



Условия эксплуатации воздушных линий электропередачи в Арктической зоне

И.Н. Калиновский
Заместитель начальника Департамента управления производственными активами – Начальник управления эксплуатации ВЛ

октябрь 2022 МОСКВА



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕТ
163,4 ТЫС. КМ. МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**



2219 ВЛ

МЭС ВОСТОКА	▪ 750 кВ – 14 ВЛ (2 892 км)
МЭС СИБИРИ	▪ 500 кВ – 265 ВЛ (42 894 км)
МЭС УРАЛА	▪ 400 кВ – 3 ВЛ (133 км)
МЭС ВОЛГИ	▪ 330 кВ – 60 ВЛ (12733,1 км)
МЭС ЮГА	▪ 220 кВ – 1661 ВЛ (101 949,2 км)
МЭС ЦЕНТРА	▪ 150 кВ – 2 ВЛ (206,1 км)
МЭС СЕВЕРО-ЗАПАДА	▪ 110 кВ – 96 ВЛ (2260,1 км)
	▪ 35 кВ – 18 ВЛ (173,8 км)



1 - Мурманская область

2 - Республика Карелия (в составе Лоухского, Кемского и Беломорского муниципальных районов)

3 - Архангельская область (в составе Онежского, Приморского и Мезенского муниципальных районов, городских округов Архангельск, Северодвинск и Новодвинск, а также административно принадлежащих ей арктических островов)

4 - Ненецкий автономный округ

5 - Ямало-Ненецкий автономный округ

6 - Красноярский край (в составе Таймырского (Долгано-Ненецкого) муниципального района, городского округа Норильск, муниципального образования гор. Игарка Туруханского муниципального района)

7 - Республика Саха (Якутия) (в составе - Абыйского, Аллаиховского, Анабарского, Булунского, Верхоянского, Жиганского, Оленекского, Нижнеколымского, Среднеколымского, Усть-Янского и Эвено-Бытантайского улусов)

8 - Чукотский автономный округ

9 - Республика Коми (в составе городского округа Воркута)

ВЛ ПРОХОДЯЩИЕ ПО АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ



258 ВЛ

20 925,7 км

- 500 кВ – 30 ВЛ (2776,1 км)
- 330 кВ – 17 ВЛ (1625,9 км)
- 220 кВ – 184 ВЛ (15646,1 км)
- 150 кВ – 2 ВЛ (206,1 км)
- 110 кВ – 25 ВЛ (671,5 км)

МЭС ВОСТОКА – 4176,5 км

МЭС СИБИРИ – 6610,8 км

МЭС УРАЛА – 3929,7 км

МЭС СЕВЕРО-ЗАПАДА – 6208,7 км

1 Эксплуатация ВЛ в зонах с особыми условиями

(пучение грунтов, размыв береговых укреплений больших переходов ВЛ, интенсивная коррозия, опоры в воде)



При эксплуатации ВЛ выполняются все работы по техническому обслуживанию и техническому диагностированию

- Отсутствие достаточных методик определения и выявления состояния закрепления опор в грунте
- Изменение климата (оттаивание вечномёрзлых грунтов)
- Ошибки при проектировании и строительстве

Необходима разработка типовых эффективных решений по повышению устойчивости опор, не требующих проведения реконструкции ВЛ

Упавшая опора



Установленная опора



1.1

Пучение грунтов

Одной из основных проблем, возникающих в регионах Северо-Запада, Сибири, Урала (Западной Сибири) является выход фундамента в следствие пучения грунтов. При замерзании влаги пучинистые грунты увеличиваются в объеме и «выдавливают» фундамент вверх (морозное пучение грунта).

Временное решение по выравниванию



После перестановки на новые фундаменты



На сегодняшний день отсутствуют инструменты прогнозирования и выявления пучения грунтов

В качестве превентивных мероприятий в процессе эксплуатации, в целях предупреждения падения опор эксплуатирующими организациями осуществляется их перестановка на новые фундаменты. В зависимости от конструкций опор возможна замена фундамента без вывода ВЛ в ремонт.

Наклон опоры с оттяжками в следствие выдавливания фундамента (Северо-Запад)



Опора с оттяжками установлена на новый фундамент (Северо-Запад)



Существует потребность в методике оценки закрепления фундаментов опор в грунте.

1.2 Интенсивная коррозия опор

Одной из проблем, возникающих в прибрежных регионах Баренцева моря является коррозия вследствие воздействия соляных уносов. (на фото элементы ВЛ 330 кВ Серебрянская ГЭС 15- Мурманская)



2014-2016 год 3 ТН по причине коррозионного износа элементов опор

Выполнена замена опор
2017 год - №248-268 – 21 опора
2018 год – №234-247 – 14 опор

Планируется замена:

2024 год – №223-233 – 11 опор
2025 год - №214-222 – 9 опор
2026 год – №182-212 – 29 опор

Существует необходимость в изучении процесса интенсивной коррозии в прибрежной зоне, а так же разработки технических решений по защите от неё (применение специальных защитных покрытий), в том числе применение высоколегированных сталей.

1.3

Размыв береговых укреплений больших переходов ВЛ



Одним из важных и затратных сооружений на ВЛ является сооружение большого перехода. Проектирование таких переходов, ответственная часть проекта, являющихся в отдельных случаях, уникальным сооружением.



Затраты на выполнение берегоукрепительных работ в ряде случаев могут быть колоссальными, что в рамках финансирования эксплуатирующих организаций является значительным бременем.



Для исключения таких случаев, следует при проектировании уделять внимание выбору прохождения трассы ВЛ, месту перехода ВЛ через водные преграды, проводить гидрологические изыскания учитывая многолетние прогнозы возможного изменения русла рек, их интенсивности течения с учетом паводковых ситуаций прошедших за последние сто лет.



В процессе эксплуатации имеются случаи размыва берегов рек, вблизи которых сооружены большие переходы



1.4

Опоры в воде



Проектные решения на ВЛ построенных в 1970-1985 годы проходящих через водные преграды (водохранилища), по истечение 40-50 лет показали значительные трудности, возникающие при техническом обслуживании опор (в т.ч. проведения аварийно-восстановительных работ)



Существуют опоры, которые проектом не предусмотрены нахождению в воде, так при разливе реки опора ВЛ 500 кВ в течение длительного периода находится в воде, что в свою очередь негативно влияет на состояние нижнего узла опоры.



- Необходимы технические решения по реконструкции объекта обеспечивающие его нормальное функционирование и возможность выполнения эксплуатационных работ без существенных затрат.
- Разработка СТО, методики по проведению обследования подводных частей ВЛ

Одной из сложных задач при проведении АВР является доставка специальной техники и г/п механизмов к месту производства работ, особенно в заболоченной местности. При выполнении АВР были применены мобильные дорожные покрытия (МДП), которые существенно сократили время проведения АВР.

Укладка МДП



Проложенные МДП



Вид местности у упавшей опоры



Применение вертолетной техники в труднодоступной местности была установлена временная опора ПРХ-220 на место упавшей, в дальнейшем, установка постоянной опоры осуществлялась в зимний период, после промерзания болота.

Доставка и установка временной опоры ПРХ-220



Наличие на трассе ВЛ малых речек с обеих сторон поврежденного участка, отсутствие возможности их быстрого преодоления и доставки спецтехники, материалов и такелажа к месту АВР



Необходимость разработки решений: мобильные понтонные мосты,

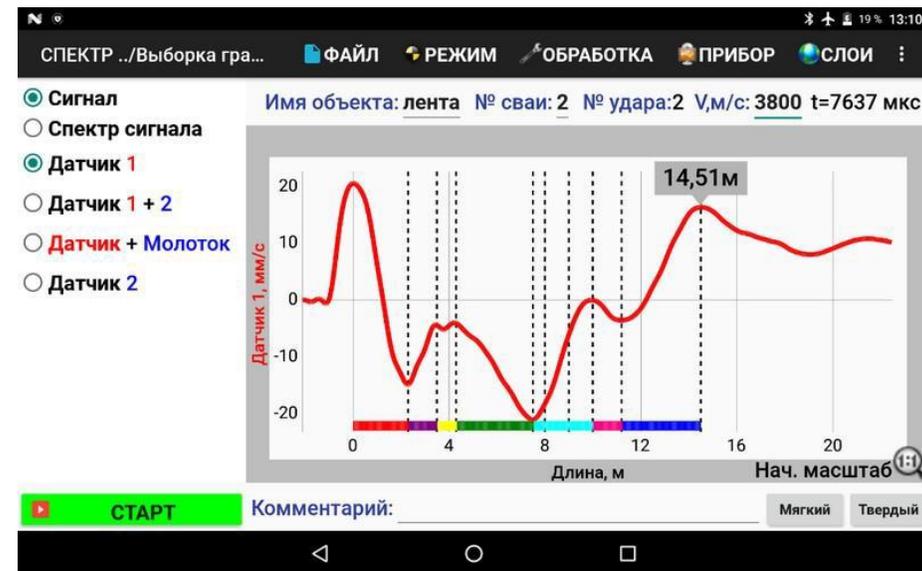
переносные малогабаритные грузоподъемные комплексы с электролебедкой для подъема грузов на место выполнения монтажных или ремонтных работ в качестве тягового механизма на опорах ВЛ, и др. средства малой механизации, применение которых позволит выполнить любые работы находящихся в труднодоступных местах, при выполнении АВР.

Методика диагностики свай методом акустической дефектоскопии

Метод ультразвуковых волн основан на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых в контролируемых объектах (сваях) с помощью ударного импульса.

- Вибродиагностика железобетонных и буронабивных свай, набивных бетонных и заполненных бетоном стальных труб в соответствии со стандартом ASTM-D5882-07
- Определение длины свай, обнаружение и локализации дефектов
- Дефектоскопия других объектов по их реакции на ударное воздействие (при наличии специализированных методик)

Прибор диагностики свай СПЕКТР 4



Невысокая точность определения длины свай

Возможность определения только явного дефекта длины сваи (облом в грунте, при длине 70-80 % от номинального)



Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа «Разработка комплекса мер по снижению аварий на ВЛ в сложных инженерно-геологических, климатических и геокриологических условиях Западной Сибири и Крайнего Севера»

Осуществляется измерение:

- скорости и направления ветра
- влажности окружающего воздуха
- температуры окружающего воздуха
- температуры грунта по длине фундамента
- отклонение вертикали опоры ВЛ
- гололедной нагрузки на один фазный провод и грозозащитный трос
- напряжение на клеммах аккумуляторной батареи при организации питания ПТС от солнечной энергии

Установленное оборудование на опоре



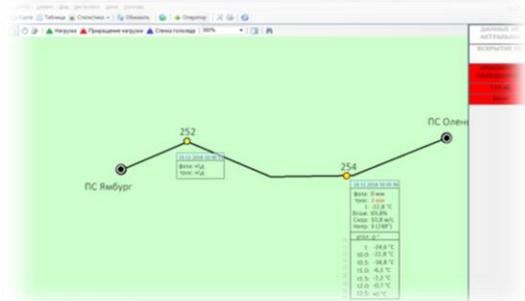
Установка термокосы



Шкаф пункта контроля, сбора и обработки информации



Клиентский терминал системы мониторинга



Контролируемые параметры за период времени





Научно-исследовательская работа (НИР) «Разработка и тестирование методики выявления работоспособности, ранжирования опор и фундаментов, действующих ВЛ по их динамическим параметрам» (Россети Тюмень)



Повышение надёжности работы ВЛ за счёт разработки подхода к организации мониторинга технического состояния фундаментов и конструкции опор ВЛ.

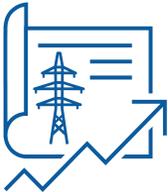
Оптимизация (снижение) эксплуатационных затрат в части исключения необоснованных (субъективной оценки) мероприятий

- Разработка методики инструментальной диагностики состояния опор и фундаментов с учётом особенности закрепления фундаментов в грунте
- Построение расчётной модели для определения спектра частот собственных колебаний конструкции в нормальном состоянии
- Анализ конструктивно-силовой схемы для нормируемых гололёдных и ветровых нагрузок.
- Оценка влияния конструктивных особенностей опор и параметров закрепления их в грунте на динамические характеристики и место расположения зон накопления усталости
- Монтаж экспериментальной модели для каждого типа рассматриваемых опор
- Разработка алгоритма ранжирования фундаментов и опор ВЛ на группы состояний.
- Разработка программного обеспечения по определению технического состояния опор и фундаментов
- Моделирование фундаментов и конструкции опор ВЛ в зависимости от дефектов, в том числе ослабления закрепления свайных фундаментов в грунте.



Методика выявления «работоспособности, ранжирования опор и фундаментов действующих ВЛ по их динамическим параметрам» позволит оперативно классифицировать обследованные опоры и фундаменты на категории.

В рамках проводимой эксплуатации объектов разработаны технические решения для эксплуатации электросетевых объектов в условиях Арктики



Стальные унифицированные опоры напряжением 330 кВ, на ВЛ 220 кВ в сложных климатических зонах по ветру и гололеду

решетчатые опоры

- проектируемый участок ВЛ находится в VI - VII климатической зоне по ветру и IV - VI по гололеду (на отдельных участках ВЛ проходит одновременно в VII зоне по ветру и VI по гололеду);
- типовые опоры классом напряжения 220 кВ не удовлетворяют расчётным характеристикам;



Фундаменты при строительстве в районах распространения многолетнемерзлых грунтов

- повышенные требования к детальности и достоверности инженерно-геологических изысканий;
- использование не стандартных технических решений оснований и фундаментов;
- использование свайных и буронабивных фундаментов.



Гололедно-изморозевые отложения на проводах ВЛ

- установка межфазных изолирующих распорок для исключения схлестывания проводов

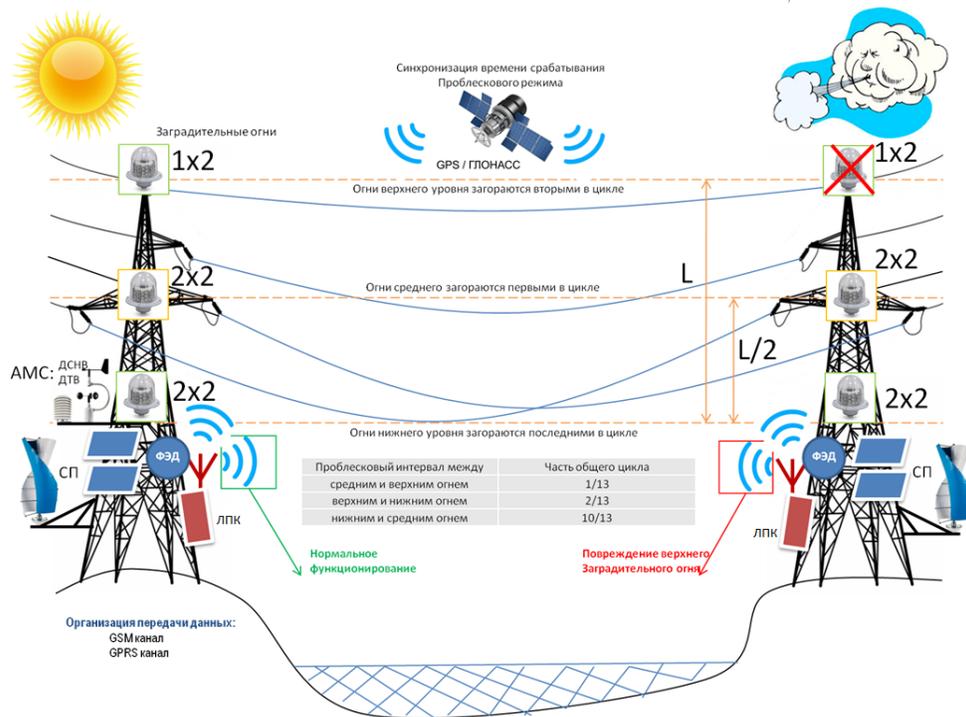
Установленные межфазные распорки



В рамках проводимой эксплуатации объектов проводится разработка новых технических решений для эксплуатации электросетевых объектов в условиях Арктики

Разработка типовых решений для освещения переходных опор на базе энергонезависимых источников питания (ВЛ-500кВ Магистральная – Сомкинская)

Обеспечение получения актуальной информации о функционировании огней светоограждения и работы всех элементов системы (аккумуляторных батарей, работе заряжающих источников – солнечных батарей, ветрогенераторов, иметь прогнозную информацию по разряду батареи, по батареям, вышедшим из строя, или тем которые в ближайшее время нужно заменить).



Функционально система представляет собой автономно работающую систему светоограждения, оснащенную функциями контроля, средствами сбора, обработки и передачи информации:

- для организации автономного светоограждения посредством обеспечения автономного, автоматически резервируемого электропитания;
- для мониторинга функционирования системы светоограждения;
- для мониторинга параметров окружающей среды и сопутствующих параметров;
- для сбора, обработки и передачи измеряемых данных на верхний уровень;
- для самодиагностики и защиты от несанкционированного доступа.

(АМС – автоматизированная метеостанция; ДСНВ – датчик скорости и направления ветра; ДТВ – датчик температуры и влажности воздуха; ЛПК – Линейный пункт контроля; ФЭД – фотоэлектрический датчик; СП – система автономного и бесперебойного питания)

МЭ РФ организована работа по разработке системы мониторинга вечной мерзлоты в виде региональной системы мониторинга многомерзлых грунтов (ММГ) на объектах ТЭК, где ММГ занимает значительную часть площади и где есть проблемы изменения климата, деградации вечной мерзлоты и обеспечения устойчивости зданий и инженерных сооружений являются наиболее актуальными.

Планируемые пилотные регионы :

Ямало-Ненецкий Автономный округ, Ненецкий Автономный округ, Красноярский край, Республика САХА ЯКУТИЯ и др. регионы:

Планируется разработка и актуализация существующих отраслевых стандартов:

Разработка стандарта **«Геотехнический мониторинг промышленных объектов ТЭК на многомерзлых грунтах».**

Актуализация свода правил 131.13330.2020 **«Строительная климатология».**

Разработка стандарта **«Основания и фундаменты промышленных объектов ТЭК на вечномёрзлых грунтах»**

Разработка отраслевого стандарта **прогнозных расчётов состояния ММГ и оснований для промышленных объектов ТЭК** (взамен устаревшего документа «РСН 67-87»)

Актуализация **ГОСТ 24846-2019** «ГРУНТЫ. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений» и **ГОСТ 26263-84** «Грунты. Метод лабораторного определения теплопроводности мерзлых грунтов»

Актуализация **постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 «О составе разделов проектной документации требования к их содержанию»** разделами по ГТМ и термостабилизации грунтов для правового обеспечения проектирования объектов ТЭК на ММГ.



Спасибо за внимание!