

Опыт реализации индивидуального подхода к проектированию современных железобетонных опор

**X Международная научно-практическая конференция
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ВЛ:
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА»
5–7 июля 2023 г., Санкт-Петербург**

Качановская Любовь Игоревна,
заведующая НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

L.I.Kachanovskaya@nilkes.ru
www.нилкэс.рф

Железобетонные опоры ВЛ. История и опыт.



Первые экземпляры – в 1930-х

Массовое применение – в 1960-х

Преимущества:

- Низкая цена
- Быстрый монтаж
- Долговечность
(стойкость к коррозии, морозостойкость)

Недостатки:

- сложность транспортировки негабаритного груза
(длина до 26 м)

Для линий 35–750 кВ используют

конические и цилиндрические центрифугированные,
предварительно напряженные стойки.



**Разработка нового вида секционированных
железобетонных опор**

Путь секционирования



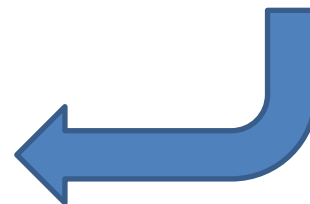
Внешний фланец, 2013 г



Внутренний фланец, 2014 г



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



Серия опор в рамках НИОКР
«Железобетонные опоры воздушных
линий 110 кВ из центрифугированных
секционированных стоек»
(по заказу ПАО «Ленэнерго»), 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

Опоры базовой серии

Промежуточные

Анкерно-угловые

Одноцепные

Одноцепные

Двухцепные

Двухцепные в Т.Ч. на ОТТЯЖКАХ

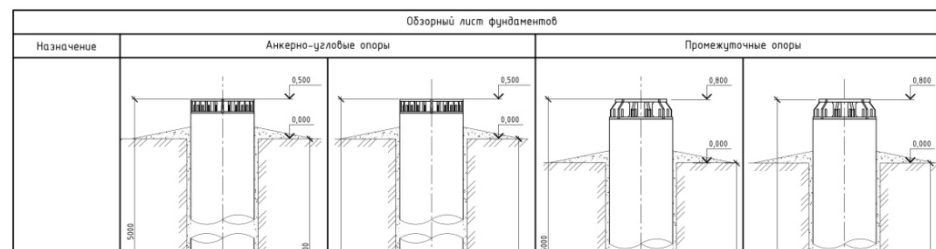
Марка стали	СХБ110-4
Монтажная схема	16.006-11.009
Масса железобетона, т	10,62
Масса металлических конструкций (с учетом металла), кг	2618
Марка секционирования стоек	СЦС200 80-5

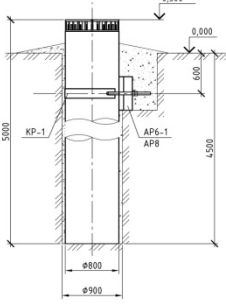
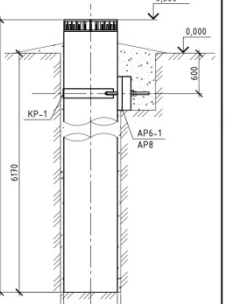
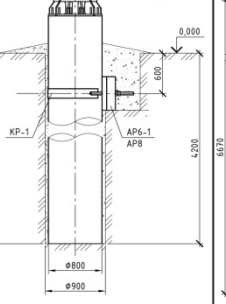
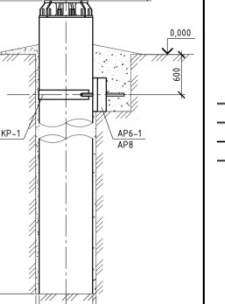
(*) – узел соединения секционированных стоек;

Изм.1		Зам.		08
Изм.	Колон	Дист	№ док	Подп

16.006-T.16.005

Фундаменты для железобетонных опор из центрифугированных стоек Ø800 мм.

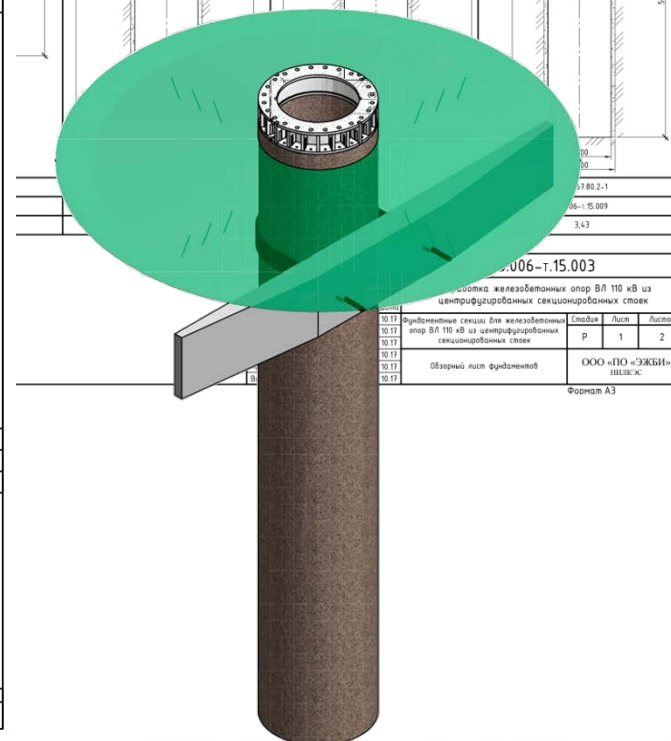


Обзорный лист фундаментов							
Назначение	Анкерно-угловые опоры				Промежуточные опоры		
Эскиз фундамента							
	КР-1		КР-1		КР-1		КР-1
	АР6-1		АР6-1		АР6-1		АР6-1
	АР8		АР8		АР8		АР8
Марка фундамента	СЦФ50.80.1-1-АР6-1		СЦФ50.80.1-1-АР8		СЦФ67.80.1-1-АР6-1		СЦФ67.80.1-1-АР8
Схема установки	16.006-1/15.005 а.2		16.006-1/15.005 а.2		16.006-1/15.004 а.2		16.006-1/15.004 а.2
Масса фундамента, т	3,57		5,41		3,43		5,27

1. Ригель АР6-1 см. серия 3.407-115 выпуск 5 лист КЖ-16, масса АР6-1 0,76;
2. Ригель АР8 см. серия 3.407-115 выпуск 5 лист КЖ-19, масса АР8 2,6 т;
3. Деталь крепления ригеля КР-1 см. 16.006-1/15.013, масса 34 кг.

Иж.	Колп.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	16.006-т.15.003	Лист
							2

Формат А3



СТО 34.01-2.2-038.1-2022 ПАО «Россети»

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 строительно-монтажных 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

Санкт-Петербург 2023

Опоры базовой серии ВЛ 110 кВ для энергоснабжения завода ООО «Цемикс» в Абзелиловском районе Республики Башкортостан



Опоры базовой серии на ВЛ 110 кВ для ООО «Цемикс»

1- цепные

СПБ110-1

СПБ110-3

СПБ110-7Ф

СУБ110-1

2-х цепные

СПБ110-2

СПБ110-6Ф



СПБ110-6Ф



СПБ110-2

Опоры базовой серии заходы ВЛ 110 кВ на ПС 110 кВ «Ясень» (Ленэнерго)

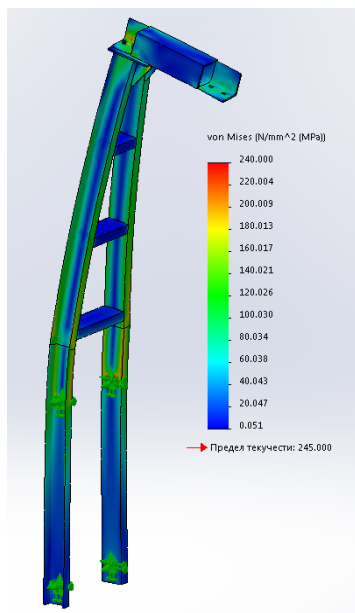
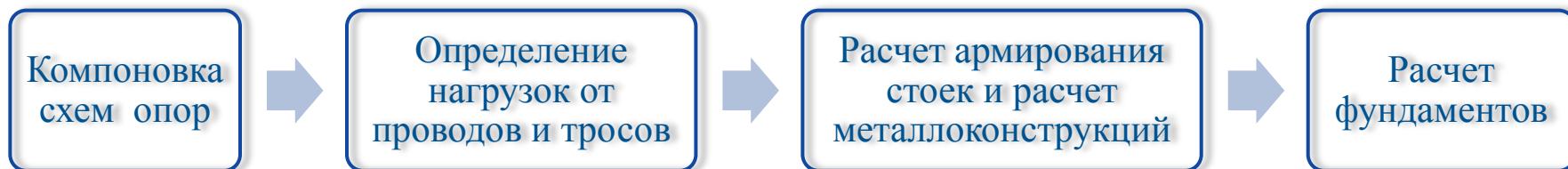


СПБ110-4 и СПБ110-8Ф Для технологического присоединения энергопринимающих устройств ПАО «Газпром»

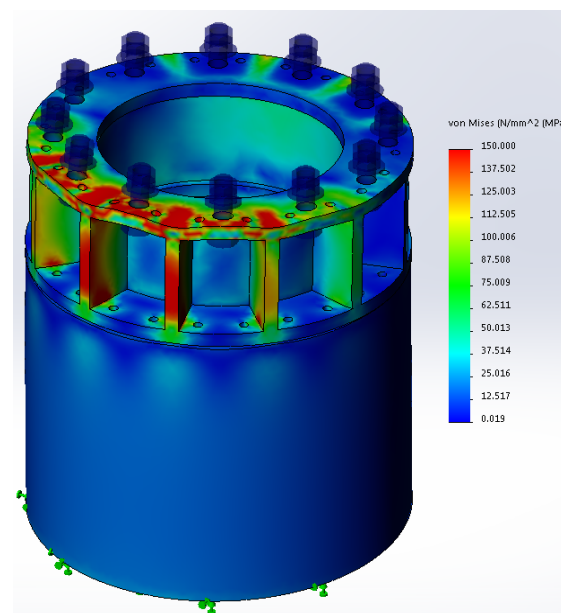
Индивидуальный подход к проектированию опор ВЛ 35-500 кВ

- **Зачем нужны новые опоры?**
 - Сократить затраты на строительство и эксплуатацию ВЛ
- Разработка **новых 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

Опоры для замены старых конструкций

ВЛ 220 кВ «Костромская ГРЭС — Кострома»

Особенности:

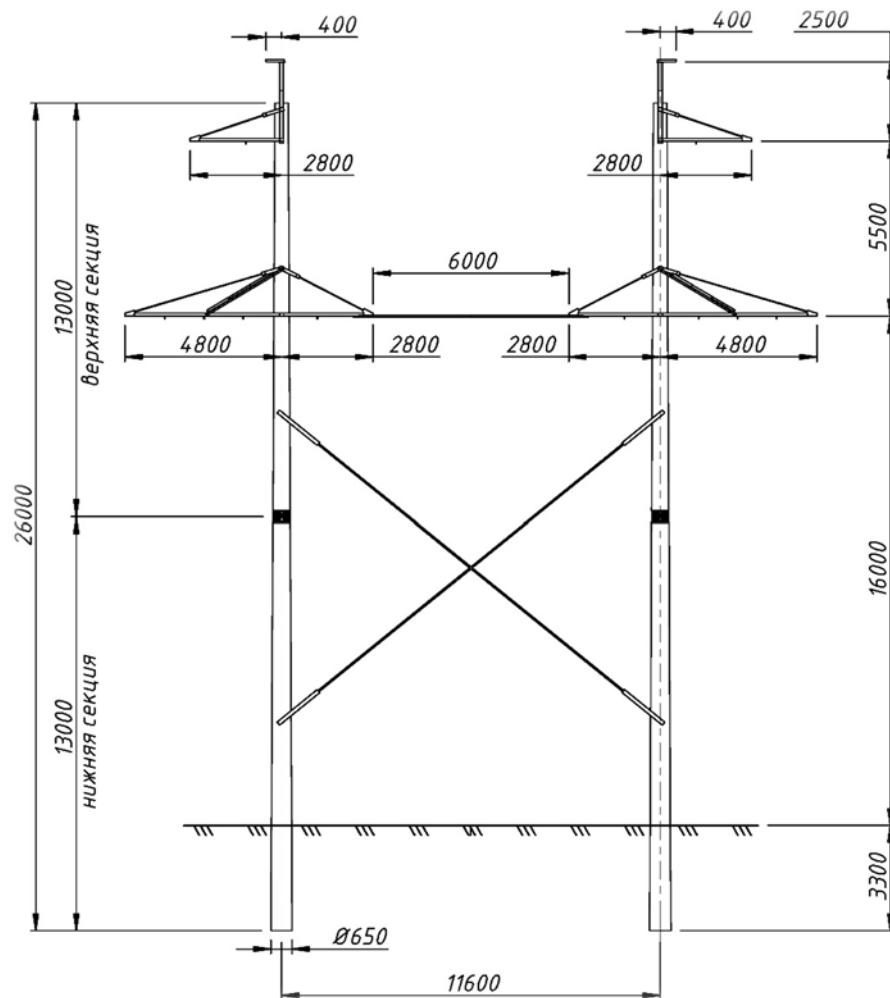
- **Отсутствие чертежей двухцепной опоры ПБД220-1 для замены опор, находящихся в эксплуатации.**
Потребовалась съёмка уровня подвески гирлянд изоляторов.
- **Выполнен сбор и анализ информации** о типах проводов, тросов и разновидностях климатических районов установки конструкций
- **Климатические условия.** 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.

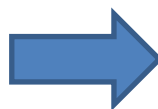
Данную опору можно применять и на других объектах с аналогичными расчетными данными.



ВЛ 220 кВ «Костромская ГРЭС — Кострома»



ПБД220-1



ПБД220-2К(с)

Опоры для замены старых конструкций

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.** AC500/64

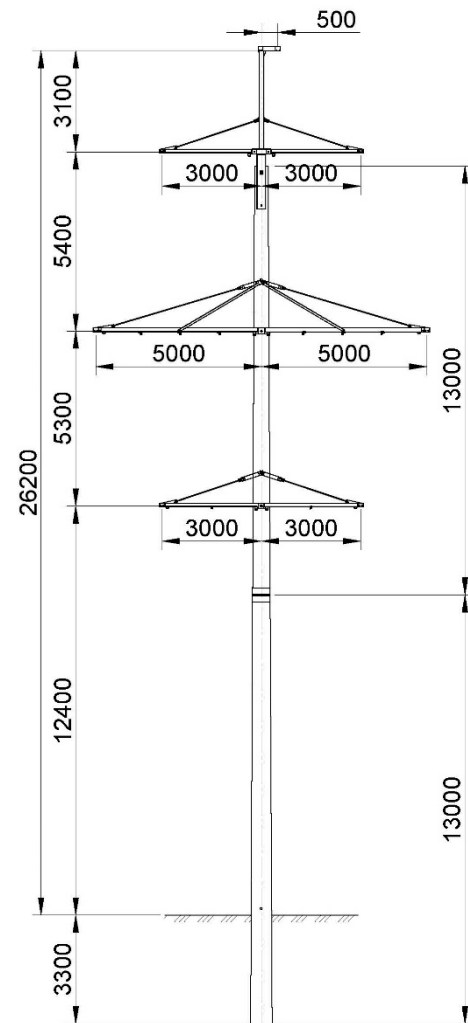


Схема опоры СРБ220-4КО

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



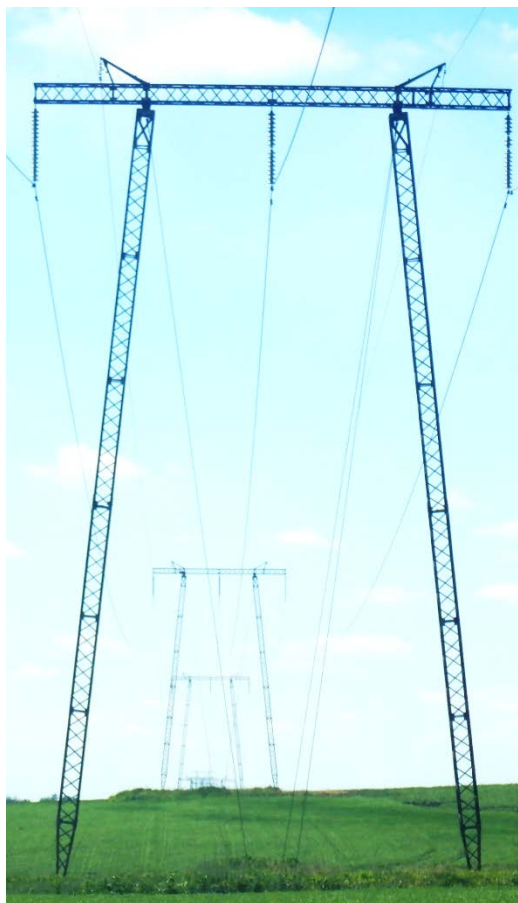
ПБ500-5н(с)
на ВЛ 500 кВ Тамбов – Пенза-2

Опоры для замены старых конструкций

2СПБ220-1В - для замены металлических опор типа «Рюмка» и опор на оттяжках ПМО-1



«Рюмка»: ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2



ПМО-1

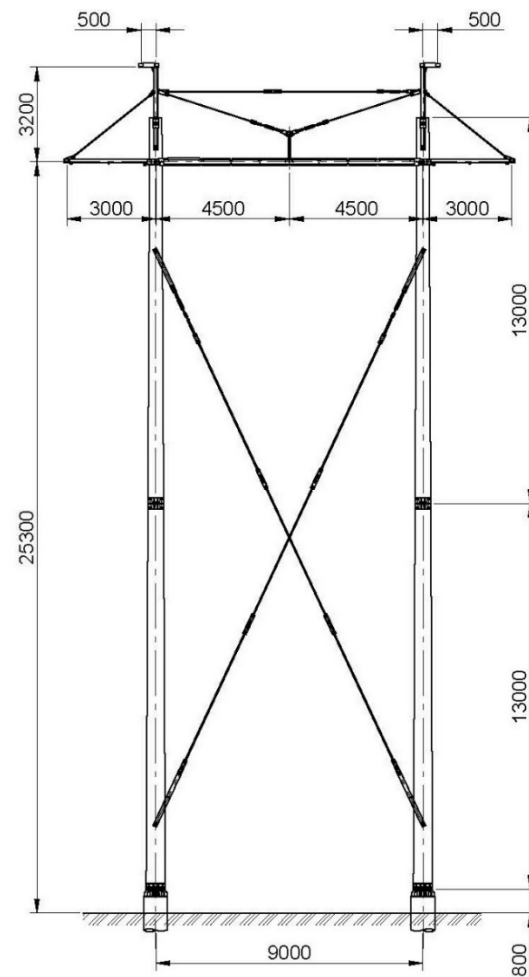


Схема опоры 2СПБ220-1В

Опоры для новых ВЛ

ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол 2»

- ЖБ опора 2СПБ500-3В – аналог многогранных опор 2МП500-3В по конструкции и высоте подвески провода
- Климатические условия.
II ветровой и III гололедный районы.
- Провода. АС300/66
- Разработаны фундаментные секции со специальными «ушками» для подъёма опоры методом падающей стрелы



Новая железобетонная опора 2СПБ500-3В

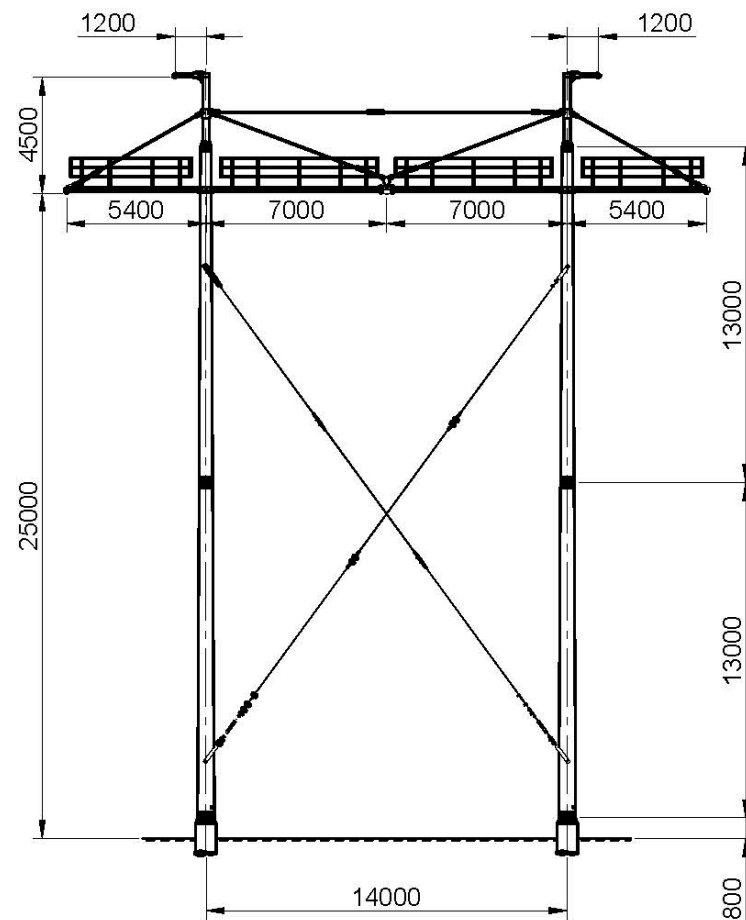


Схема portalной опоры 2СПБ500-3В

Опора 2СПБ500-3В

для ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол 2»

- Железобетонная порталная опора 2СПБ500-3В вместо 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.
- Простота и скорость сборки опор, сравнима с рядом стоящими многогранными опорами.



Испытания опоры
на полигоне ОРГРЭС, май 2015



Опора на линии,
январь 2019

Монтаж опоры 2СПБ500-3В



**Монтаж
металлоконструкций**



**Подъём опоры
методом падающей стрелы**

Опоры для новых ВЛ

ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 - Машук»

- **Климатические условия.** Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда соответствуют IV ветровому (800 Па) и VI (35 мм), VII (40 мм), особый (45 мм) гололедным районам.
- **Провод.** АТЗП/С 300/67
- **Рассматриваемые варианты:**
 - 2ПМ330-1**, стальная многогранная
 - П330-9**, стальная решетчатая
 - 2СПБ330-5ВФ**, железобетонная секционированная

(дешевле многогранных)



Новая опора
2СПБ330-5ВФ

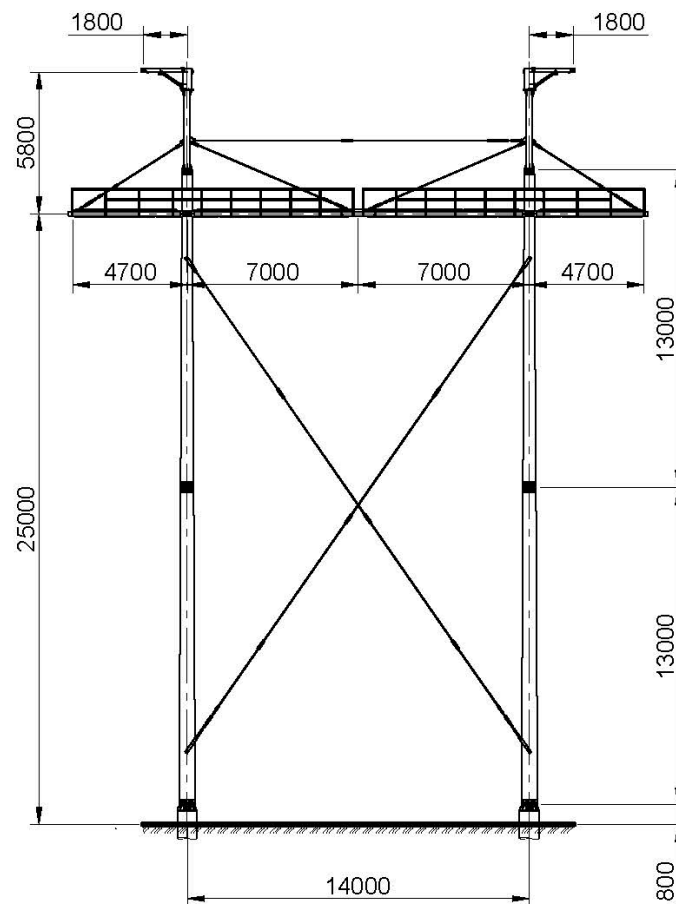


Схема железобетонной опоры **2СПБ330-5ВФ**

Опоры для новых ВЛ

ВЛ 220 кВ «Славянская — Ударная» и «Ударная — Тамань»

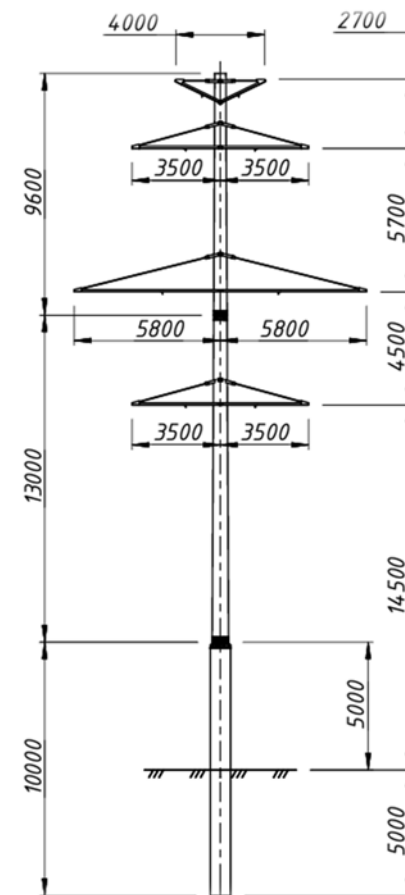
Требования к опорам:

- **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.** Трасса ВЛ 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.
- **Провода, тросы, ВОЛС.** 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 двухцепных ж/б опор на такие условия не существует

Впервые разработана Двухцепная ж/б опора СПБ220-4ФТ



СПБ220-4ФТ

Монтаж опоры СБ220-4ФТ



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



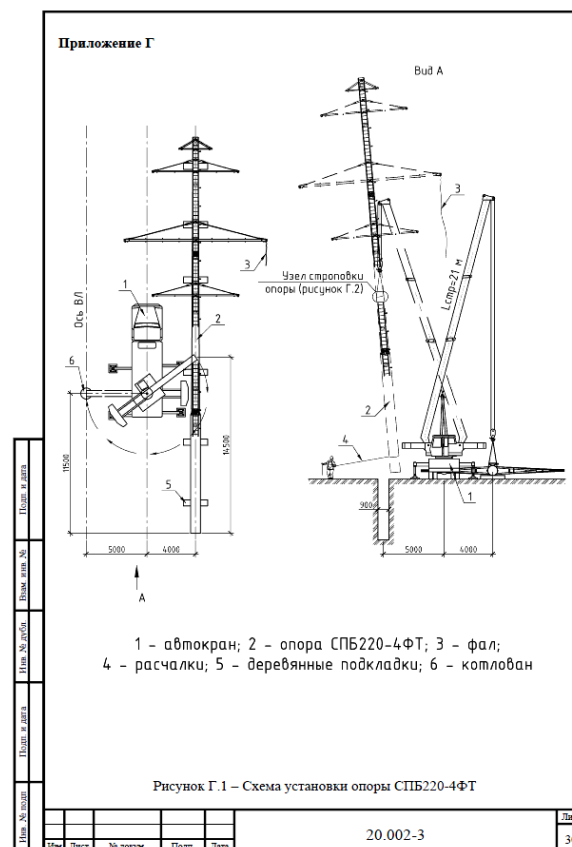
**Монтаж средней секции
опоры**



**Монтаж верхней секции
опоры**

Монтаж опоры СПБ220-4ФТ

- Двухцепная свободностоящая промежуточная опора СПБ-4ФТ
- Повышенная высота подвески проводов - 14,5 м до нижней траверсы
- 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)
- Первоначальный монтаж фундаментной части опор



Технологическая инструкция
по сборке и установке опоры

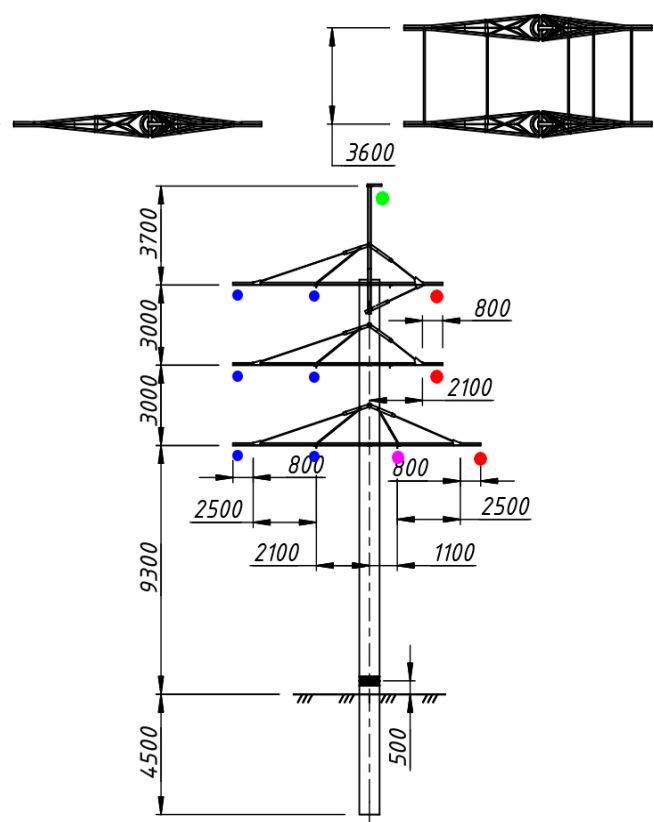
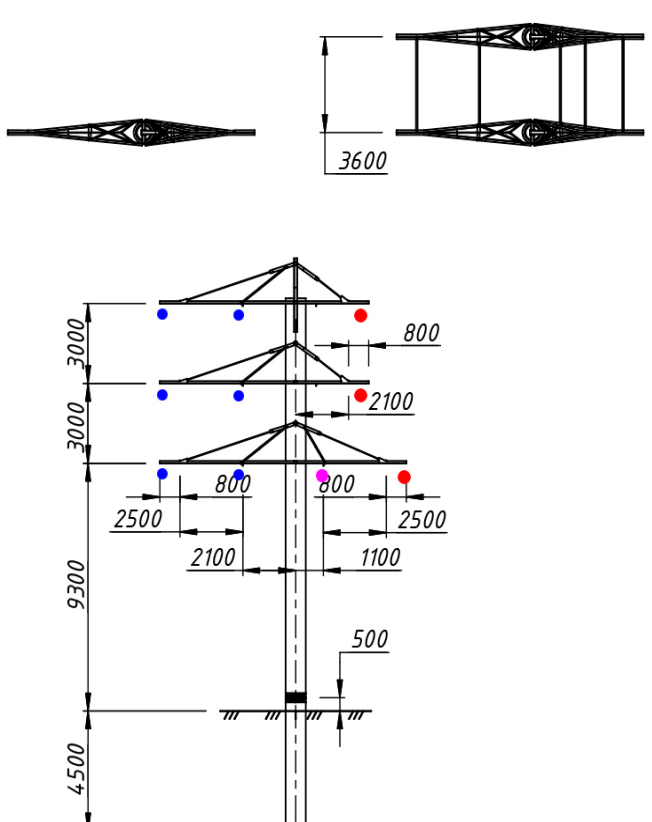
Опоры для совместной подвески проводов 2х110 + 2х10 кВ

ВЛ 110/10 кВ «Луч-Ядрошино»

СУБ110/10-6ФМ	2СУБ110/10-6ФМ	СУБ110/10-2ФМ	СУБ110/10-4ФМ
			
Ветровой район - II (500 Па), гололедный район - II (15 мм)			
6°	25°	30°	60°
• АС240/32 для двухцепной ВЛ 110 кВ	• СИП3-1х120-20 для двухцепной ВЛ 10 кВ	• Грозотрос 9,2-МЗ-8-ОЖ-Н-Р	

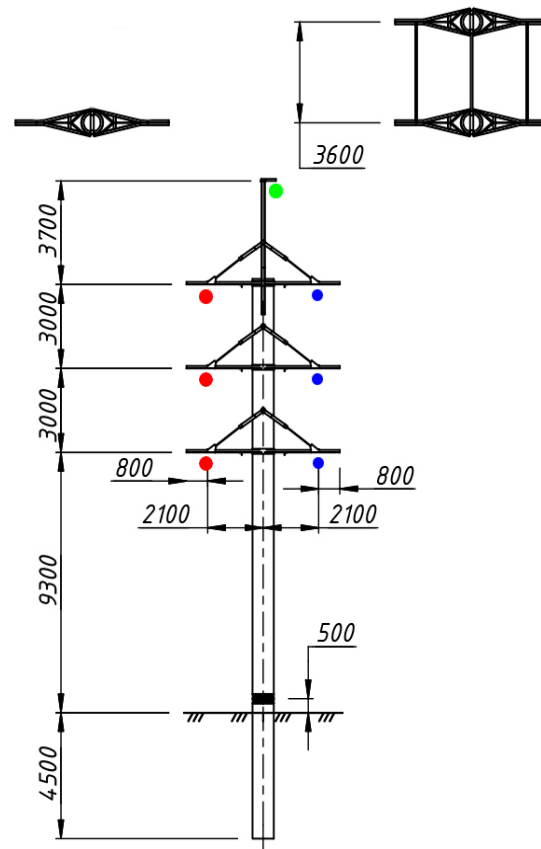
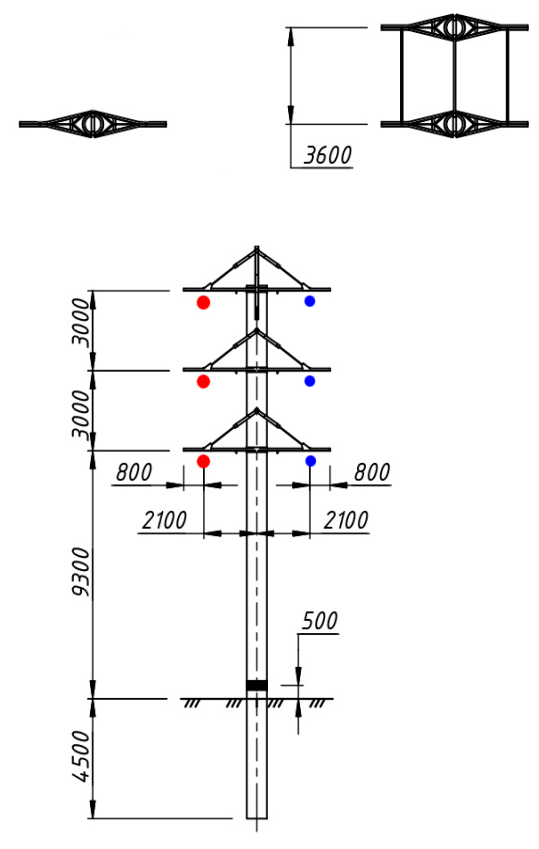
Опоры для совместной подвески проводов 35кВ + 2х10кВ + ВОЛС

ВЛ 35/10 кВ «Дорожная-Придорожная»

СУБ35/10-1Ф	2СУБ35/10-1Ф	СУБ35/10-1ФБТ	2СУБ35/10-1ФБТ
			
Ветровой район - III (650 Па), гололедный район - III (20 мм)			
Задача: прохождение ВЛ по рисовым чекам (минимальный землеотвод), слабые грунты - выбор глубины заделки			
20°	50°	20°	60°
● AC120/19 (ВЛ 35кВ) ● AC120/19 (двухцепная ВЛ 10кВ) ● Грозотрос 8,0-МЗ-В-ОЖ-Н-Р ● ВОЛС ДС-9,5-6Z-6/48 или ОКЛЖ-Т-20			

Опоры для совместной подвески проводов 35кВ + 10кВ

ВЛ 35/10 кВ «Дорожная-Придорожная»

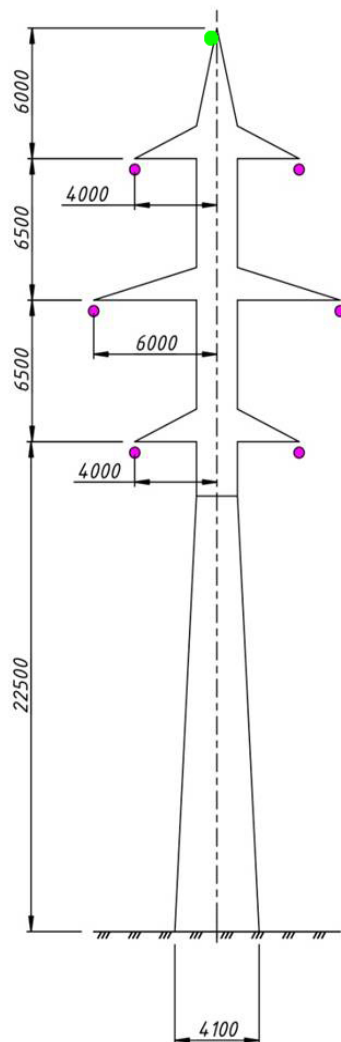
СУБ35/10-2Ф	2СУБ35/10-2Ф	СУБ35/10-2ФБТ	СУБ35/10-2ФБТ
			
Ветровой район - III (650 Па), гололедный район - III (20 мм)			
Задача: прохождение ВЛ по рисовым чекам (минимальный землеотвод), слабые грунты - выбор глубины заделки			
35°	60°	35°	60°
• АС120/19 для ВЛ 35 кВ	• АС120/19 для ВЛ 10 кВ	• Грозотрос 8,0-МЗ-В-ОЖ-Н-Р	

Двухцепная железобетонная опора 2СПБ220-2В

взамен металлической ПС220-6 для ТП ООО «Шестой Ветропарк ФРВ»»

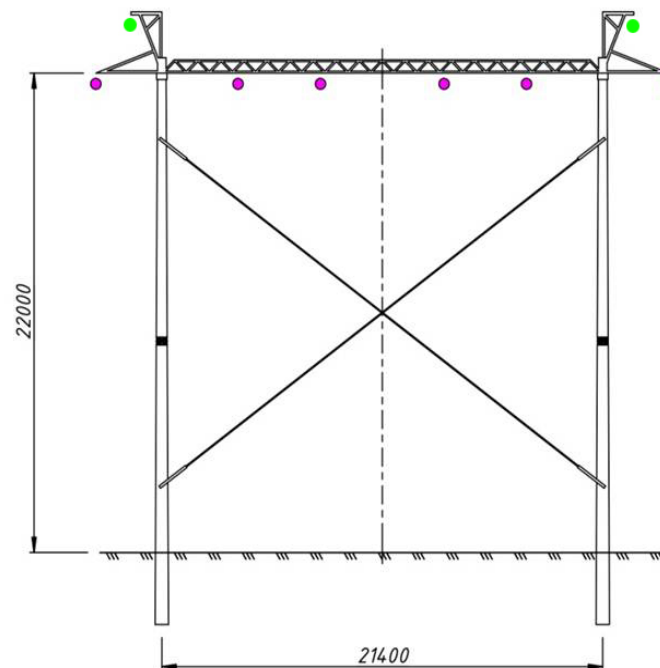
ВЛ 220 кВ «Ольховская ВЭС – Таловка» (~ 54 км)

и ВЛ 220 кВ «Ольховская ВЭС – Петров Вал» (~ 52 км)



ПС220-6

2СПБ220-2В

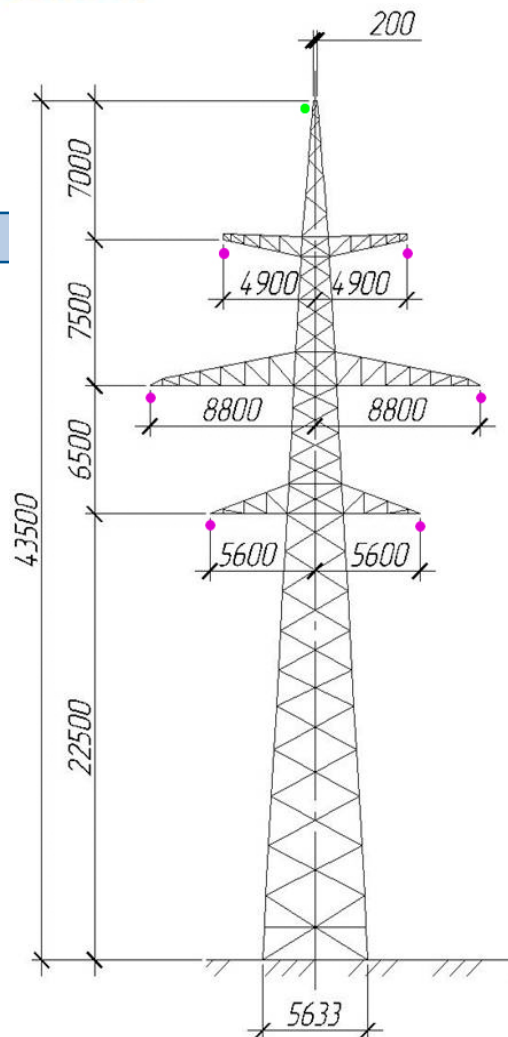


Ветровой район – III-V (650-1000 Па), гололедный район – IV-VII (25-40 мм)

Задача: сохранить расстановку опор (обеспечить те же расчетные пролеты), сократить затраты на ВЛ

● АС300/48

● грозотрос 11,0-Г(МЗ)-В-ОЖ-МК-Н-Р

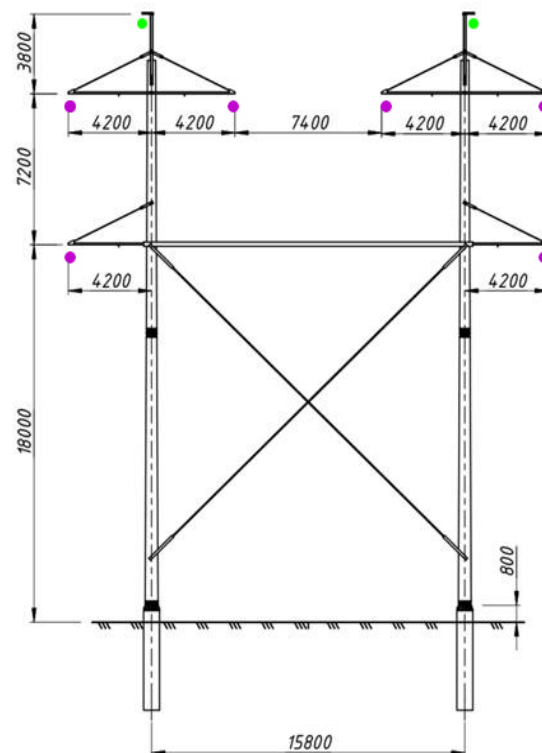


Двухцепная опора 2СПБ330-2ВФ

взамен металлической ПС330-2 в Ленинградской области

ПЗ30-2

2СПБ220-2В



Ветровой район – II (500 Па), гололедный район – II (15 мм)

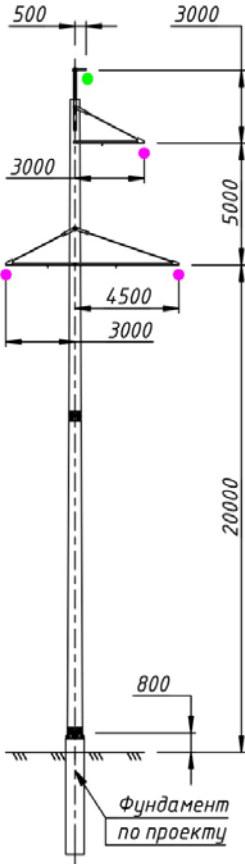
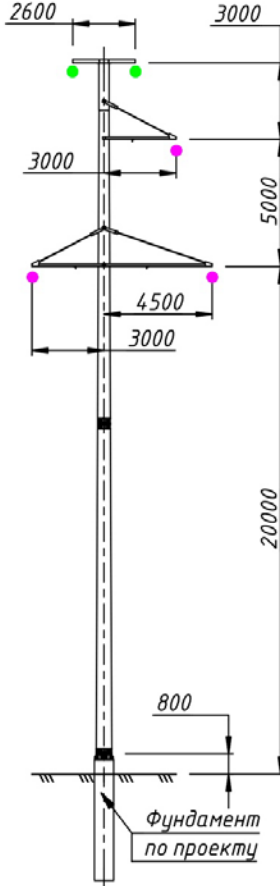
Задача : разместить ВЛ на узкой полосе трассы, разработать опору минимальной высоты

• АС400/51

• грозотрос 11,0-МЗ-В-ОЖ-МК-Н-Р

Опоры СПБ220-5Ф и СПБ220-5ФТ

МЭС Юга, ВЛ 220 кВ «Яблоновская – Новая» (~21 км)

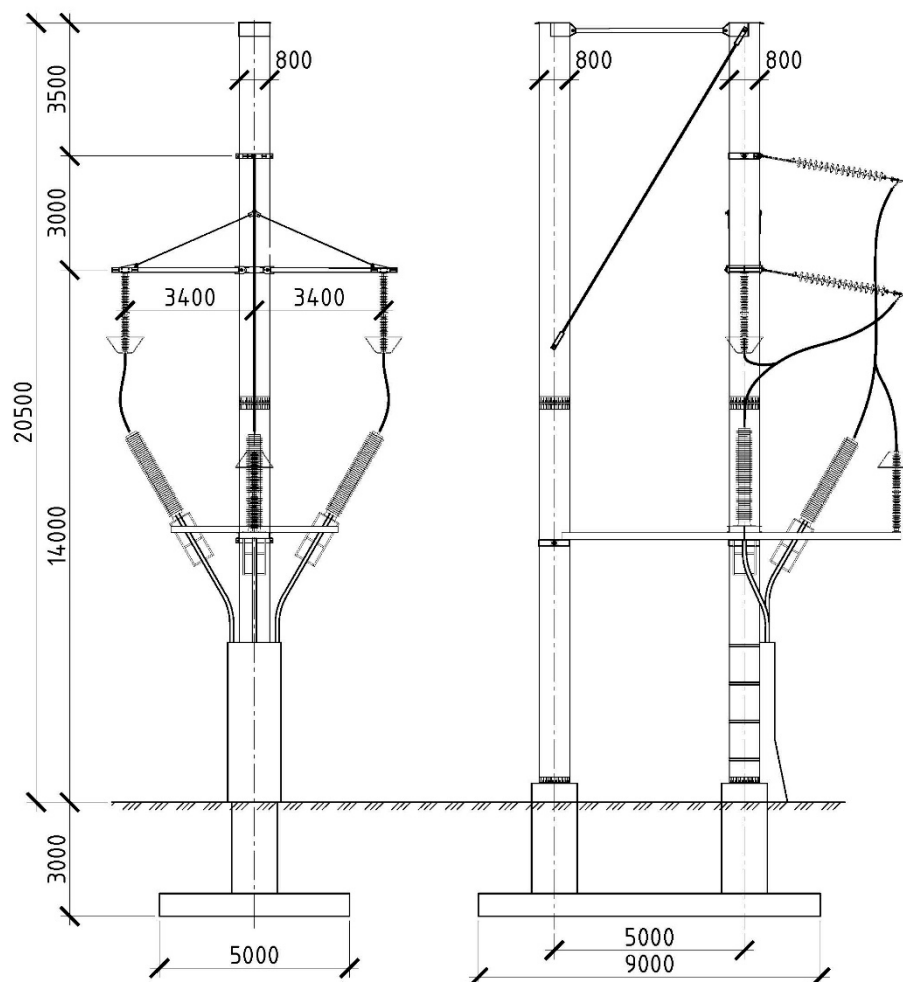
СПБ220-5Ф	СПБ220-5ФТ
	
Ветровой район – II (500 Па), гололедный район – II-III (15-20 мм)	
Задача: увеличить пролеты, сократить количество опор - повышенные опоры на фундаменте	
● АС300/39 ● грозотрос ОКГТ-Ц-А-11,5	

Железобетонные опоры САБП

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.



Современное состояние разработок

➤ Нормативная документация:

- «НТП ВЛ 35-750 кВ» (СТО 56947007-29.240.55.192-2014) предписывают применение на ВЛ 35-500 кВ железобетонных опор из секционированных стоек
- «Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» рекомендуют использование железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110-750 кВ
- СТО 56947007-29.29.120.90.247-2017 «Железобетонные опоры ВЛ 35-750 кВ на базе центрифугированных секционированных стоек. Технические требования»
- СТО 34.01-2.2-038.1-2022 ПАО «Россети» «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек»
- ТУ 5863-003-88398430-2014 (для замены стоек по ГОСТ 22687.0-85)
- ТУ 5863-005-88398430-2016 (новые стойки под опоры по ПУЭ-7)
- Рекомендации по сборке и монтажу всех типов новых опор

➤ Конструкторская документация:

- Секционированные стойки для замены старых опор по ГОСТ и типовым сериям
- 23 типа новых опор «Базовой серии» для ВЛ 110 кВ - в рамках НИОКР «Россети»
- Более 40 опор ВЛ 35 – 500 кВ - в рамках индивидуального проектирования

Что дает индивидуальный подход к проектированию опор ВЛ?

- Сокращение затрат
на строительство и эксплуатацию ВЛ
- Разработка оптимальной конструкции в кратчайшие сроки
на стадии принятия решений и разработки Проекта
со всеми материалами для прохождения Экспертизы
- Рабочая документация и аттестация
после принятия решения об использовании опоры в строительстве
- Авторская поддержка
в процессе разработки проекта, строительства и эксплуатации

Обзорная информация о наших разработках на сайте:



www.нилкэс.рф

Электронный каталог железобетонных опор из секционированных центрифугированных стоек

www.нилкэс.рф/каталог

НИЛКЭС ЭЖБИ Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства

ГЛАВНАЯ НОВОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЯ ПУБЛИКАЦИИ **КАТАЛОГ** О НАС КОНТАКТЫ

Сайт в стадии разработки. Старая версия сайта находится здесь.

КАТАЛОГ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СЕКЦИОНИРОВАННЫХ ОПОР ВЛ 35-500 кВ

- [Пояснительная записка](#)
- [Опоры ВЛ 35 \(35/10\) кВ](#)
- [Опоры ВЛ 110 \(110/10\) кВ](#)
- [Опоры ВЛ 220 кВ](#)
- [Опоры ВЛ 330 кВ](#)
- [Опоры ВЛ 500 кВ](#)
- [Фундаменты](#)

Скачать (PDF):

[Каталог железобетонных опор 35-500 кВ на базе секционированных центрифугированных стоек \(17.010\)](#)

[Модификации унифицированных опор 110-500 кВ на базе секционированных центрифугированных стоек \(16.003\)](#)

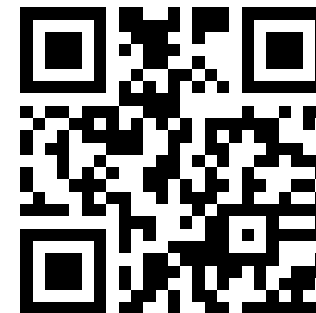


[illegible]

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

[Нилкэс.рф](http://nilkes.ru)

Наш сайт



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

[+7 \(812\) 309 39 61](tel:+78123093961)

info@nilkes.ru

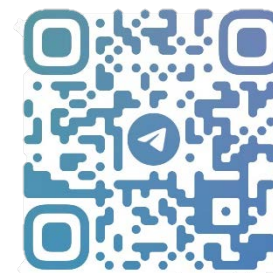
Группа в ВКонтакте



**Качановская Любовь Игоревна,
заведующая НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»**

L.I.Kachanovskaya@nilkes.ru

Группа в Telegram



Спасибо за внимание!