

# Индивидуальный подход к проектированию железобетонных секционированных опор ВЛ 35-500 кВ

Четвертая международная онлайн-конференция

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

31 января - 2 февраля 2023 года

**Бондарева Елизавета Олеговна,**  
ведущий инженер НИЛКЭС  
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»  
[e.o.bondareva@nilkes.ru](mailto:e.o.bondareva@nilkes.ru)  
[www.nilkes.ru](http://www.nilkes.ru)

## 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

# Путь секционирования



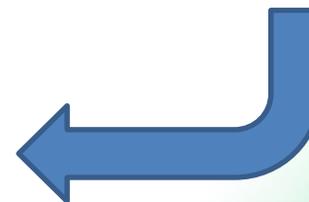
Внешний фланец, 2013 г



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 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

- Секционирование стоек позволяет отказаться от применения спецтранспорта, сокращает сроки и стоимость доставки опор;
- Возможность установки опор на фундамент расширяет их область применения (при необходимости поднять высоту подвески проводов, увеличить пролеты, установить опоры в сложных грунтовых условиях)
- Высокие показатели прочности из-за использования тяжёлого бетона класса В60

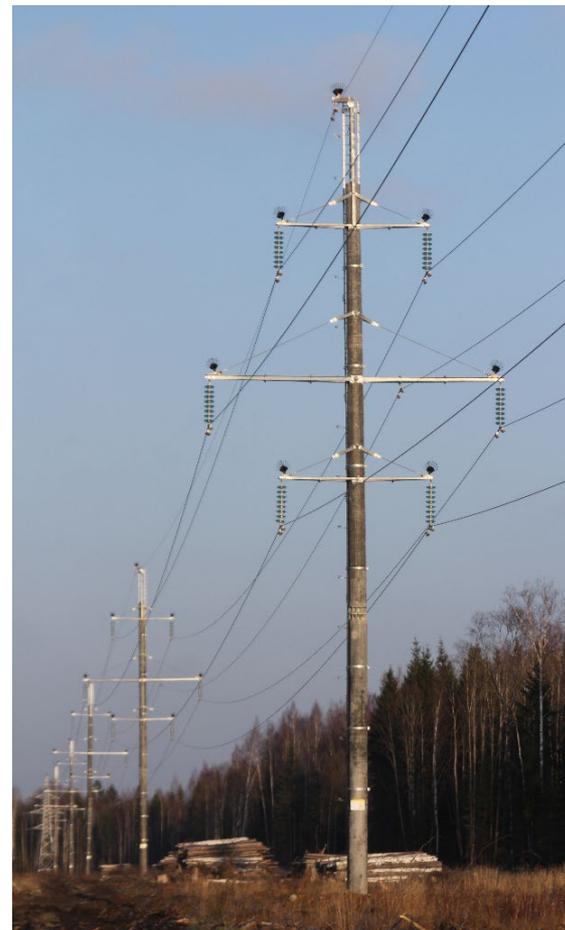


Сборка секций стойки



Установка опоры на фундамент

# 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:

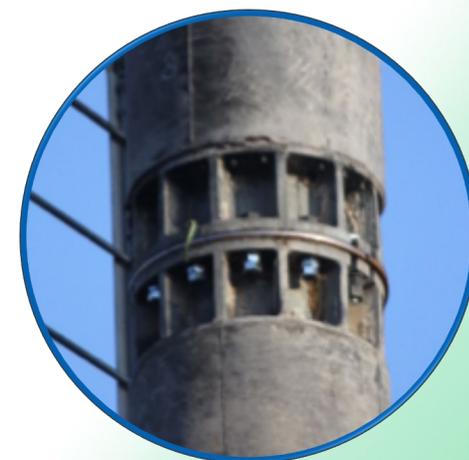
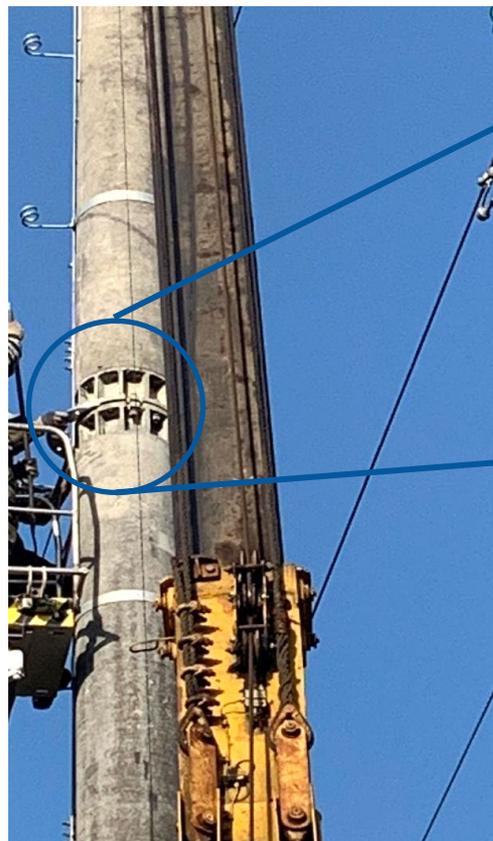
- После установки опор оказалось, что пять опор имеют отклонения от вертикали больше допустимого значения.

### 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.



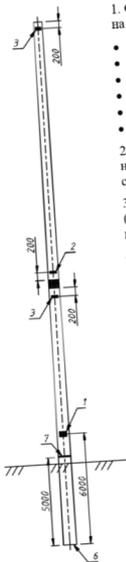
Отклонение верха стоек: 20 – 30 мм  
Металлическая прокладка переменной толщины ( $a = 4 - 9$  мм)

# Инструкция по сборке и маркировке секционированных стоек (в дополнение к ТК)

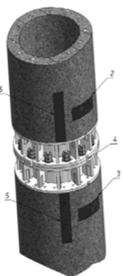
Приложение 1 к ТУ 5863-005-88398430-2016

## Инструкция по маркировке секционированных железобетонных стоек, погружаемых в грунт

Маркировка стоек выполняется по требованиям: ГОСТ 22687.0-85. Стойки железобетонные центрифугированные для опор высоковольтных линий электропередачи. Технические условия (с Изменением N 1) ГОСТ 13015-2012. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. Стойки железобетонные центрифугированные секционированные ТУ 5863-005-88398430-2016. Стойки электропередачи и фундаментом для опор высоковольтных линий электропередачи и фундаментом.

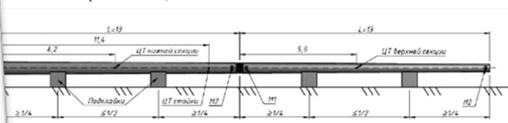


- Основная маркировочная надпись (1) наносится на нижнюю секцию на расстоянии 6 м от косяка и содержит:
    - наименование предприятия-изготовителя
    - марку изделия
    - дату изготовления изделия
    - массу целой стойки и, в скобках, массу нижней секции
    - штамп технического контроля
    - штамп порядковый номер стойки
  - Дублирующая маркировочная надпись (2) того же содержания наносится на верхнюю секцию стойки на расстоянии 0,2 м от соединительного фланца секций стойки с указанием в скобках массы верхней секции.
  - На верхних частях обеих секций на расстоянии 0,2 м от верхнего торца (соединительного фланца) наносится марка изделия и заводской порядковый номер стойки (3).
  - На соединительном узле при его изготовлении должна быть нанесена нестираемая отметка (установочная риска) (4), позволяющая однозначно определять взаимное расположение верхней и нижней секций друг относительно друга.
  - Для этих же целей на поверхность стойки наносятся монтажные полосы (5), показывающие правильность соединения верхней и нижней секций.
  - На подтяжке нижней секции наносится марка и заводской порядковый номер изделия (6).
  - На расстоянии 5 м от косяка наносится маркировочная полоса с указанием отметки 5 м (7).
- Маркировку конструкций следует производить по ГОСТ 13015-2012 следующими способами:
- окраской по трафарету;
  - маркировочными машинами;
  - краской от руки.

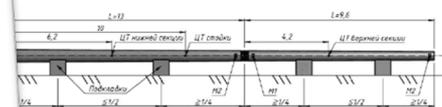


ООО «ПО «Энергожелезобетонность», РФ, 129327, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2, тел: 8 (499) 643-8440

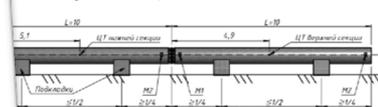
Сборка секционированных конических стоек длиной 26 м (типа СК26) в сборе не более 7,5 т



Сборка секционированных конических стоек длиной 22,6 м (типа СК22) в сборе не более 6,5 т

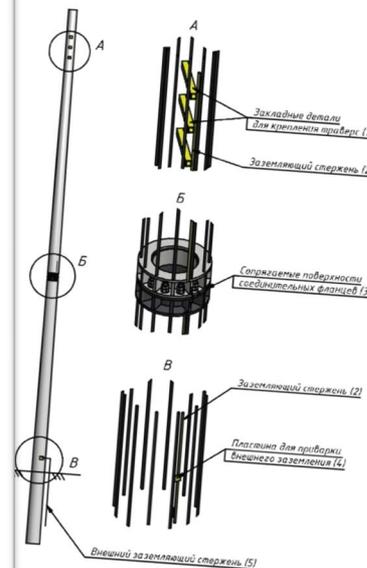


Сборка секционированных цилиндрических стоек длиной 20 м (типа СЦ20) в сборе не более 10,5 т



«Энергожелезобетонность», РФ, 129327, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2, тел: 8 (499) 643-8440

## Обеспечение заземления



Для всех типов стоек заземление обеспечивается за счет соединения элементов прокатных траверс с закладными элементами (1) железобетонной стойки. Все заземляющие стержни приварены к двум заземляющим арматурным стержням (2), проходящим по длине стойки. Свариваемые поверхности соединительного узла (3) защищены при помощи болтов электрической изоляции. После сборки стойки из двух секций при помощи болтов электрической изоляции устанавливается контакт заземления за счет металлического контакта оцинкованных поверхностей соединительного узла. В нижней части стойки на ее поверхности находится две металлические пластины (4), при изготовлении каркаса стойки к заземляющим арматурным стержням (2), для присоединения к ним внешних элементов заземления опоры (5). Металлические пластины находятся на расстоянии 1,1 м от уровня земли как для стоек, погружаемых в грунт, устанавливаемых на фундамент.

«Энергожелезобетонность», РФ, 129327, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2, тел: 8 (499) 643-8440

# 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 **СПБ110-1,**  
**СПБ110-2,**  
**СПБ110-6Ф**



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:

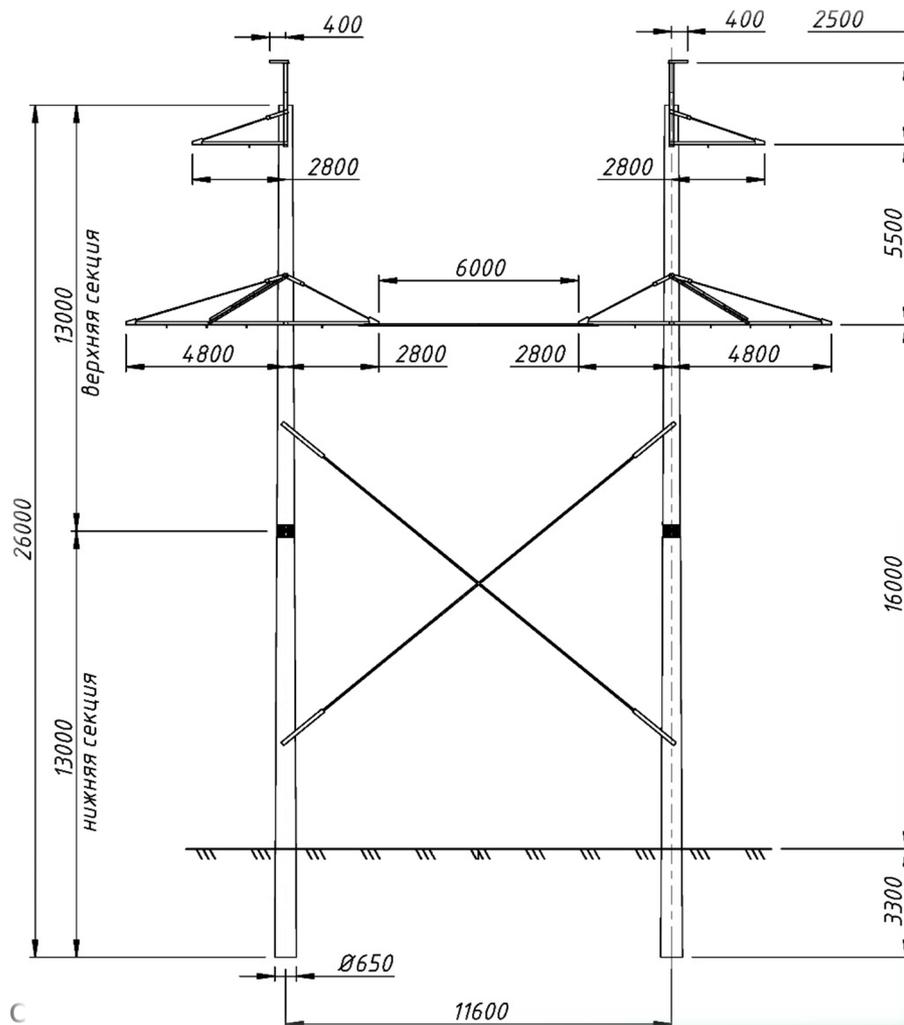
- **Отсутствие чертежей двухцепной опоры ПБД220-1 для замены опор, находящихся в эксплуатации.**  
Потребовалась съёмка уровня подвески гирлянд изоляторов.
- **Выполнен сбор и анализ информации** о типах проводов, тросов и разновидностях климатических районов установки конструкций
- **Климатические условия.**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



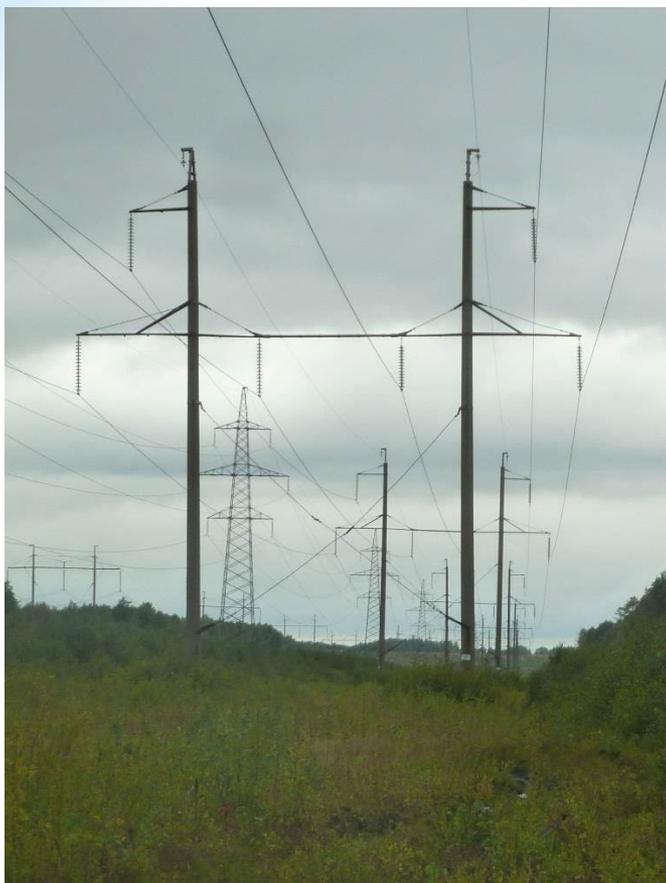
## Новая опора ПБД220-2К(с)

Рассчитана на все возможные варианты условий эксплуатации опоры прототипа.

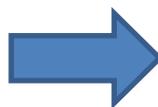
Данную опору можно применять и на других объектах с аналогичными расчетными данными.



## 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

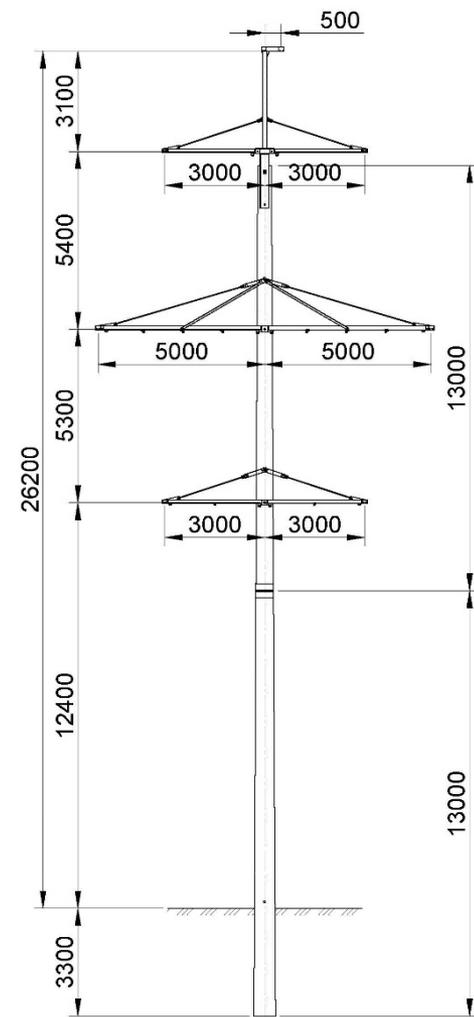


Схема опоры **СПБ220-4КО**



# 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



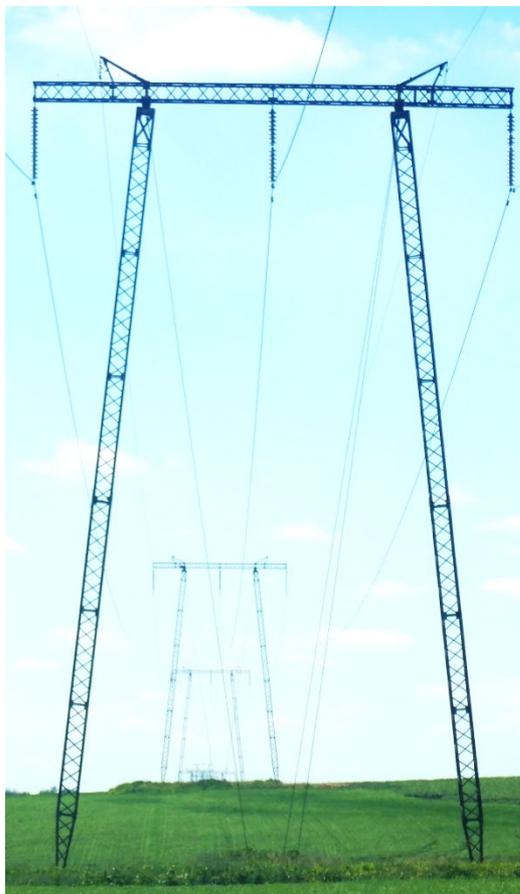
**ПБ500-5н(с)**  
на ВЛ 500 кВ Тамбов – Пенза-2



## 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**

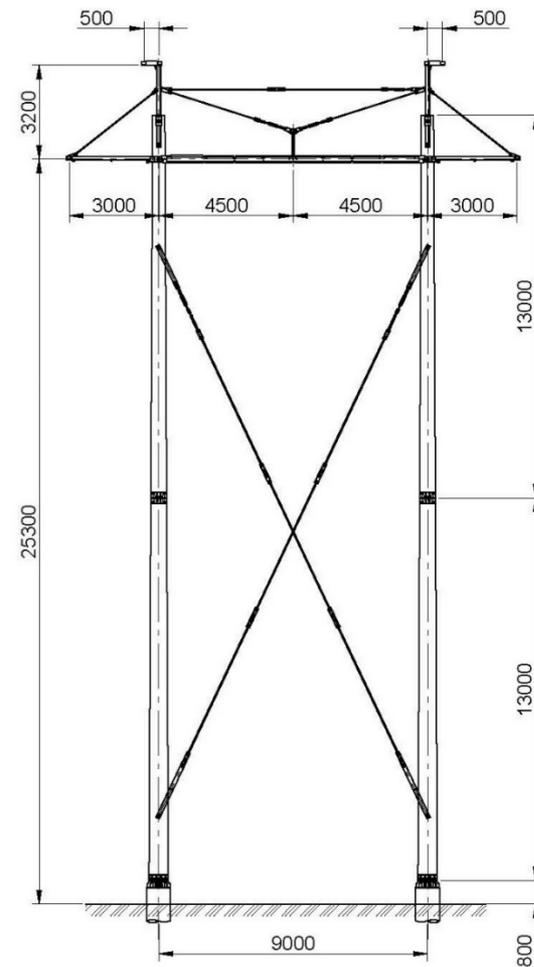


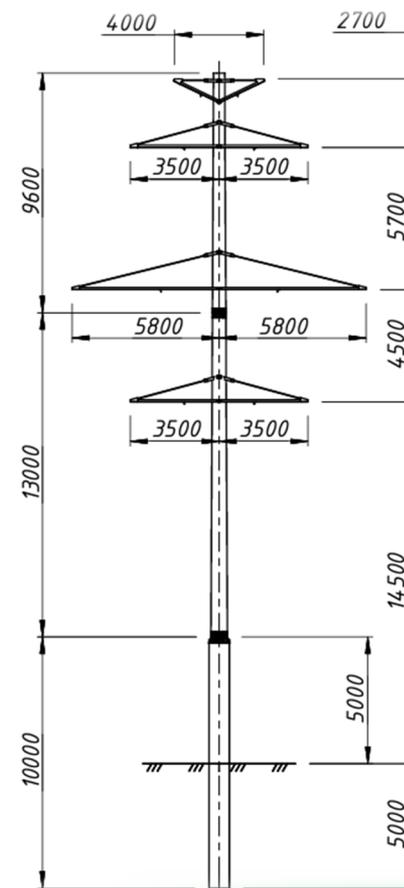
Схема опоры **2СПБ220-1В**

# 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

# 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.

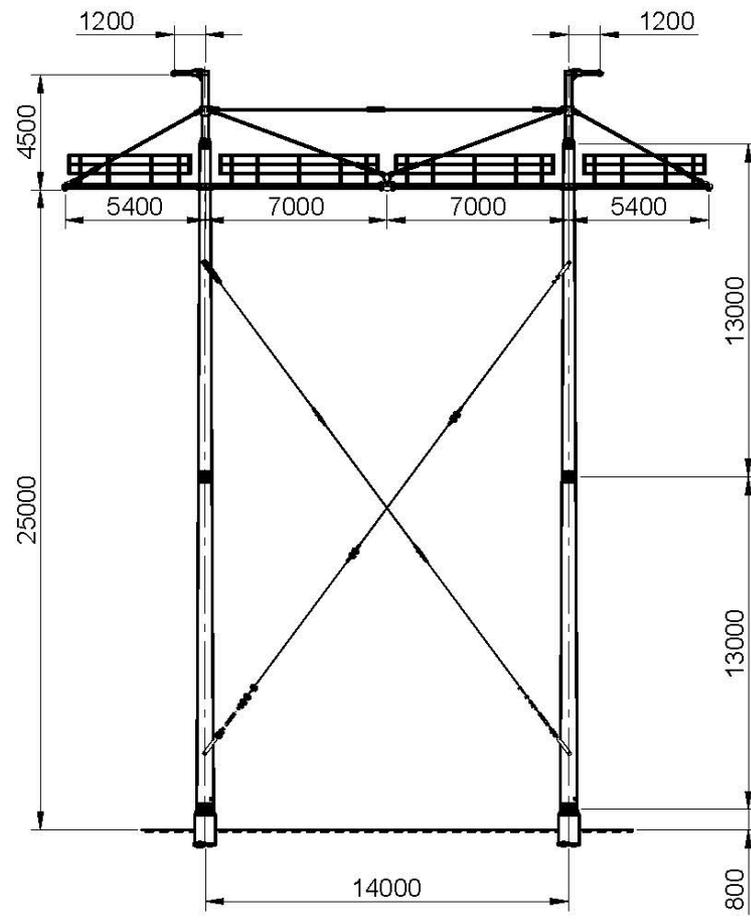


Схема порталной опоры **2СПБ500-3В**

# Монтаж опоры 2СПБ500-3В



На данной фотографии происходит монтаж металлоконструкций



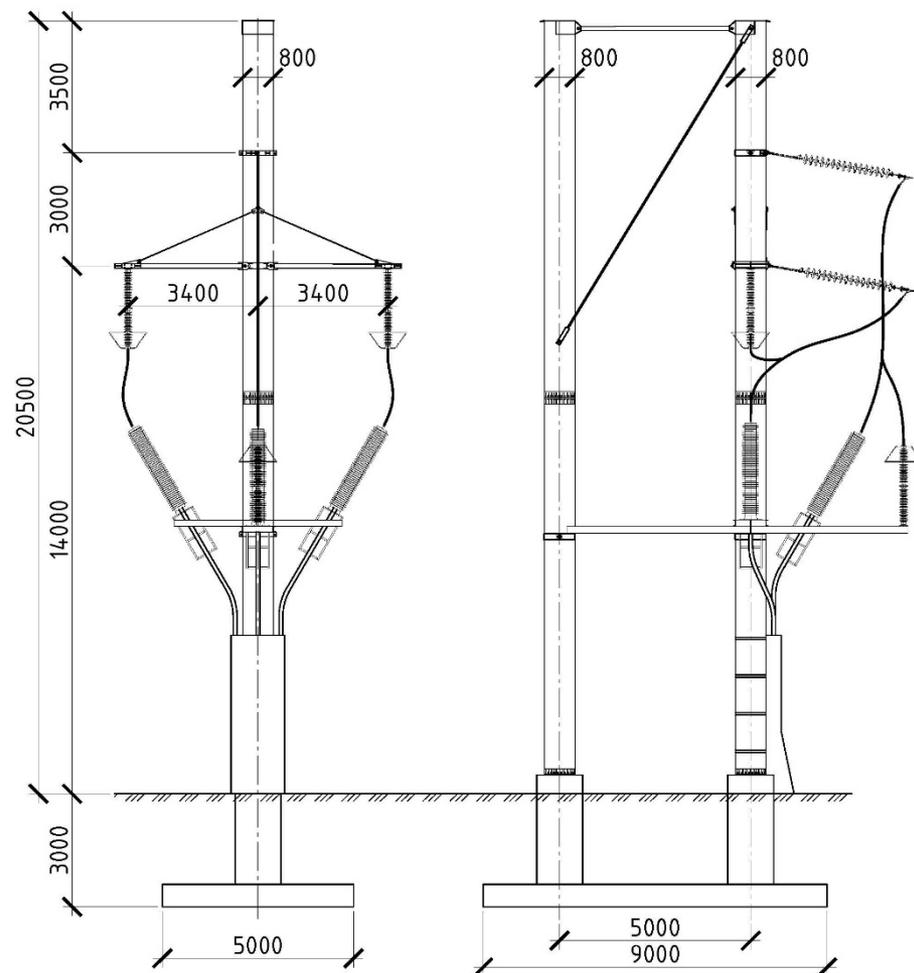
Подъём опоры методом падающей стрелы



# Железобетонные опоры для перехода ВЛ 220 кВ в КЛ

Особенности:

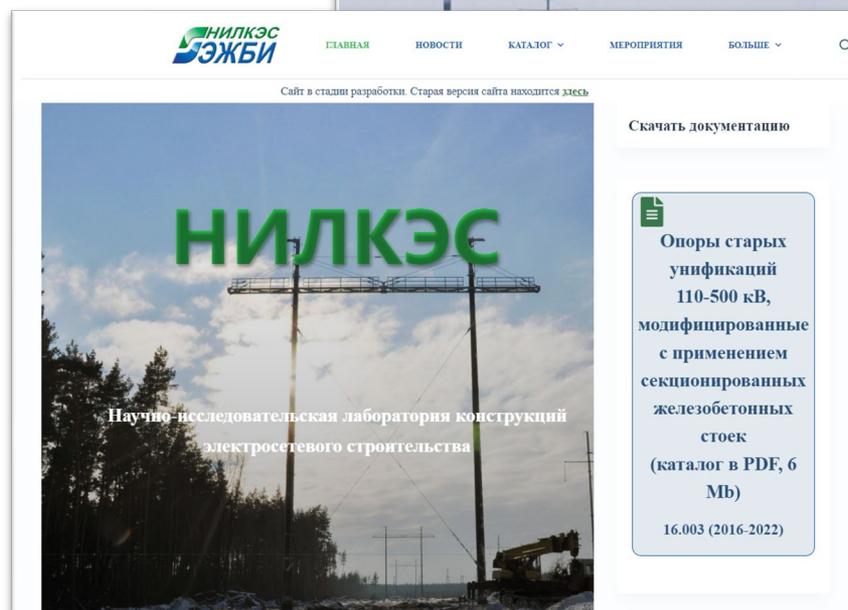
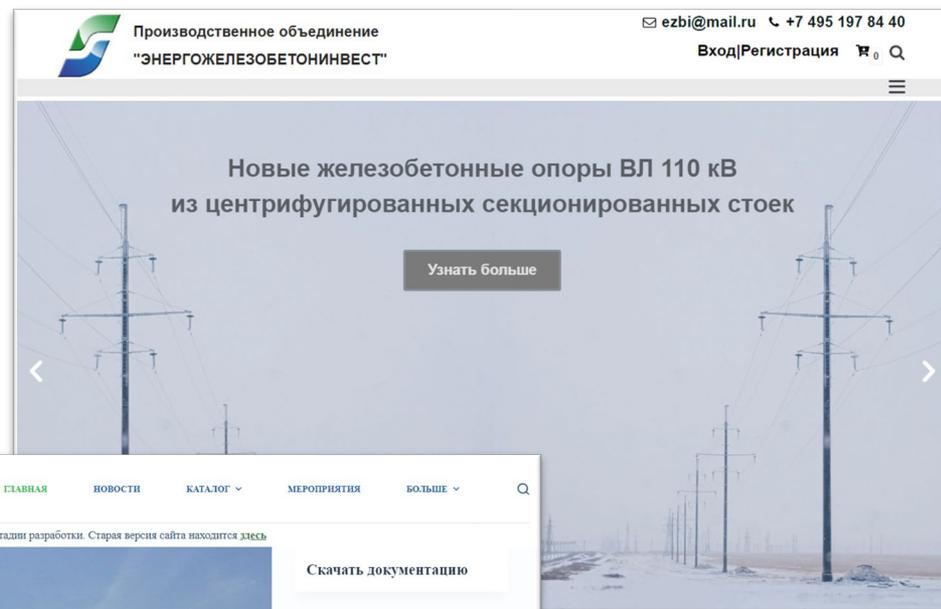
- **Впервые** предложена **конструкция двухстоечной опоры рамного типа**, которая может воспринимать нагрузки конечного режима
- Две секционированные стойки длиной по 20 м диаметром 800 мм объединены снизу жестким монолитным фундаментом, а сверху - металлической балкой трубчатого сечения.
- **Возможность 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.**



## 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.

# Наши контакты



<http://эжби.рф>

<http://нилкэс.рф>



**По всем интересующим Вас вопросам,  
ОБРАЩАЙТЕСЬ К НАШИМ СПЕЦИАЛИСТАМ!**

**Бондарева Елизавета Олеговна,**

Ведущий инженер НИЛКЭС

[e.o.bondareva@nilkes.ru](mailto:e.o.bondareva@nilkes.ru)

Группа в **ВКонтакте**



Научно-исследовательская лаборатория  
конструкций электросетевого строительства  
(НИЛКЭС) Санкт-Петербург

8 (812) 309-39-61  
[www.нилкэс.рф](http://www.нилкэс.рф)

Группа в **Telegram**



@NILKESRU