Только после ремонта может быть обеспечена реальная среднестатистическая надёжность оборудования.

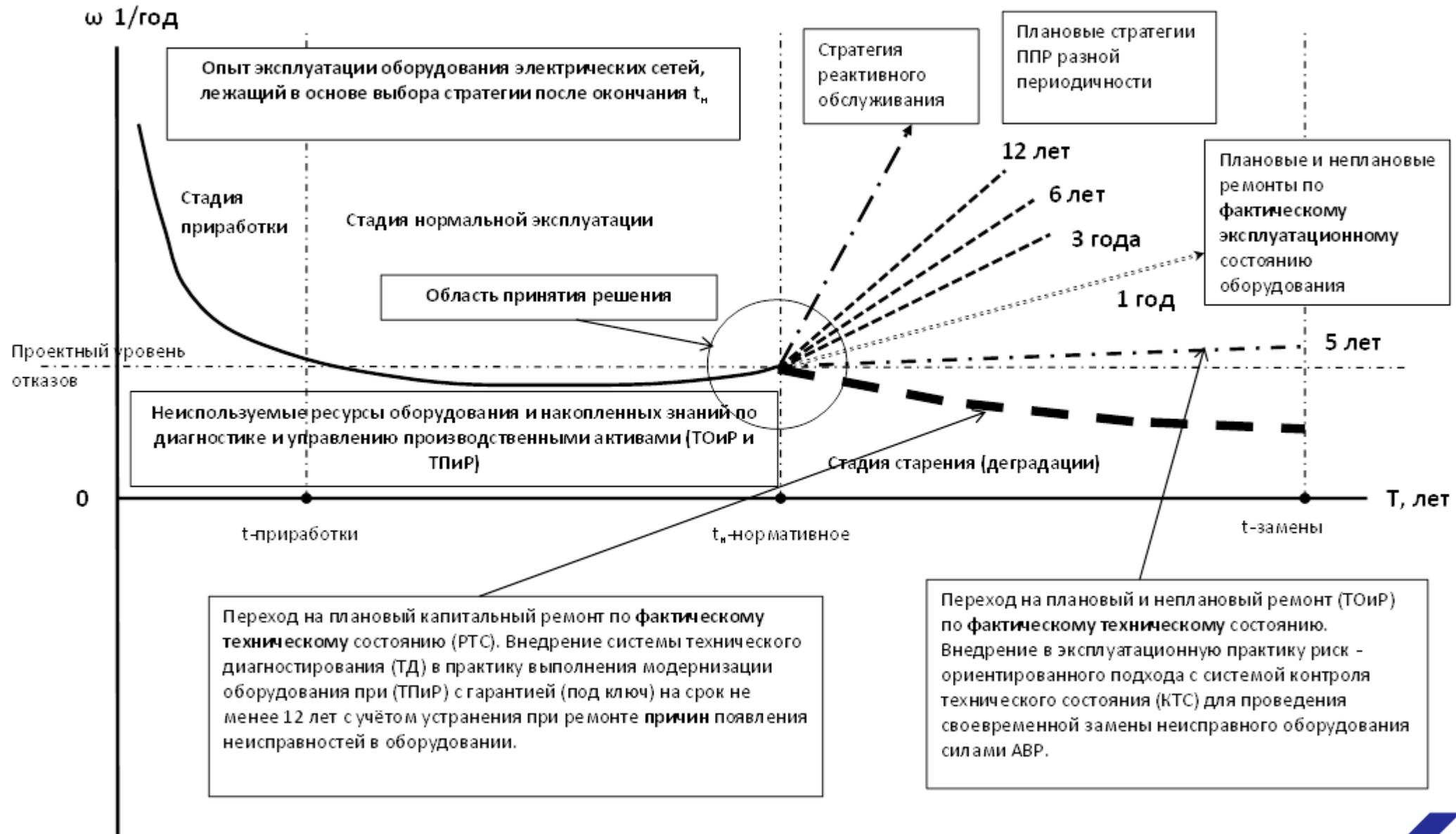


Общей задачей этих подходов к организации ТОиР является стремление к повышению надёжности электрических сетей с использованием в качестве инструмента диагностической информации об оборудовании.

Значит оба подхода надо рассматривать комплексно, иначе не будет достигнута требуемая надёжность оборудования.



# Опыт эксплуатации и научно-технический прогресс в области ТОиР



# Цели и задачи технической диагностики, как инструмента планирования ТОиР

## При обслуживании оборудования, Эксплуатационная диагностика

Цель – поддержание проектной надёжности и долговечности оборудования при его эксплуатации.

Задачи – эксплуатационный периодический контроль с осмотрами, проверками и испытаниями оборудования для формирования плана его ремонта или замены.

Критерии соответствия оборудования установленным требованиям – статистические показатели аварийности и отсутствие видимых нормируемых дефектов.

Контроль технического состояния оборудования с определением соответствия значений его функциональных параметров проектным данным и расчётом риска отказа оборудования без ремонта.

## При капитальном ремонте, Ремонтная диагностика

Цель – восстановление проектной надёжности и долговечности оборудования на срок не менее **12** лет.

Задачи – устранение видимых дефектов или последствий аварийных отказов оборудования путём его замены на аналогичное исправное оборудование с продлением срока службы электроустановки.

Критерием достижения оборудованием полного восстановления проектной надёжности является факт выполненного самого капитального ремонта.

Предремонтное и послеремонтное техническое диагностирование оборудования с выявлением и устранением при ремонте причин появления дефектов и расчётом гарантийного срока службы оборудования после ремонта.

# Требования нормативных документов по диагностике



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ГОСТ 20911-89

Издание официальное

## Техническое диагностирование

### Определение технического состояния объекта:

1. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа (неисправности); прогнозирование технического состояния.
2. Термин «Техническое диагностирование» применяют, когда указанные выше задачи равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причины отказа.
3. Термин «Контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей является определение вида технического состояния.

- ГОСТ 20911-89 переиздан в ноябре 2009 года

# Требования нормативных документов по надёжности

## Восстановление, ремонт, замена

1. **Восстановление** – процесс и событие, заключающиеся в переходе объекта из неработоспособного состояния в работоспособное.
2. **Ремонт** – комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправного или работоспособного состояния объекта и восстановлению ресурса объекта или его составных частей. **Ремонт включает локализацию, диагностирование, устранение неисправности и контроль функционирования.**
3. **Замена** – процедура поддержания или восстановления работоспособности путём установки запасной части вместо отказавшего или изношенного элемента объекта.

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
27.002—  
2015

---

## НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

### Термины и определения

Издание официальное

# Классификационные причины аварий и повреждений, согласно «Правилам расследования причин аварий в электроэнергетике»

Выписка из Приложения № 2 Постановления Правительства РФ от 28 октября 2009 г. N 846 к Порядку заполнения формы акта о расследовании причин аварий в электроэнергетике (с изменениями от 6 февраля, 27 июля 2017 г.)

**Таблица 3. Классификационные признаки объективных организационных причин аварии**

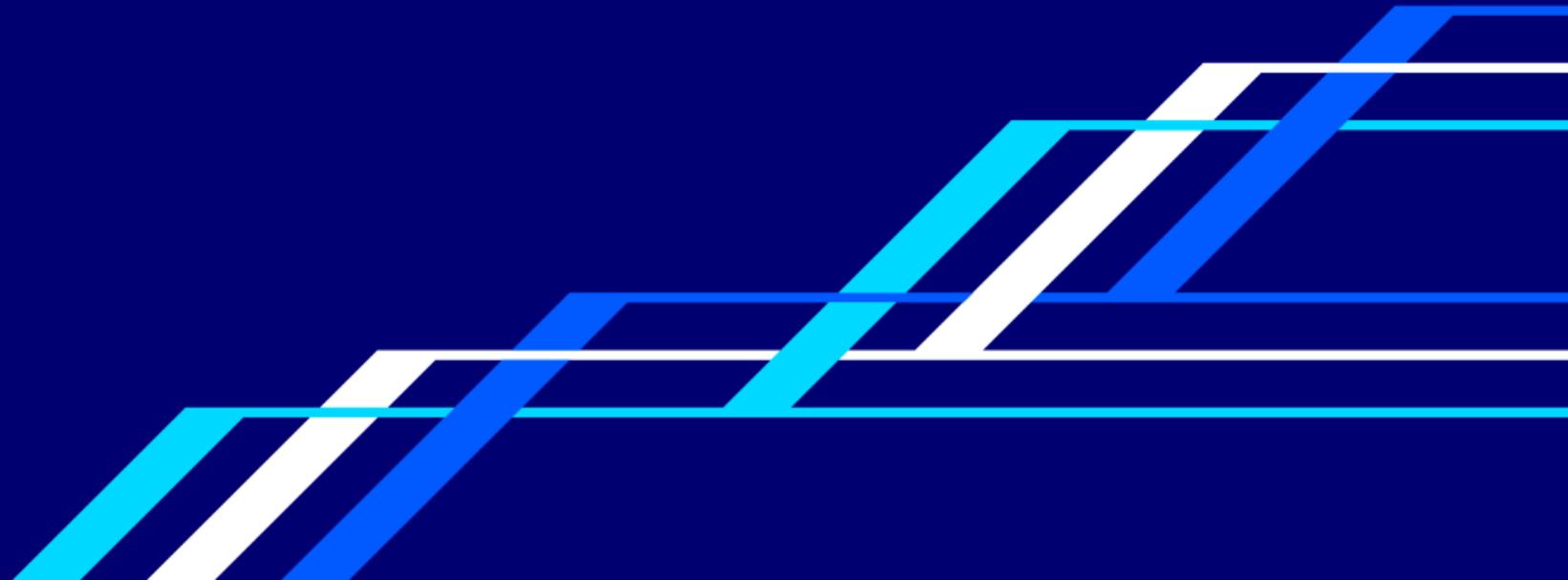
N п/п	Организационные причины аварии	Код организационных причин
11.	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта	3.4.11

**Таблица 4. Классификационные признаки объективных технических причин повреждений оборудования**

N п/п	Технические причины повреждений оборудования	Код технических причин
16.	Исчерпание ресурса	4.16

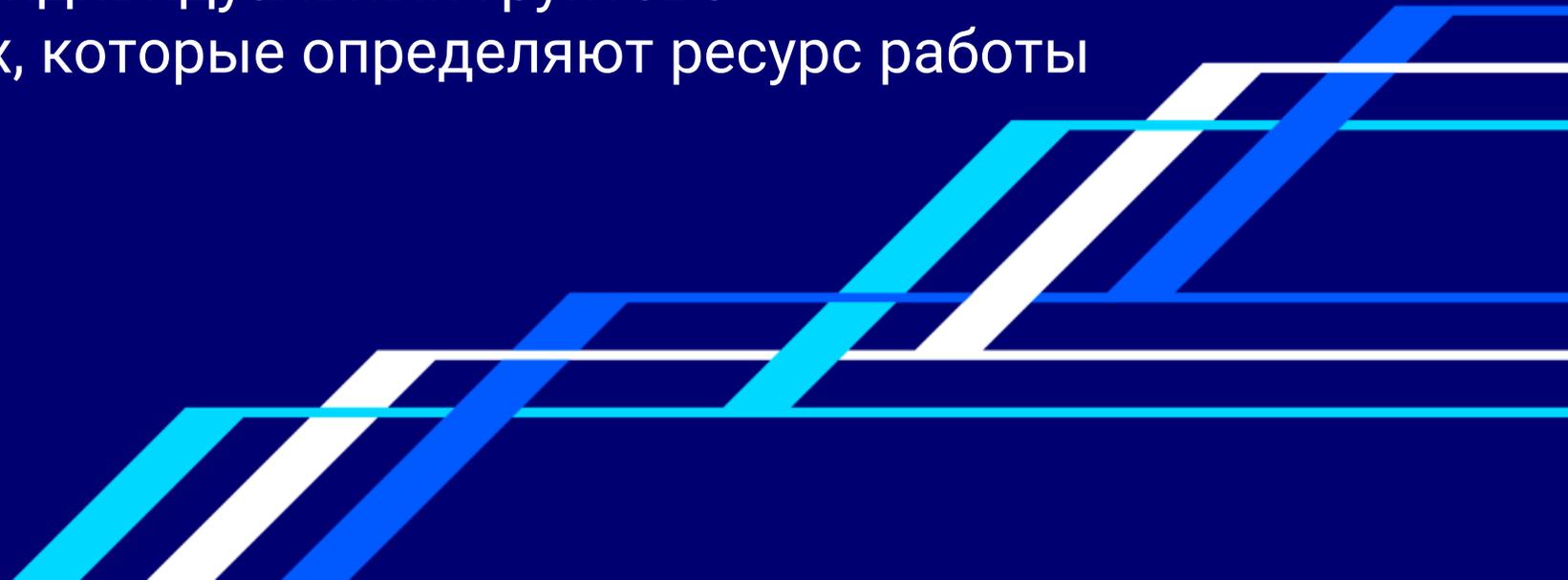
Статистические выводы и вероятности по аварийности оборудования, получаемые на основе анализа причин аварий и повреждений, формируют направления совершенствования методов и средств ТОиР, и поэтому они должны носить объективный характер. Поэтому здесь приведены только объективные признаки из таблиц 3 и 4 Приложения 2 Постановления Правительства РФ от 28 октября 2009 г. N 846

**Примеры устранения причин технологических  
нарушений (ТН) при эксплуатации  
оборудования электрических сетей**



Наиболее наглядно причинно-следственный подход можно проследить на примере ВЛ, так как модернизация оборудования ПС осуществляется преимущественно на заводах-изготовителях, а ВЛ заводами не выпускаются.

При этом, в отличие от оборудования ПС, каждая опора или пролёт ВЛ находятся в индивидуальных грунтово-климатических условиях, которые определяют ресурс работы её элементов.



# ОПАСНЫЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЛ

## АТМОСФЕРНЫЕ:

КОРРОЗИОННЫЕ;  
ГРОЗОВЫЕ;  
ВЕТРОВЫЕ;  
ГОЛОЛЁДНЫЕ;  
ПТИЧЬИ

## ГРУНТОВЫЕ:

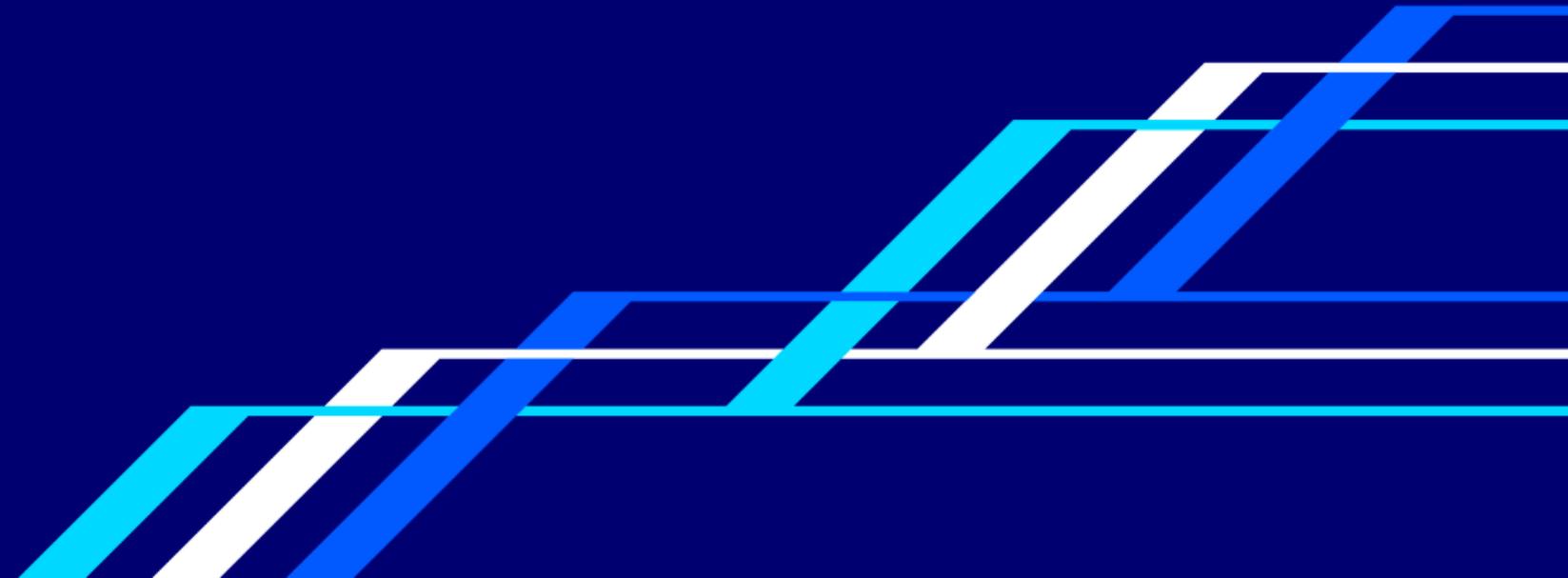
КОРРОЗИОННЫЕ;  
ПУЧЕНИЯ;  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ;  
КАМНЕПАДЫ;  
ГОРНЫЕ УСЛОВИЯ;  
ОПОЛЗНИ

## ВОДНЫЕ:

ПОДТОПЛЕНИЕ;  
МОРСКИЕ УСЛОВИЯ;  
ШТОРМЫ, ТАЙФУНЫ  
СМЕРЧИ, ТОРНАДО

Знание этих природных процессов и явлений позволяет определять механизм нарастания вероятности аварий и повреждений элементов ВЛ

# Основные элементы ВЛ, подверженные опасным внешним воздействиям



# ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЛ, ПОДВЕРЖЕННЫЕ ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ,  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И  
ДЕРЕВЯННЫЕ ОПОРЫ;  
ФУНДАМЕНТЫ;  
ОСНОВАНИЯ

ПРОВОДА, ТРОССЫ,  
АРМАТУРА, ИЗОЛЯЦИЯ

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ  
РАССТОЯНИЯ ПО ТРАССЕ ВЛ

Знание механизмов разрушений этих элементов позволяет определять объективную причину аварийных повреждений и прогнозировать надёжность ВЛ

# КРОМЕ ЗАМЕНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛ ЕСТЬ ЕЩЁ ИХ ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ ОПОР

ПРОВОДА, ТРОССЫ,  
АРМАТУРА, ИЗОЛЯЦИЯ

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ  
РАССТОЯНИЯ ПО ТРАССЕ ВЛ

Знание объективных причин разрушений элементов ВЛ позволит устранять их при ремонтных работах с расчётом гарантийного срока службы ВЛ

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗА

## Узлы оттяжек опор



Оценка технического состояния

## ЖБ фундаменты



Оценка технического состояния

## Прогнозирование аномалий



Место и время ветровых аномалий

Знание объективных причин разрушений элементов ВЛ позволит устранять их при ремонтных работах с расчётом гарантийного срока службы ВЛ

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗА

Оценка напряжённо-деформированного состояния



Стальная опора

Защита оснований опор



Гидрология

Оценка усталости провода



Провода и тросы

Знание объективных причин разрушений элементов ВЛ позволит устранять их при ремонтных работах с расчётом гарантийного срока службы ВЛ

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА НА СРОК НЕ МЕНЕЕ 30 ЛЕТ

Протекторный ремонт  
фундамента



Круглый вариант

Ремонт жб стоек опор



Базальтовый вариант

Ремонт фундаментов



Эпоксидный вариант

Знание объективных причин разрушений элементов ВЛ позволит устранять их при ремонтных работах с расчётом гарантийного срока службы ВЛ

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА НА СРОК НЕ МЕНЕЕ 30 ЛЕТ

**Вынос узла оттяжек**



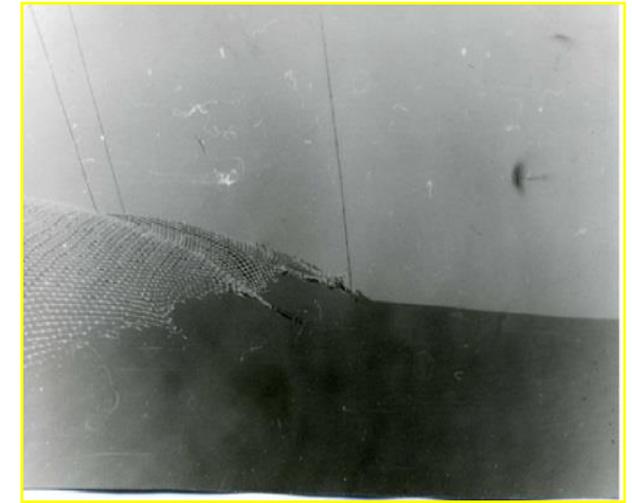
Замена на надземный узел

**Защита оснований опор**



Стоп оврагу

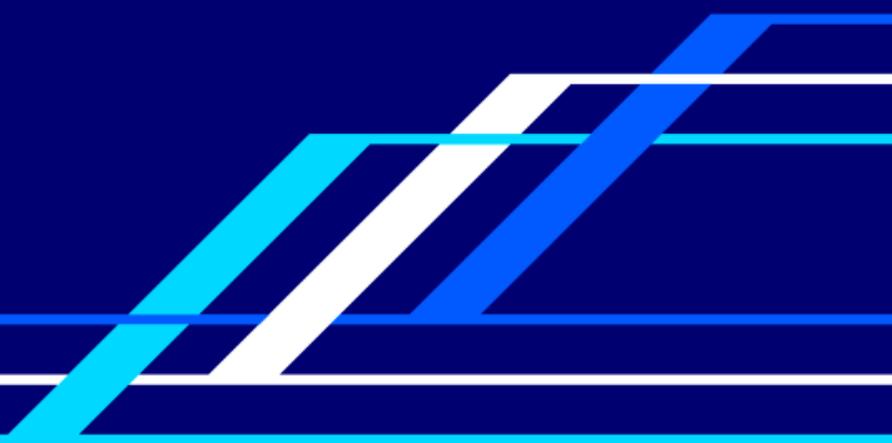
**Пескозащита**



Граница дефляции песка

Знание объективных причин разрушений элементов ВЛ позволит устранять их при ремонтных работах с расчётом гарантийного срока службы ВЛ

## Выводы:

1. Для реального обеспечения требуемой надёжности оборудования электрических сетей необходим комплексный подход к организации ТОиР;
  2. Требуется актуализировать «Правила расследования причин аварий в электроэнергетике» в части выявления объективных причин аварий и повреждений.
- 

**Спасибо за внимание!**

