

Десятилетие инноваций в конструкциях железобетонных опор ВЛ 35-750 кВ

Пятая международная онлайн-конференция

**«ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ:
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ»**

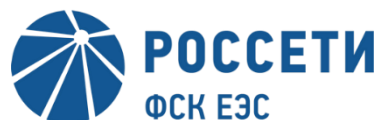
13 - 15 февраля 2024 года

Трухина Татьяна Алексеевна,
ведущий инженер НИЛКЭС
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
t.a.trukhina@nilkes.ru
www.нилкэс.рф

Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства создана в 1974 году.

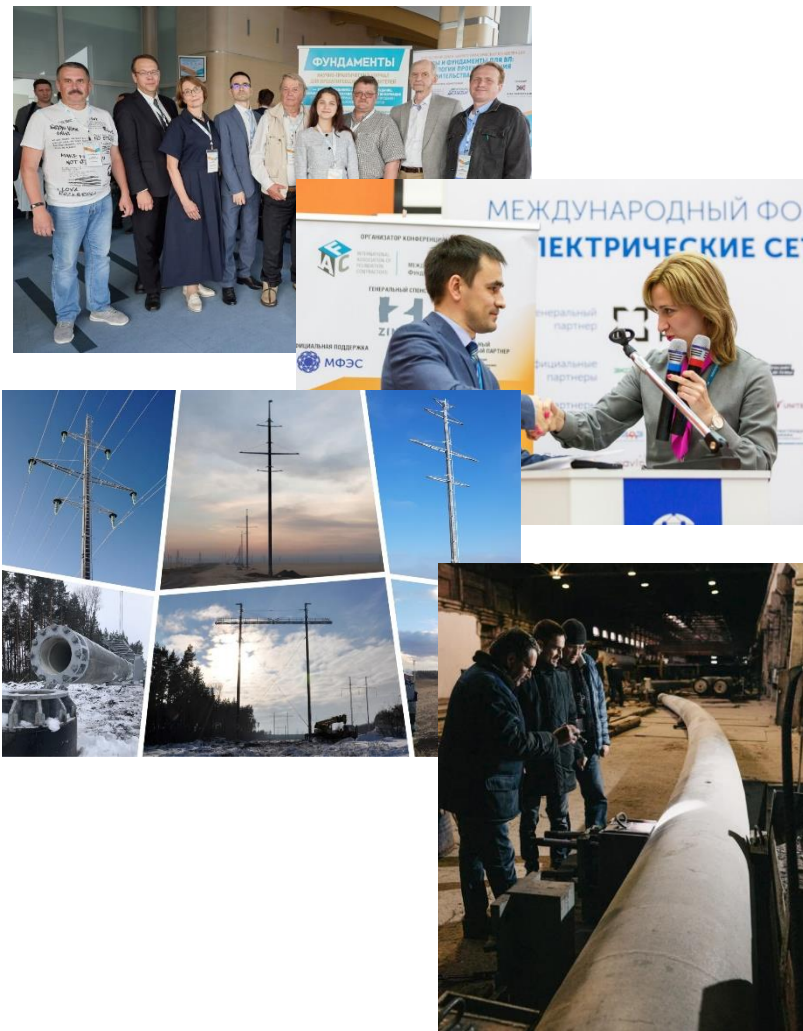
В настоящее время НИЛКЭС является подразделением ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест».

НИЛКЭС активно сотрудничает с ПАО «Россети», ПАО «ФСК ЕЭС», АО «ЦИУС ЕЭС» по вопросам разработки нормативных документов и внедрения новых инновационных разработок. Прежде всего предлагая стратегические направления в части строительных конструкций ВЛ и ПС всех классов напряжения.



Научно-технические направления в работе:

- Разработка **серий унифицированных конструкций** опор и фундаментов для широкого диапазона условий эксплуатации ВЛ;
- Разработка опор и фундаментов ВЛ **для условий конкретных объектов**;
- **Помощь** проектным организациям в подготовке проектов оптимальных опор ВЛ;
- Проведение **технических экспертиз аварийных ситуаций на ВЛ**, выполнение расчетов конструкций, разработка предложений по ремонту и реконструкции;
- Разработка и корректировка **нормативной документации**;
- Проведение регулярных **конференций «Опоры и фундаменты для ВЛ: Технологии проектирования и строительства»**.



Развитие железобетонных опор высоковольтных линий электропередачи



Железобетонные стойки появились в начале 1930 г., а массовое применение они получили в начале 1950-х.

Основными **преимуществами** данных опор являются:

- Неподверженность коррозии и воздействию химически активных веществ, высокая морозостойкость.
- Низкая цена по отношению к металлическим, быстрый монтаж и долгий срок эксплуатации.

Недостатки:

- Сложность транспортировки — такой груз является негабаритным (длина до 26 м), требующим бережной перевозки
- Сложность закрепления повышенных опор в слабых грунтах



Разработка нового вида **секционированных** железобетонных опор

Путь секционирования



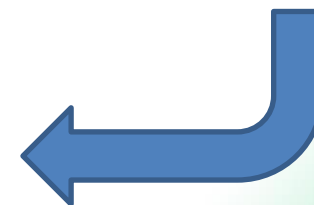
Внешний фланец, 2013 г



Внутренний фланец, 2014 г



Первая версия ТУ секционированных стоек для замены стоек по ГОСТ и типовым сериям, 2014 г



Выигран конкурс на разработку типового проекта «Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» (по заказу ПАО «Ленэнерго»), 2016-2018



СТО 34.01-2.2-038.1-2022 по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ утвержден и введен в действие распоряжением ПАО "Россети" от 18.04.2022 №91р

Общие сведения о современных секционированных железобетонных опорах

- Меньшая стоимость изготовления и монтажа опор (по сравнению с металлическими конструкциями);
- Высокая долговечность (срок службы более 50 лет);
- Секционирование стоек позволяет отказаться от применения спецтранспорта, сокращает сроки и стоимость доставки опор;
- Конструкция внутреннего фланцевого соединения повышает качество, сокращая при этом затраты на изготовление секций стоек;
- Возможность установки опор на фундамент расширяет их область применения (при необходимости поднять высоту подвески проводов, увеличить пролеты, установить опоры в сложных грунтовых условиях)



Сборка секций стойки



Установка опоры на фундамент

Опыт использования опор из секционированных стоек

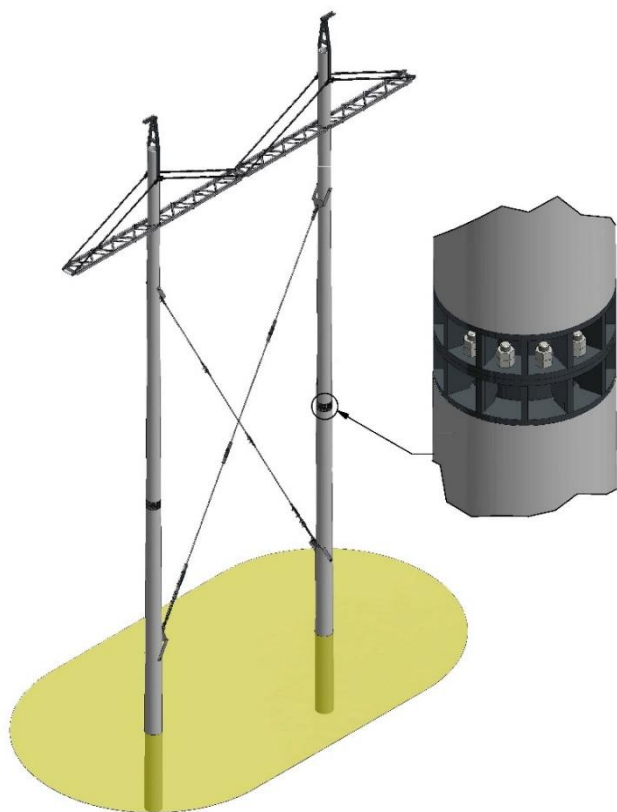


- «НТП ВЛ 35-750 кВ» (СТО 56947007-29.240.55.192-2014) предписывают применение на ВЛ 35-500 кВ железобетонных опор из секционированных стоек
- Секционированные стойки аттестованы в ПАО «Россети»
- С 2015 г. накоплен опыт замены старых опор на новые из секционированных стоек
- Введен в действие СТО 56947007-29.29.120.90.247-2017 «Железобетонные опоры ВЛ 35-750 кВ на базе центрифугированных секционированных стоек. Технические требования»

Замена опоры на ВЛ 500 кВ Тамбов – Пенза 2

Организация замены старых опор Создание аварийного резерва

ПБ 330-1 (с)



Существующая опора			Современная опора	
Марка опоры	Стойка	Кол-во стоек	Марка опоры	Стойка
ПБ 110-5	СК2, СК2п, СК2пр	1	ПБ 110-5 (с)	СК22.1-2.1-СБ.К.Д
ПБ 220-1	СК5, СК4а, СК5п, СК5пр	1	ПБ 220-1 (с)	СК26.1-6.1-СБ.К.Д
ПБ 330-1	СК5, СК4а, СК5п, СК5пр	2	ПБ 330-1 (с)	СК26.1-2.0-СБ.К.Д
ПБ 500-5н	СК15	2	ПБ 500-5н (с)	СК26.2-1.1-СБ.К.Д

В рамках работ по замене старых конструкций создан «Альбом железобетонных опор ВЛ 35-500 кВ. Модификации унифицированных опор на базе секционированных стоек» (16.003)

НИОКР Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек

Разработанные опоры (23 опоры)

Промежуточные

Анкерно-угловые

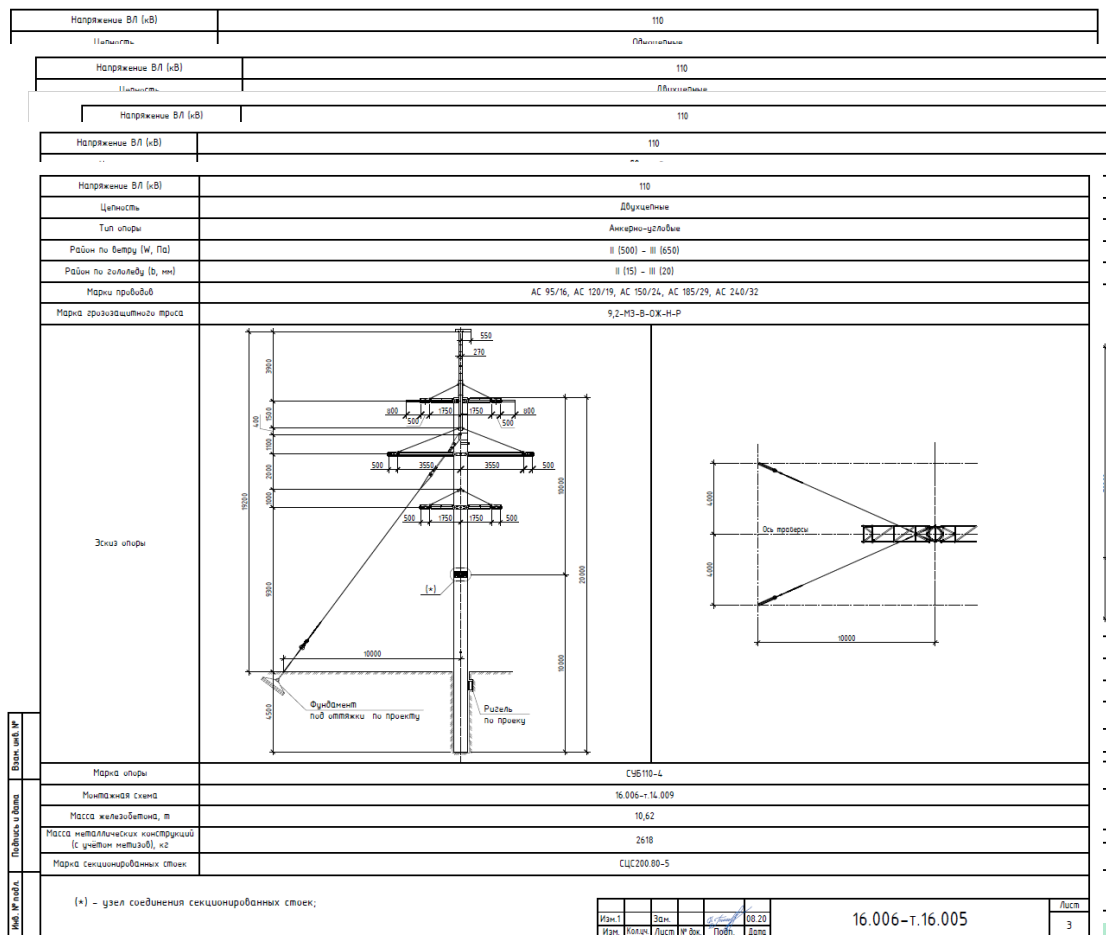
Одноцепные

Одноцепные

Двухцепные

Двухцепные

На оттяжках



Электронный стандарт ПАО «Россети Ленэнерго»

Руководство по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек

Руководство по проектированию ВЛ

- ✓ основные конструктивные решения для железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек и фундаментов, разработанных в рамках НИОКР;
- ✓ указания по проектированию ВЛ 110 кВ с применением железобетонных опор новой унификации;
- ✓ указания по закреплению опор с применением графиков их несущей способности в 56 типах грунтов

Технологические карты на сборку и установку опор и фундаментов

- ✓ составлены в соответствии с Руководством по разработке и утверждению технологических карт в строительстве и СТО «Методические указания по разработке технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ»;
- ✓ предназначены для подготовки ППР, разрабатываемого для выполнения строительномонтажных работ на конкретном объекте и учитывающего все условия их выполнения

Типовая инструкция по эксплуатации опор

- ✓ является дополнением к Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ (РД 34.20.504-94) только в части строительства, эксплуатации и реконструкции ВЛ 110 кВ на железобетонных опорах из центрифугированных секционированных стоек
- ✓ предназначена для работников, занятых техническим обслуживанием и ремонтом ВЛ

Испытания опор на базе ОРГРЭС



Одноцепная промежуточная повышенная опора, ноябрь 2016



Узел крепления к силовому полу



Двухцепная промежуточная повышенная опора, октябрь 2016

Испытания опор на базе ОРГРЭС



Одноцепная анкерно-угловая
опора, декабрь 2016



Узел крепления к силовому полу



Двухцепная анкерно-угловая
опора, июль 2017

Процесс изготовления центрифугированной стойки



Процесс изготовления центрифугированной стойки



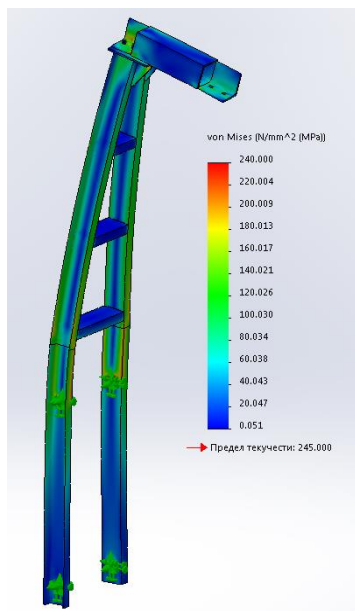
Лаборатория испытания материалов



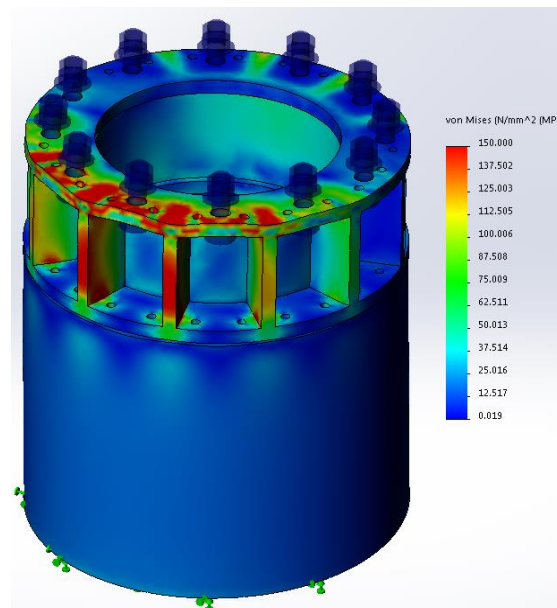
Особенности индивидуального подхода к проектированию ВЛ

- Разработка новых схем опор с характеристиками, отвечающими конкретным климатическим, эксплуатационным условиям и задачам заказчика. Конструкции опор изготавливаются на базе решений, прошедших проверку испытаниями и опытом эксплуатации
- Подготовка полного комплекта документации к прохождению государственной экспертизы
- Подготовка рабочей документации, рекомендаций по сборке и монтажу конструкций
- Контроль качества на всех этапах производства заводов ЭЖБИ
- Авторская поддержка при проектировании, строительстве и эксплуатации

Структура расчета



Расчетная модель тросостойки анкерно-угловой одноцепной опоры



Расчетная модель фланца

Проекты с опорами ВЛ 110 кВ (по заказу Ленэнерго) уже успешно реализуются



Строительство ПС 110 кВ «Ясень» с заходами ВЛ110 кВ для технологического присоединения энергопринимающих устройств ПАО «Газпром»

Строительство ПС 110 кВ «Ясень» с заходами 110 кВ для технологического присоединения энергопринимающих устройств ПАО «Газпром»

Проблема:

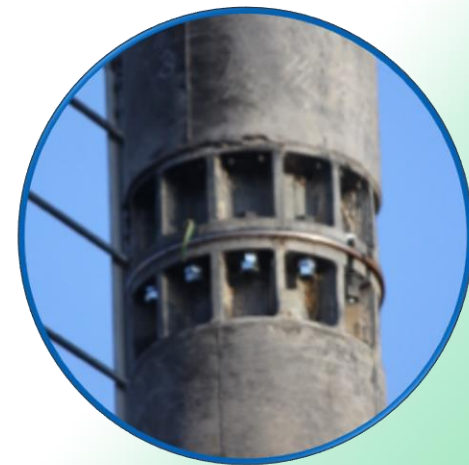
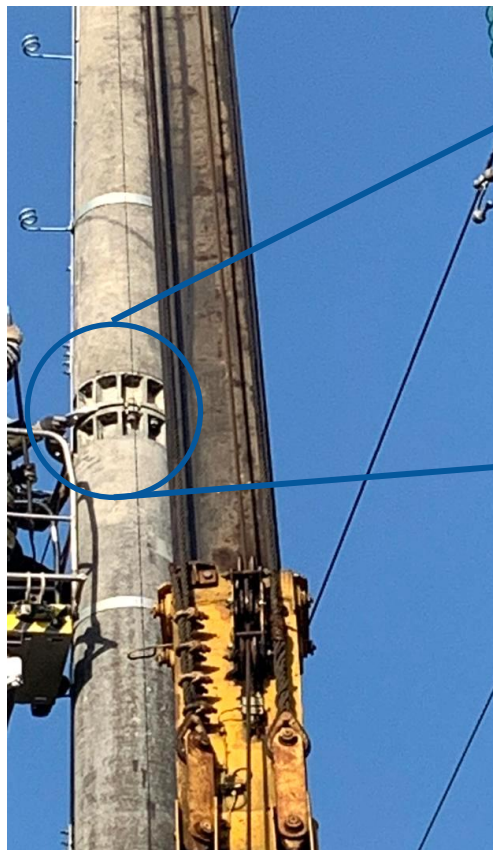
- После установки опор оказалось, что пять опор имеют отклонения от вертикали больше допустимого значения.

Причина:

- При монтаже стоек строители соединили верхние и нижние секции с разным номером.

Решение:

- Установка специальных подкладок между фланцами для выравнивания.
- Выпуск дополнительных документов по сборке.



Отклонение верха стоек: 20 – 30 мм
Металлическая прокладка
переменной толщины ($a = 4 - 9$ мм)

Строительство ВЛ 110 кВ для энергоснабжения завода ООО «Цемикс» в Абзелиловском районе Республики Башкортостан

Особенности:

- Необходимо было произвести подбор закреплений стоек с учётом грунтовых условий для опор 110кВ из НИОКР



Для установки опор были подобраны ригели АР-6 и АР-6-1. Линия успешно построена и введена в эксплуатацию в 2020 году



Строительство ВЛ 110 кВ для энергоснабжения завода ООО «Цемикс» в Абзелиловском районе Республики Башкортостан



СПБ110-6Ф



СПБ110-2

ВЛ 220 кВ Костромская ГРЭС — Кострома

Особенности:

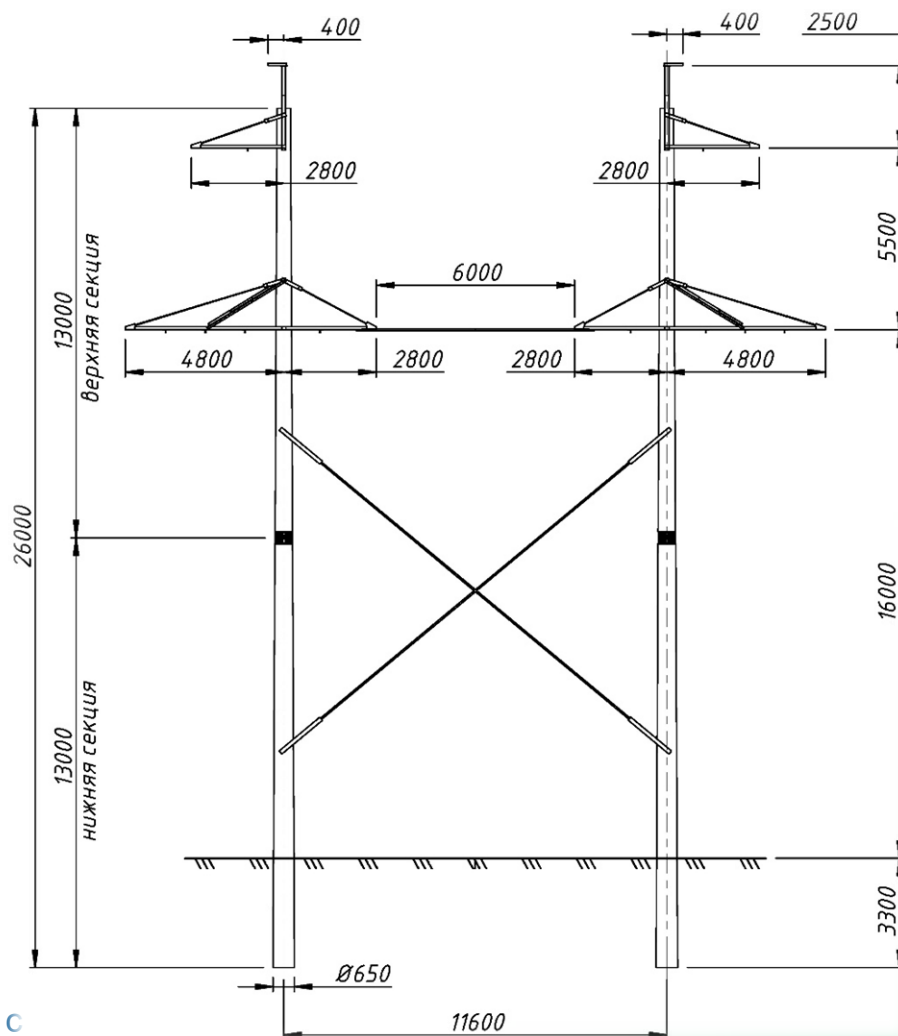
- **Отсутствие чертежей двухцепной опоры ПБД220-1 для замены опор, находящихся в эксплуатации.**
Потребовалась съёмка уровня подвески гирлянд изоляторов.
- **Выполнен сбор и анализ информации** о типах проводов, тросов и разновидностях климатических районов установки конструкций
- **Климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют III ветровому и I, II гололедным районам.
- **Провода.** АС300/39 и АС400/51



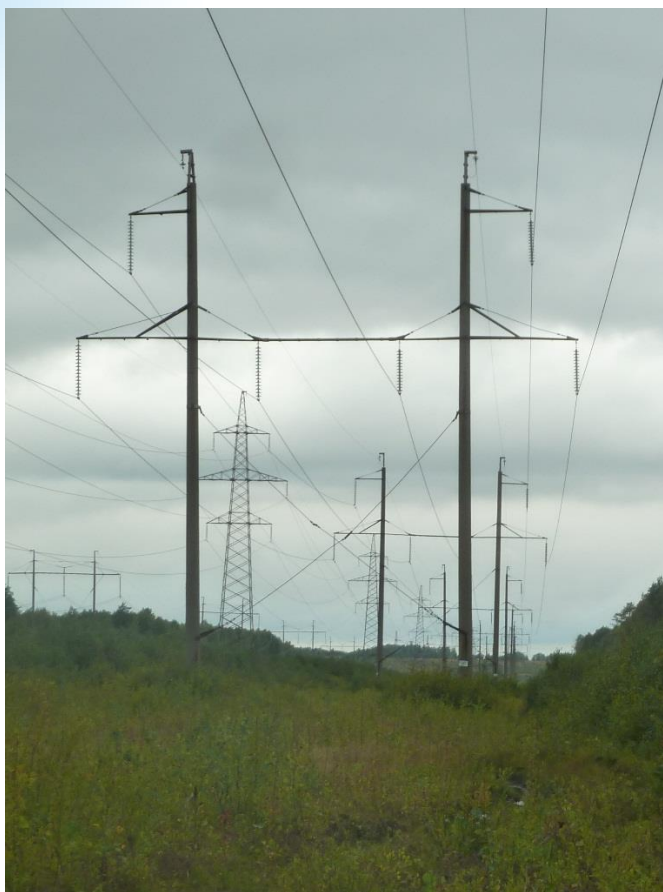
Новая опора ПБД220-2К(с)

Рассчитана на все возможные варианты условий эксплуатации опоры прототипа.

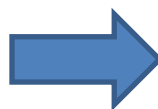
Данную опору можно применять и на других объектах с аналогичными расчетными данными.



ВЛ 220 кВ Костромская ГРЭС — Кострома



ПБД220-1



ПБД220-2К(с)

ВЛ 220 кВ «Каширская ГРЭС – Ока»

Особенности:

- **Отсутствие чертежей опоры для замены опор, находящихся в эксплуатации.**
- **Выполнен сбор и анализ информации** о типах проводов, тросов и разновидностях климатических районов установки конструкций
- **Климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют II ветровому и II гололедному районам.
- **Провода.** АС500/64

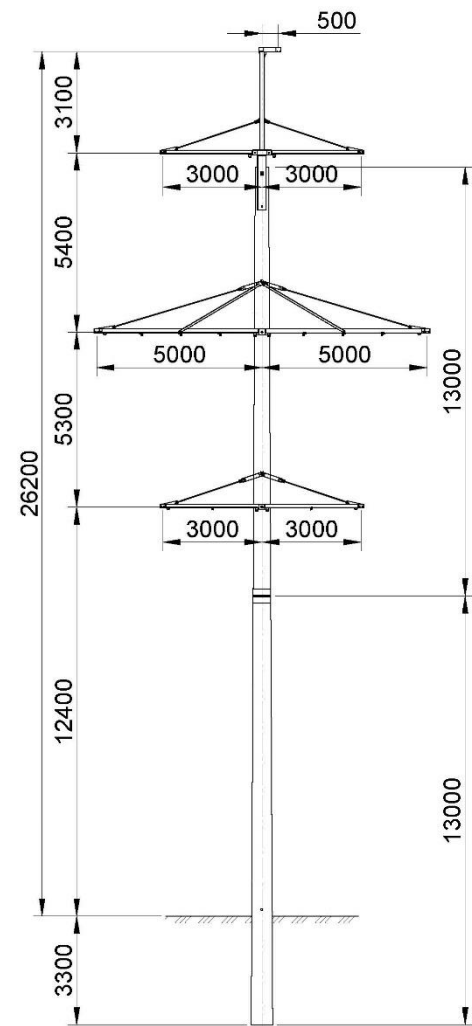


Схема опоры **СПБ220-4КО**

Примеры замены опор, находящихся в эксплуатации на их секционированные аналоги



ПБ220-1(с)
на ВЛ 220 кВ Тамбовская –
Иловайская



ПБ330-7(с)
на ВЛ 330 кВ
Южная – Садовая

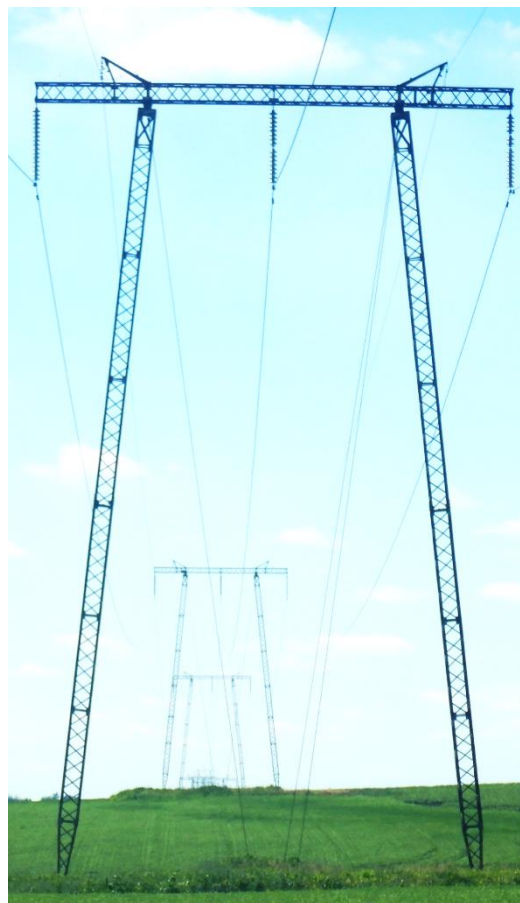


ПБ500-5н(с)
на ВЛ 500 кВ Тамбов – Пенза-2

Опора 2СПБ220-1В для замены металлических «Рюмок» ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2 и порталных опор на оттяжках ПМО-1



ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2



ПМО-1

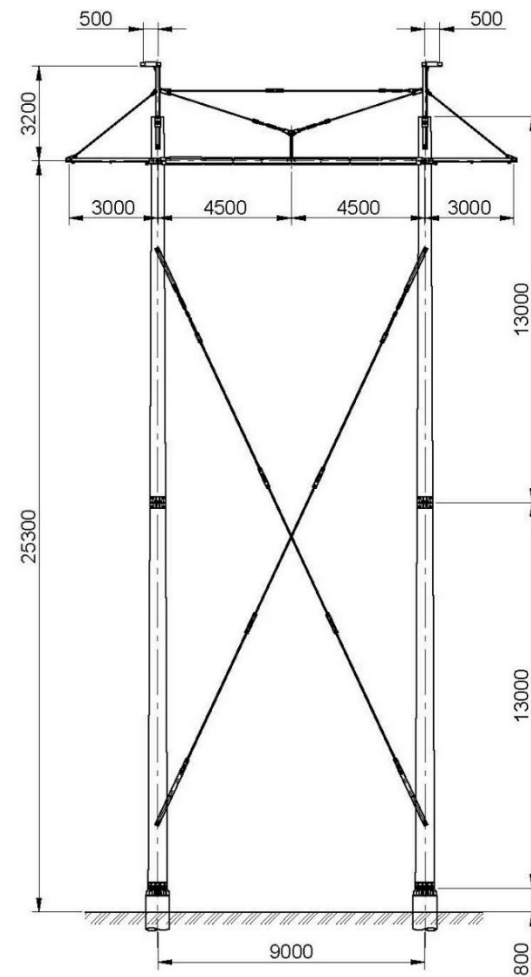


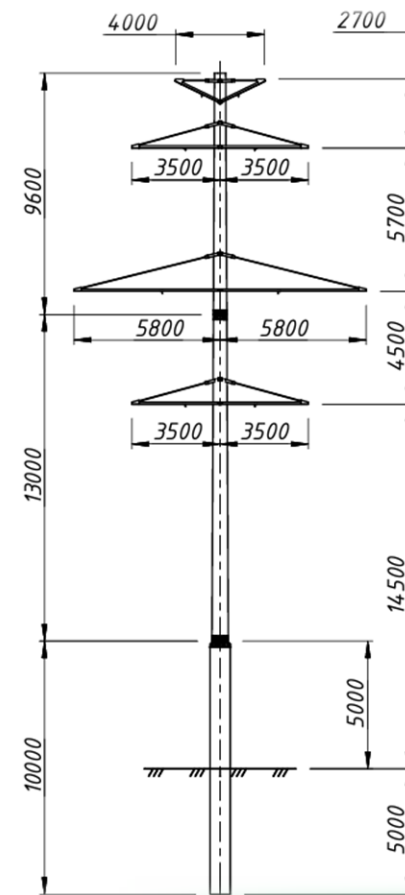
Схема опоры 2СПБ220-1В

ВЛ 220 кВ Славянская — Ударная и Ударная — Тамань

Требования к опорам:

- **Жесткие климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют III ветровому (650 Па) и III, IV, V гололедным (20, 25, 30 мм) районам по ПУЭ-7.
- **Сложные грунтовые условия.** С точки зрения особенностей закрепления опор необходимо было учесть, что трасса линии проходит по рисовым чекам вдоль системы мелиоративных каналов.
- **Компактность опор, мобильность и простота монтажа.** Опоры должны занимать минимальную площадь, используемую под сельскохозяйственные культуры, легко доставляться к месту строительства, быстро монтироваться, быть простыми в эксплуатации, в том числе обладать свойством вандалоустойчивости.
- **Высокие нагрузки на опоры.** Подвеска проводов марки АС 300/39 и защита от ударов молнии при помощи двух грозозащитных тросов со встроенным волоконно-оптическим кабелем на всей длине проектируемого участка.

Вывод: Унифицированных решений опор, полностью удовлетворяющих жестким требованиям района строительства, не существует.



Предложена схема двухцепной опоры СПБ220-4ФТ

СПБ220-4ФТ

Монтаж опоры СРБ220-4ФТ



Нижняя (фундаментная) секция, установленная до монтажа конической части опоры



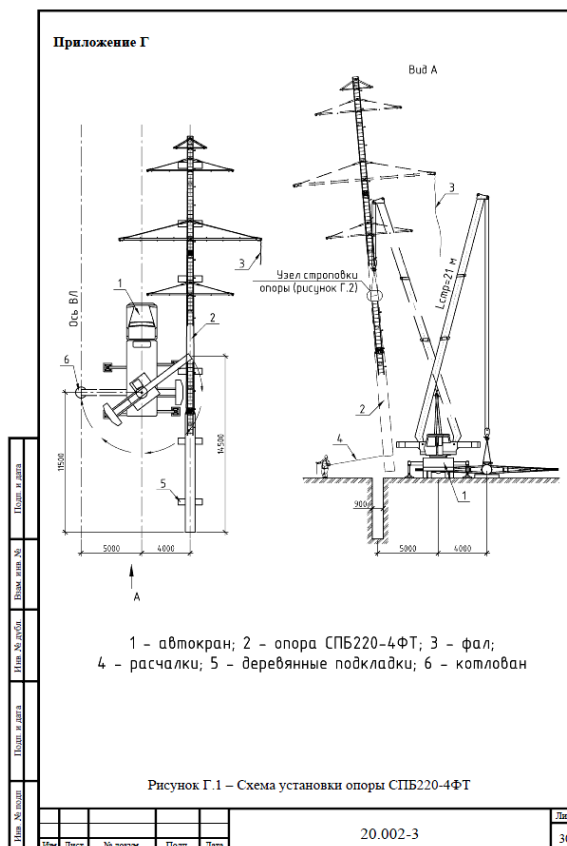
Монтаж средней секции опоры



Монтаж верхней секции опоры

Монтаж опоры СПБ220-4ФТ

- Индивидуальный подход к проектированию опоры.
- Конструкция опоры отличается повышенной высотой подвески проводов (14,5 м до нижней траверсы).
- Ее особенностью является то, что опора состоит из трёх секций: 10-метровая нижняя цилиндрическая секция диаметром 800 мм (на 5 м заглубляется в котлован) и две секции 22,6-метровой конической стойки (13 м + 9,6 м).



Разработана технологическая инструкция по сборке и установке опоры

Строительство опоры СПБ220-4ФТ, декабрь 2021

ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол 2»

Особенности:

- **Опора для замены многогранных опор в анкерном пролёте.**
- **Климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют II ветровому и III гололедному районам.
- **Провода.** АС300/66
- **Разработаны фундаментные секции** со специальными «ушками» для подъёма опоры методом падающей стрелы



Новая опора 2СПБ500-3В

взамен многогранных опор 2МП500-3В. Построен анкерный участок из пяти таких порталных опор. Стоимость железобетонной опоры в 1,5 раза меньше стоимости многогранной опоры.

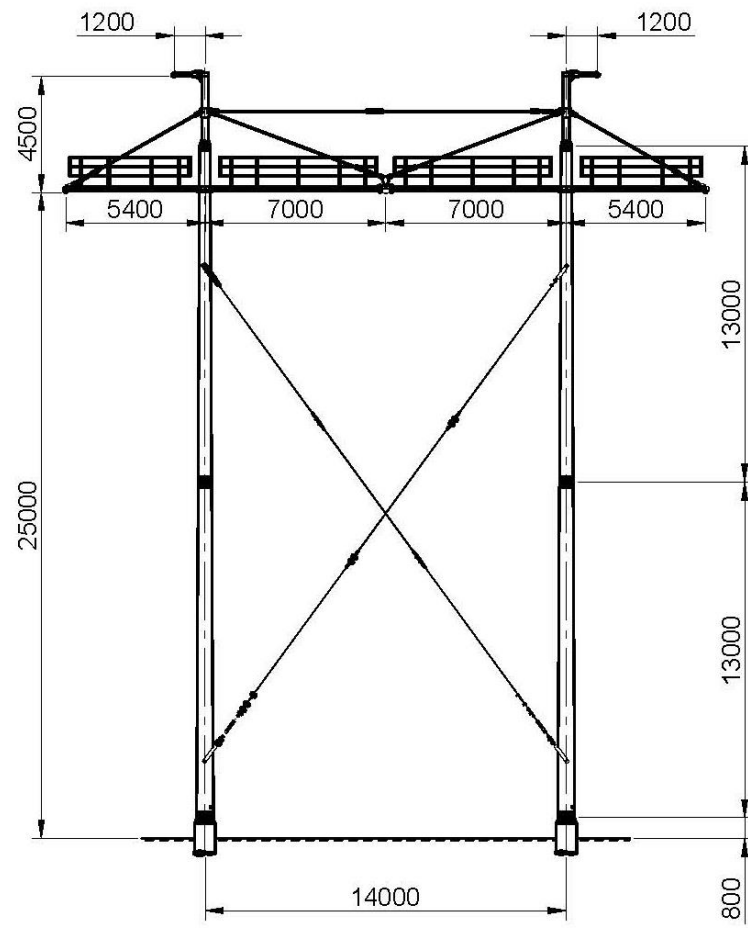


Схема порталной опоры 2СПБ500-3В

Портальная промежуточная опора для ВЛ 500кВ «Донская АЭС – Старый Оскол-2»

- Железобетонная портальная опора 2СПБ500-3В для замены многогранных опор в анкерном пролёте.
- Стоимость железобетонной опоры в 1,5 раза меньше стоимости многогранной опоры (2МП500-3В). А экономия в стоимости на 1 км ВЛ 500 кВ составила около 2 млн. рублей.
- Строители отметили простоту и скорость сборки опор, сравнимую с рядом стоящими многогранными опорами.



Испытания опоры 2СПБ500-3В
на полигоне ОРГРЭС, май 2015



Строительство опоры
2СПБ500-3В, январь 2019

Монтаж опоры 2СПБ500-3В



На данной фотографии происходит монтаж металлоконструкций



Подъём опоры методом падающей стрелы

ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 - Машук»

Особенности:

- **Климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют IV ветровому и VI (35 мм), VII (40мм), особый (45 мм) гололедным районам.
- **Провод.** АТЗП/С 300/67
- **Рассматриваемые варианты:**
2ПМ330-1, стальная многогранная
П330-9, стальная решетчатая
2СПБ330-5ВФ, железобетонная
секционированная
(в 2,5 раза дешевле многогранных)



**Новая опора
2СПБ330-5ВФ**

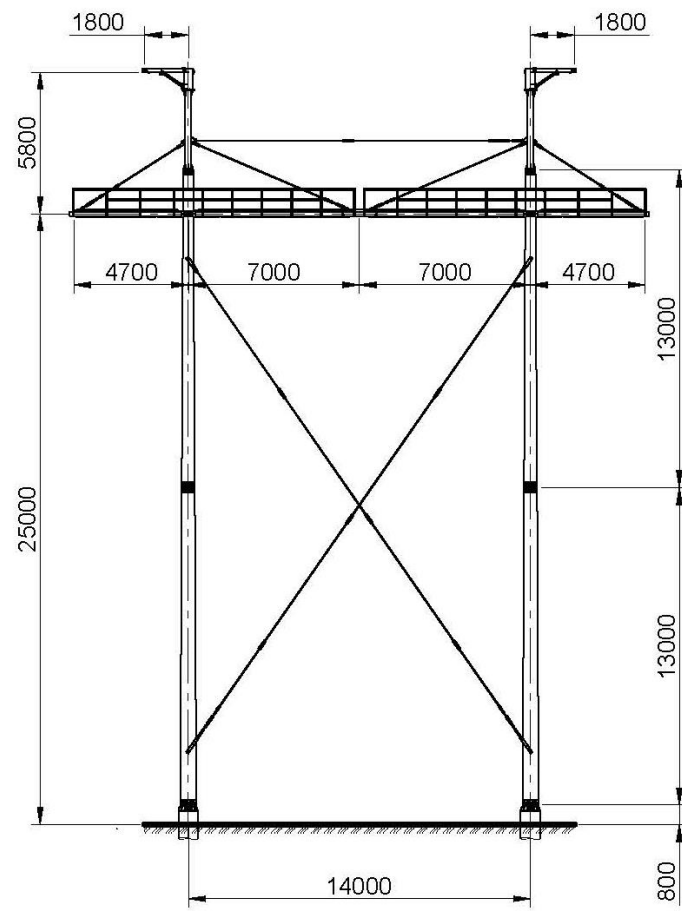
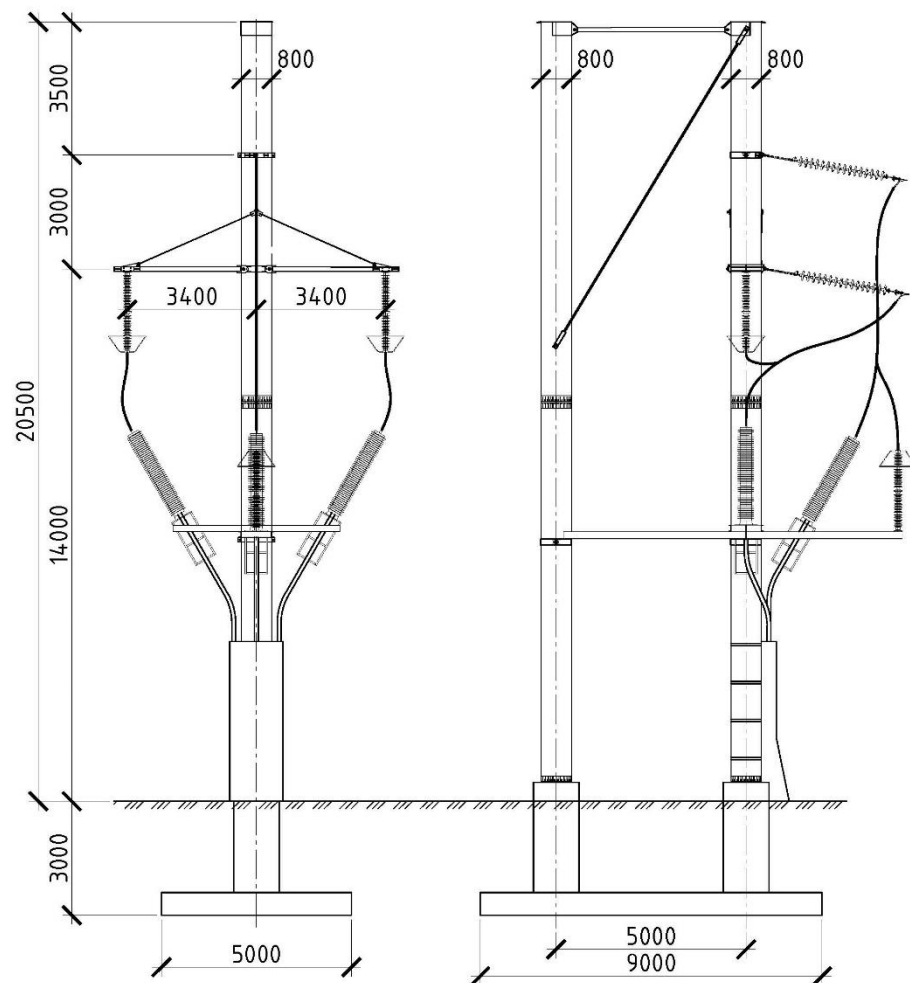


Схема железобетонной
опоры **2СПБ330-5ВФ**

Железобетонные опоры для перехода ВЛ 220 кВ в КЛ

Особенности:

- **Впервые** предложена конструкция **двухстоечной опоры рамного типа**, которая может воспринимать нагрузки конечного режима
- Две секционированные стойки длиной по 20 м диаметром 800 мм объединены снизу жестким монолитным фундаментом, а сверху - металлической балкой трубчатого сечения.
- **Возможность использования конструкции для:**
 - анкерных опор в конечном режиме;
 - переходного пункта воздушной линии в кабельную для напряжения 220 кВ
- **Стоимость** такой опоры **вдвое ниже** стоимости применяемых сейчас решетчатых или многогранных конструкций.



Электронный каталог железобетонных опор из секционированных центрифугированных стоек

www.nilkes.ru/katalog

КАТАЛОГ новых железобетонных опор на базе секционированных стоек

[Пояснительная записка](#)

[Список всех опор](#)

[Обзорный лист промежуточных опор 110 кВ](#)

[Обзорный лист анкерно-угловых опор 110 кВ](#)

[Обзорный лист опор 220 кВ](#)

[Обзорный лист опор 330 - 500 кВ](#)

[Скачать полный каталог \(PDF\)](#)

Адрес: 191036, Россия, Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 111/3

Главная Новости Наши разработки Каталог опор Публикации Конференции Контакты

ООО «НИЛКЭС ЭЖБИ» НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

2СПБ330-5ВФ

Железобетонная опора на базе секционированных центрифугированных стоек
Одноцепная промежуточная опора 330 кВ

Область применения опоры

Назначение	Класс 2 и ПУЭ-7
Расчетная нагрузка	19,006тм
Высота стоек	19,006тм
Воздушный промежуток	21,517тм
Площадь	17,000тм²
Сечение	21,517тм²
Тип	2СПБ330-5ВФ
Проект	19,006тм
Марка стоек	2 x СКС260.65.14
Масса стоек (без фундамента), т	14,5
Масса металла (без лестниц), кг	4040

Узлы опоры

4 (800 Па)

6-8 (35-45 мм)

2 x АТЗПС 300/67

Получить дополнительную информацию по опоре можно, направив запрос на почту НИЛКЭС: info@nilkes.ru

Адрес: 191036, Россия, Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 111/3

Телефон: +7 (812) 302 37 41
Факс: +7 (812) 302 37 41

Выводы

- Секционированные опоры подходят как для замены опор, так и для строительства новых линий.
- На сегодняшний момент наработана большая база:
 - стойки для замены опор по ГОСТ и типовым сериям;
 - 23 типа опор в рамках НИОКР «Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек»;
 - более 20 опор в рамках индивидуального проектирования.
- Разработано СТО 34.01-2.2-038.1-2022 ПАО «Россети» по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ, которое содержит:
 - руководство по проектированию;
 - технологические карты по сборке и установке опор и фундаментов;
 - инструкцию по эксплуатации опор.
- Разработаны рекомендации по сборке и монтажу всех типов опор
- Индивидуальный подход к проектированию позволяет получить оптимальные по стоимости строительства и эксплуатации ВЛ решения, учитывая условия конкретного объекта:
 - разработка оптимальной конструкции в кратчайшие сроки на стадии принятия решений со всеми материалами для прохождения Экспертизы.
 - благодаря возможности установки опор на фундаменты можно сократить количество опор на ВЛ, увеличив высоту подвески; устанавливать опоры в любые грунтовые условия;
 - за счет использования современных арматурных канатов и бетонов повышенного класса прочности позволяет опорам воспринимать нагрузки от больших пролетов даже в районах с жесткими климатическими условиями;
 - авторская поддержка позволяет оперативно решать вопросы, возникающие в процессе разработки проекта, строительства и эксплуатации.

**Больше информации
о наших разработках, мероприятиях и
публикациях
на нашем сайте:**

Группа в ВКонтакте



НИЛКЭС.рф

**191036, Санкт-Петербург, Невский
проспект, д. 111/3, оф. 321**

+7 (812) 309 39 61

info@nilkes.ru

**Татьяна Алексеевна Трухина
Ведущий инженер НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»**

**Тел. +7 981 104 7173
Почта: t.a.trukhina@nilkes.ru**

Мы на Дзене

<https://dzen.ru/nilkes>

