

Опыт разработки новых железобетонных опор ВЛ 35-750 кВ

Координация разработчиков конструкций, проектировщиков и строителей ВЛ

VIII Международная научно-практическая конференция
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ УМНЫХ СЕТЕЙ:
ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
6–8 июля 2021 г., Санкт-Петербург

Качановская Любовь Игоревна,
Заведующая НИЛКЭС
l.i.kachanovskaya@nilkes.ru

Современные железобетонные опоры сокращают затраты на строительство ВЛ

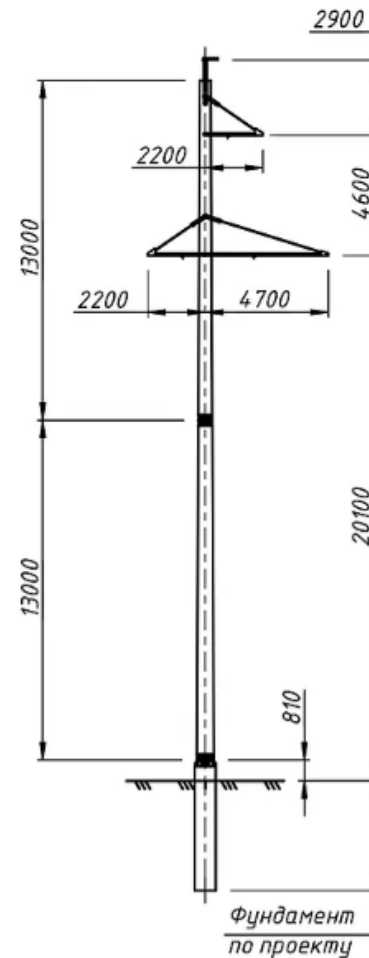
- Затраты на опоры и фундаменты – 70% стоимости материалов на ВЛ
- Железобетонные опоры сокращают стоимость строительства ВЛ на 30%
- Долговечность современных секционированных опор – не менее 70 лет



Особенности современных железобетонных опор



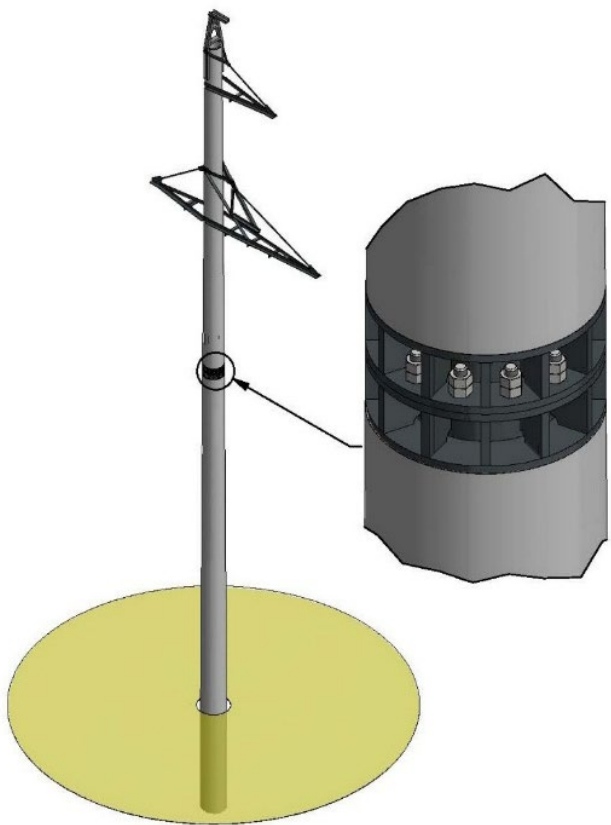
- Соответствие требованиям современных норм;
- Облегчение транспортировки (секционирование);
- Расширение области применения:
 - увеличение высоты подвески проводов за счет фундаментов сокращает кол-во опор на 1 км ВЛ;
 - возможность подвески современных (в том числе высокопрочных) проводов;
 - увеличение прочностных характеристик стоек;
 - упрощение закрепления повышенных опор в слабых грунтах



Промежуточная опора СПБ110-7Ф

Преимущества секционированных стоек

ПБ 110-5 (с)



Секционированные стойки
аттестованы в ПАО «Россети»

- Повышенная долговечность
- Применение бетона класса прочности В60 (вместо В30 и В40 по ГОСТ)
- Морозостойкость более F₁400
- Водонепроницаемость более W14
- Увеличение жесткости отдельных секций – снижение повреждаемости при транспортировке
- Простота и пониженная стоимость транспортировки обычным транспортом
- Вес секций не превышает 4 тонн

Основные результаты работы по созданию опор из секционированных стоек

- разработаны и испытаны варианты новых опор ВЛ 35 - 500 кВ, в том числе:
 - типовая серия опор ВЛ 110 кВ
 - более 20 типов опор ВЛ 35, 110, 220, 330 и 500 кВ в рамках конкретных проектов
 - предложены способы закрепления опор на специальные фундаментные секции
- разработана серия нормативной документации
- накоплен опыт использования опор при техническом перевооружении и новом строительстве ВЛ

Серия железобетонных опор ВЛ 110 кВ

- Типовой проект «Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек»
(по заказу ПАО «Россети Ленэнерго»)
- Стандарт ПАО «Россети Ленэнерго» «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек»
 - часть 1. Руководство по проектированию
 - часть 2. Технологические карты по сборке и установке опор и фундаментов
 - часть 3. Инструкция по эксплуатации



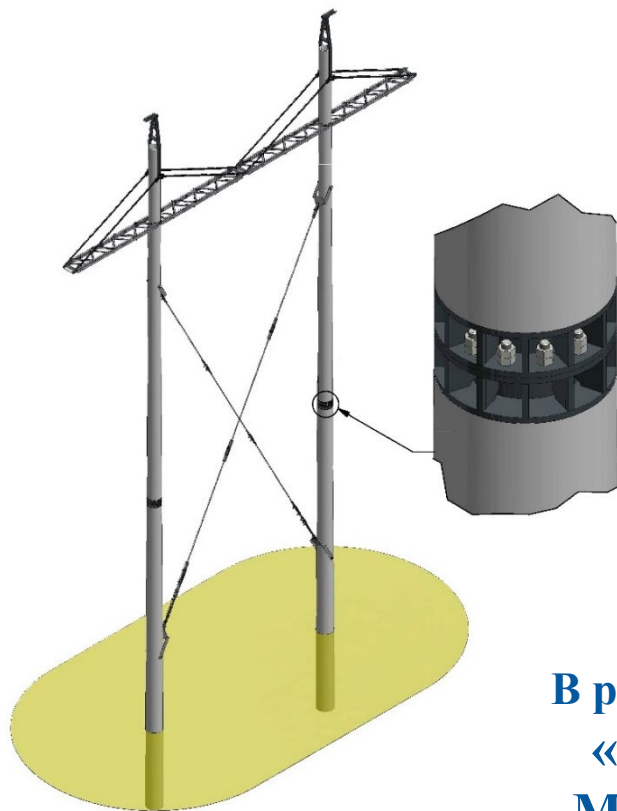
Нормативная документация

для 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
- «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 ПАО «Россети - Ленэнерго» «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек
- Секционированные стойки заводов ЭЖБИ аттестованы в ПАО «Россети»
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)

Замена старых опор на их секционированные аналоги Создание аварийного резерва

ПБ330-1(с)



В эксплуатации – более 2000 типов опор,
34 типоразмера железобетонных стоек
Задача – сохранить исходные пролеты
(исключить новый землеотвод)

Подход к замене:

- на аналогичные (с индексом «С»)
- на типовые варианты более поздней разработки (с индексом «С»)
- на новые опоры, разработанные для условий конкретных ВЛ

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

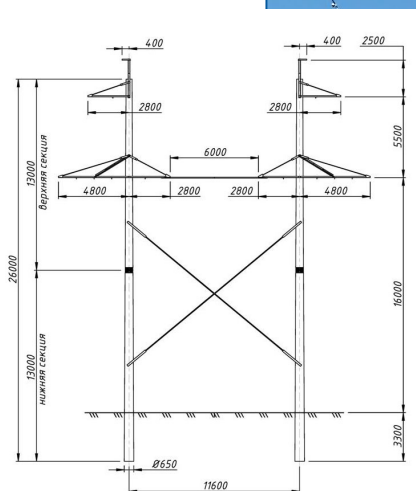
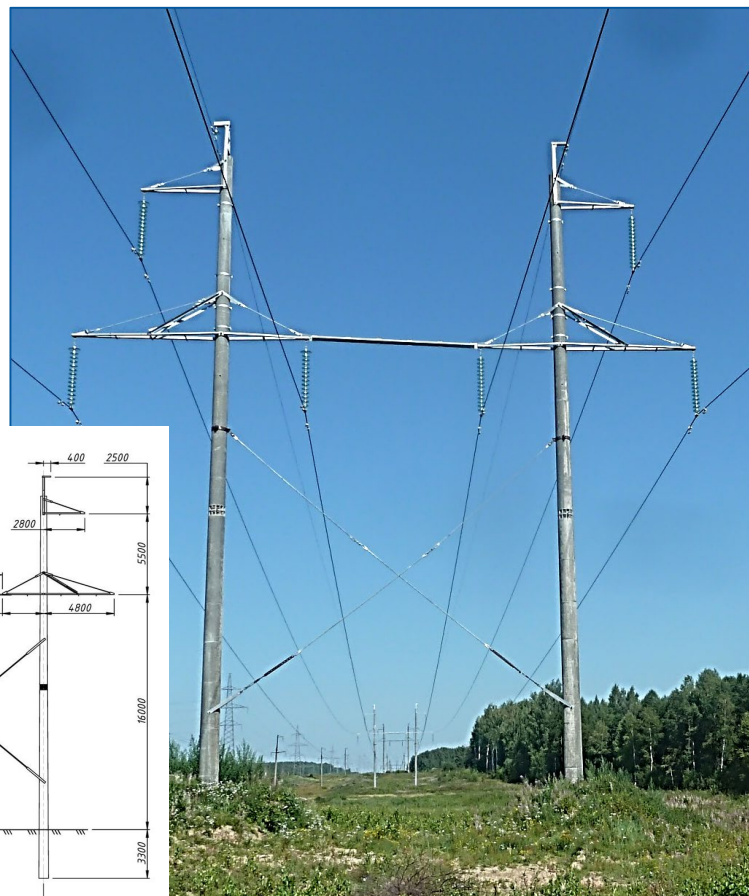
Таблица замены опор на секционированные аналоги (16.003)

Заменяемая опора			Опора, предлагаемая для замены		
Марка опоры	Стойка по проекту	Кол-во стоек	Секционированная стойка	Марка опоры	Страница
ПБ110-5	СК2, СК2п, СК2пр	1	СК22.1-2.1-СБ.К.Д.	ПБ110-5(с)	10
ПБ110-8	СК4, СК14	1	СК22.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ110-8(с)	11
1,2УБ110-7	СЦ20.2-4.1	1	СЦ20.1-2.1-СБ.К.Д	1,2УБ110-7(с)	12
ПБ220-1	СК5, СК4а, СК5п	1	СК26.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ220-1(с)	13
П220	СН220, СН200п(пр)	1			
ПБ220-3	СК7	1	СК26.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ220-3(с)	14
ПСБ220-1	СК2, СК2п, СК2пр	2	СК22.1-2.1-СБ.К.Д	ПСБ220-1(с)	15
Двухцепная опора на ВЛ «Каширская ГРЭС-Ока»	СК	1	СКС260.65-10	СПБ220-4КО	16
ПБД220-2	СК5	2	СК26.1-6.1-СБ.КДМ	ПБД220-2(с)	17
ПБД220-2М	СК7	2	СК26.1-6.1-СБ.КДМ	ПБД220-2М(с)	18
ПБД220-1 ВЛ «Костромская ГРЭС- Кострома»	СК	2	СК26.1-6.1-СБ.КДМ	ПБД220-2К(с)	19
ПБ220-4	СК5				
ПВ-1 (типа «Рюмка)	металлическая		СКС260.65-11	2СПБ220-1В	20
ПШ-1, ПШ-2 (типа «Рюмка)	металлическая				
ПМО-1	металлическая				
ПВС330А-1	Б30п	2	СК26.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ330-1(с)	21
ПБ330-1	СК5, СК4а, СК5п	2			
ПБ330-7н	СК15	2	СК26.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ330-7н(с)	22
ПБ500	СЦ4, СЦ4-1, СЦ4п(пр)	2	СК26.1-6.1-СБ.К.Д.	ПБ500-5н(с)	23
ПВС500	СК4а	2			
ПВС500-2	СЦ5	2			
ПБ500-5н	СК15	2			

Замена опор на секционированные аналоги



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



**ПБД220-2К(с) на ВЛ 220 кВ
Костромская ГРЭС – Кострома-2**

Замена опор на секционированные аналоги



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



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

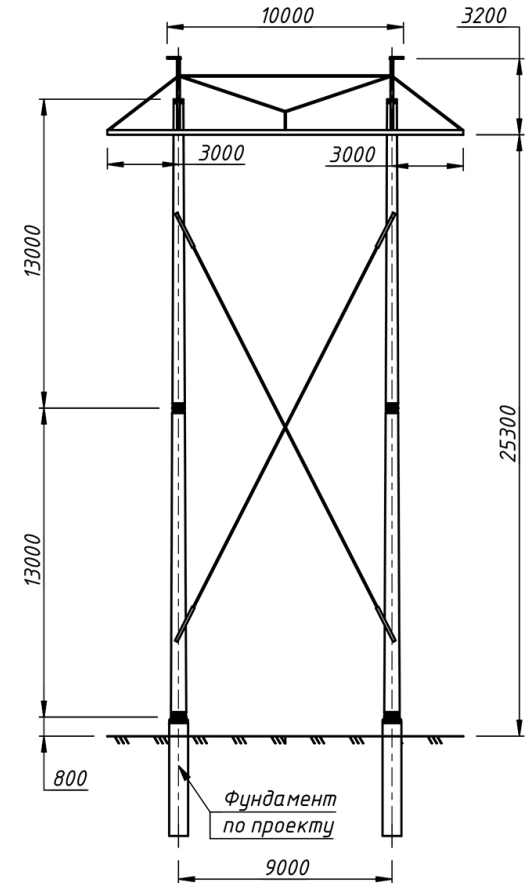
Новая опора 2СПБ220-1В для замены металлических «Рюмок» ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2 и порталных опор на оттяжках ПМО-1



ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2

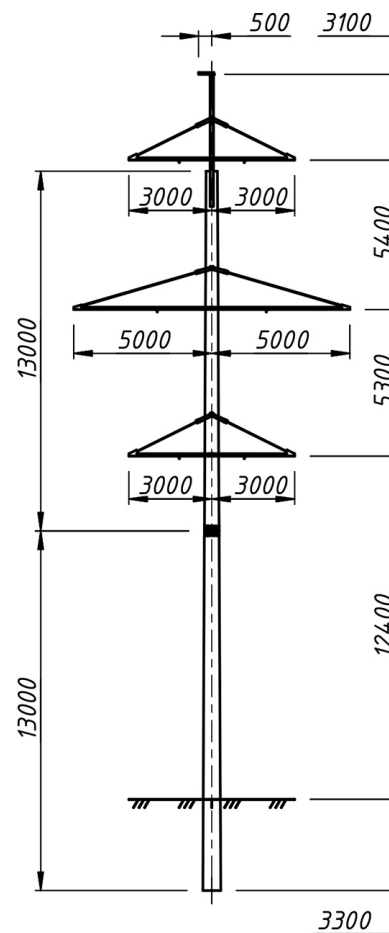


ПМО-1



2СПБ220-1В

Новая опора СПБ220-4КО взамен существующей на трассе ВЛ 220 кВ «Каширская ГРЭС – Ока»



Разработка современных железобетонных опор для вновь строящихся ВЛ 35, 110, 220, 330, 500 кВ

Основная задача – использовать на трассе конструкции опор, которые обеспечивают требуемую надежность, при этом позволяют **сократить затраты на строительство и эксплуатацию ВЛ**

Необходимость разработки новых конструкций опор обусловлена:

- уточнениями данных по климату в районе строительства ВЛ
- необходимостью подвески двух тросов на подходах к ПС
- появлением современных марок проводов и тросов
- повышенными требованиями к условиям транспортировки и сборки опор на трассе
- требованиями к сокращению затрат на строительство

Накоплен опыт индивидуальной разработки опор ВЛ

(Более 20 типов опор для конкретных объектов)

2СПБ500-3В на ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол-2»



Монтаж элементов опоры, январь 2019

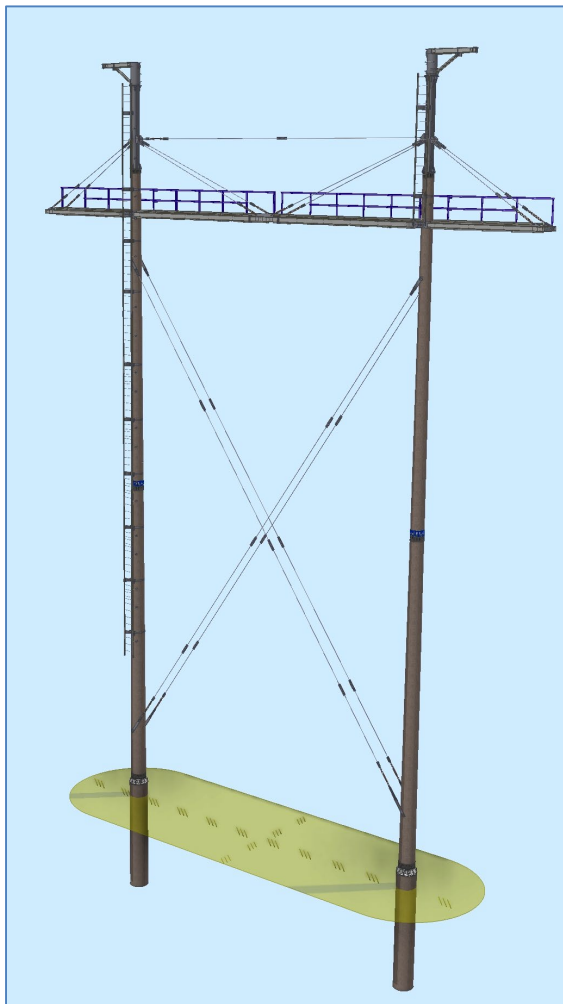
Установка опоры 2СПБ500-3В при помощи падающей стрелы



На заднем плане –
металлическая опора 2МП500-3В
Разница в стоимости – в 1,5 раза



2СПБ330-5ВФ для ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 – Машук»



Стоимость
2СПБ330-5ВФ
в 2,5 раза меньше
стоимости
многогранной
2ПМ330-1/27

Нормативы		Глава 2.5 ПУЭ-7 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ»		
Расчетные климатические условия	Район по ветру	IV ($W_0=800$ Па)		
	Район по гололеду	VI ($b_0=35$ мм)	VII ($b_0=40$ мм)	особый ($b_0=45$ мм)
	Ветер при гололеде	200 Па		
Провод	Марка	2 x АТЗП/С 300/67		
	$\delta_{\text{макс}}$ $\delta_{\text{экспл}}$	МПа	179	
			119	
Трос	Марка	ГТК20-0/90-12.1мм-53кА ² с-111кН		
	$\delta_{\text{макс}}$, МПа	570		
Пролёт, м	габаритный	305	280	260
	ветровой	305	280	260
	весовой	381	350	325

Опоры ВЛ 330 кВ в Электронном каталоге

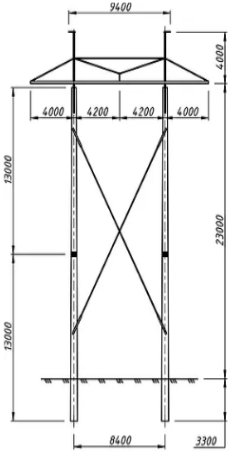
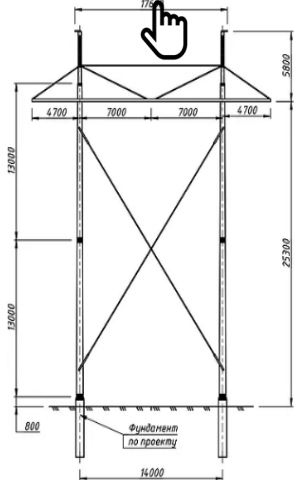
www.nilkes.ru/katalog



ООО «ПО «ЭНЕРГОЖЕЛЕЗОБЕТОНИНВЕСТ»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Главная Новости Наши разработки Каталог опор Публикации Конференции Контакты

Промежуточные опоры 330 кВ

Марка	2СПБ330-3В	2СПБ330-5ВФ
Схема		
Ветер	2 (500 Па)	4 (800 Па)
Гололед	2-3 (15-20 мм)	6-8 (35-45 мм)
Провод	2 x АС300/39	2 x АТЗП/С 300/67



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

Телефон: +7 (812) 309 39 61
@mailto: info@nilkes.ru



ООО «ПО «ЭНЕРГОЖЕЛЕЗОБЕТОНИНВЕСТ»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

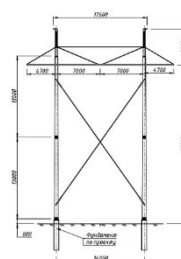
Главная Новости Наши разработки Каталог опор Публикации Конференции Контакты

2СПБ330-5ВФ

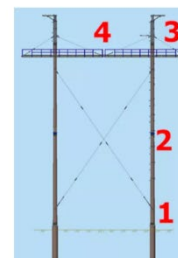
Железобетонная опора на базе секционированных центрифугированных стоек
Одноцепная промежуточная опора 330 кВ

Область применения опоры

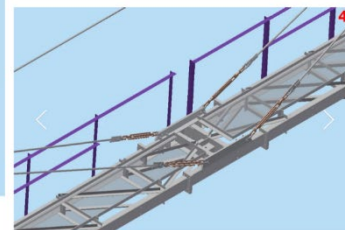
Наименование	Габариты	Габариты
Ширина	17000 мм	17000 мм
Высота	23000 мм	23000 мм
Масса	4040 кг	4040 кг
Тип	2СПБ330-5ВФ	2СПБ330-5ВФ
Примечание	100	100
Примечание	200	200
Примечание	300	300
Примечание	400	400
Примечание	500	500
Примечание	600	600
Примечание	700	700
Примечание	800	800
Примечание	900	900
Примечание	1000	1000



Проект 19.006гм
Марка стойки 2 x СКК260.65-14
Масса стойки (без фундамента), т - 14.5
Масса металла (без лестниц), кг - 4040



Узлы опоры



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

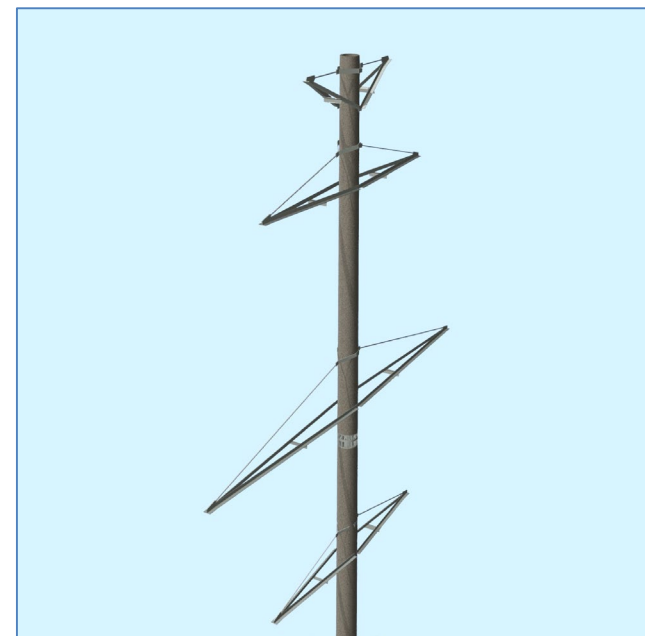
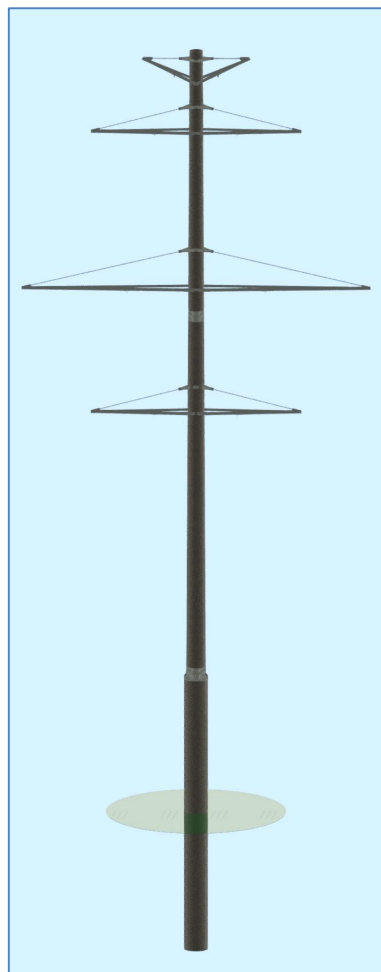
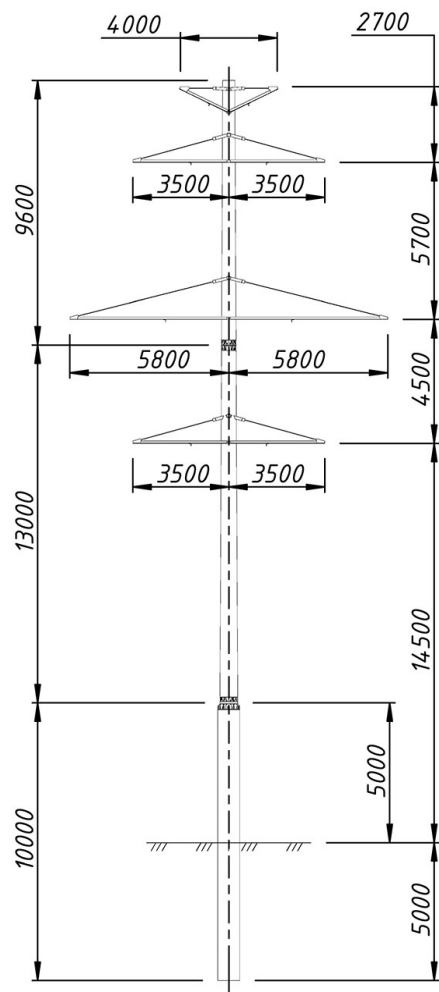


Адрес: 191036, Россия, Санкт-Петербург,
Невский проспект, д. 111/3

Телефон: +7 (812) 309 39 61
@mailto: info@nilkes.ru



СПБ220-4ФТ для ВЛ 220 кВ «Тамань-Славянская»

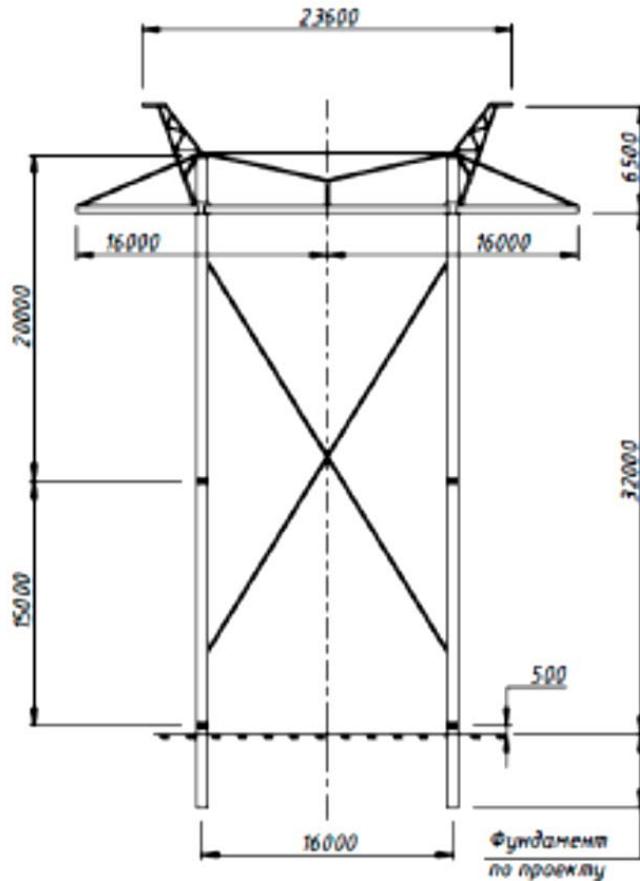


Угол грозозащиты – 30 град.

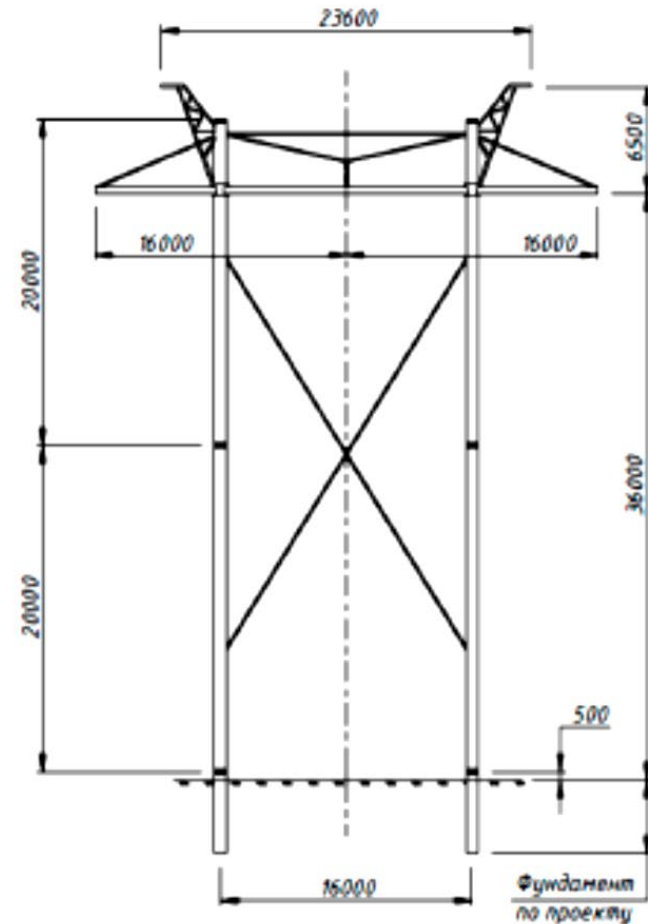
Нормативы		Глава 2.5 ПУЭ-7 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ»		
Расчетные климатические условия	Район по ветру	III ($W_0=650$ Па)		
	Район по гололеду	III ($b_0=20$ мм)	IV ($b_0=25$ мм)	V ($b_0=30$ мм)
Провод	Марка		АС 300/39	
	δ_r	МПа	126	
	δ_a		84	
Трос	Марка		ОКГТ 13.3/88	
	δ_{max}	МПа	350	
Пролёт, м	габаритный	205	185	165
	ветровой	205	185	165
	весовой	256	231	206



Схемы железобетонных опор для ВЛ 750 кВ «Ленинградская АЭС-2 – ПС Ленинградская»



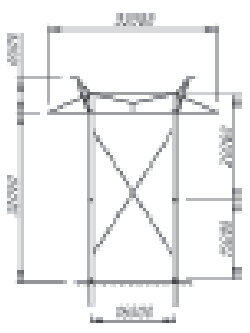
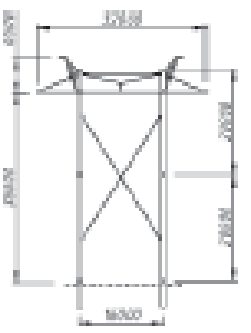
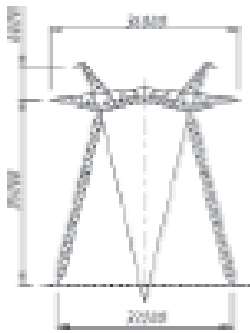
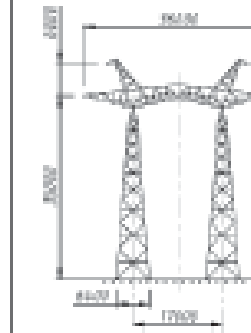




2СПБ750-1Ф



2СПБ750-3Ф



Сравнение стоимости опор и фундаментов 1 км ВЛ 750 кВ

Тип опоры		Железобетонная свободностоящая		Стальная на оттяжках	Стальная свободностоящая
Схема опоры					
Марка опоры		2СПБ750-1Φ	2СПБ750-3Φ	ПП750-5	ПС750-3
Марка фундамента		СЦФ.50.80.1-1	СЦФ.50.80.1-1	2ФК2-07+2ПА2-1+4А3-1	8ФП6-4+8Р1-А
Площадь землеотвода, м²		 87	 87	 428	 210
Кол-во опор на 1 км ВЛ		2,3	2,1	2,1	2,1
Масса на 1 опору, т	металла	5,14	5,14	13,316	21,439
	железобетона	39,24	44,15	7,16	57,6
Стоимость, тыс. руб	1 опоры	1450	1650	2000	3215
	фундаментов	200	200	300	840
Стоимость опор и фундаментов на 1 км ВЛ, тыс. руб.		3800	3900	4800	8500
В % от 2СПБ750-1Φ		100	103	126	224

Все современные опоры ВЛ 35-500 кВ в интерактивном Каталоге



ООО «ПО «ЭНЕРГОЖЕЛЕЗОБЕТОНИНВЕСТ»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Главная
Новости
Наши разработки
Каталог опор
Публикации
Конференции
Контакты

КАТАЛОГ

новых железобетонных опор ВЛ 110-500 кВ
на базе секционированных центрифугированных 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

Телефон: +7 (812) 309 39 61
@mailto: info@nilkes.ru




www.nilkes.ru/katalog

Технические и организационные вопросы внедрения новых конструкций опор

Авторская поддержка

При проектировании:

- разработка комплекта документации на опоры и фундаменты для конкретных условий
- доступность информации в СТО ПАО «Россети» на проектирование опор и фундаментов для типовых решений
- подготовка материалов для ОТР
- оформление расчетов конструкций для предоставления в Экспертизу

При строительстве:

- Комплекты документации для сборки опор
- Технологические карты на монтаж
- Консультации по вопросам сборки и монтажа опор
- Корректировка документации для удобства сборки и монтажа в конкретных условиях

Корректировка конструкции хомутов для крепления лестниц

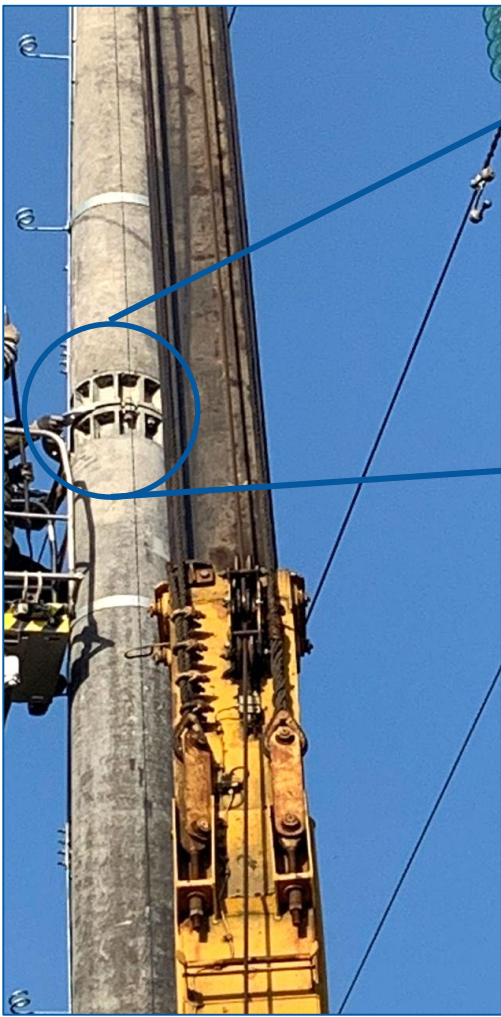


**Вопрос по хомутам возник на ВЛ 500 кВ
Ответ дан – для ВЛ 110, 220, 330, 500 кВ**

Вопрос закреплений опор ВЛ 110 кВ к ООО «Цемикс» в Абзелиловском районе Республики Башкортостан

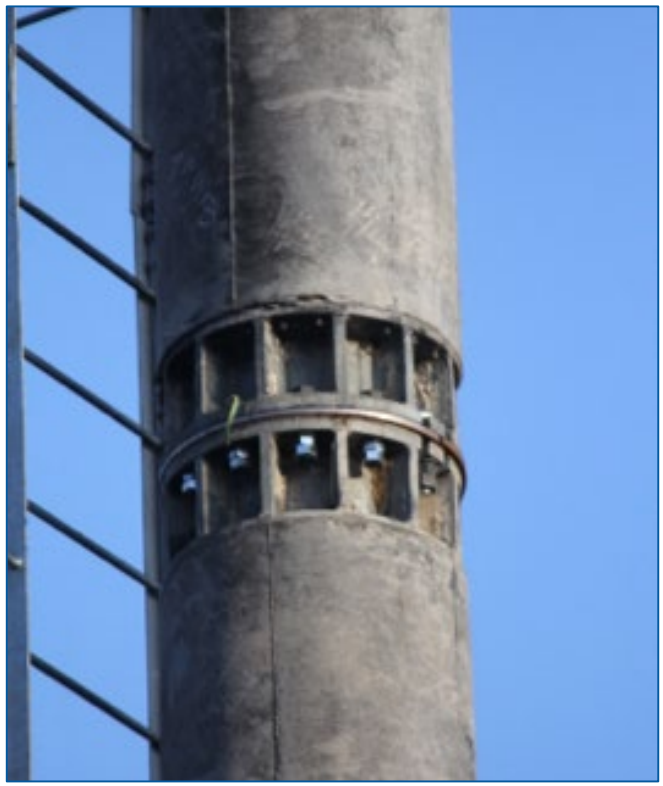
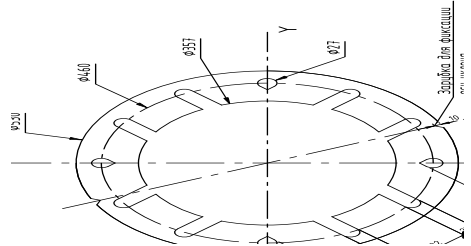


Обеспечение соосности секций стоек при строительстве ВЛ 110 кВ Решения по выправке опоры



№	Сечение	h, мм	h _н , мм
2	П-420	02	79
3	П-421	30	77
4	П-422	27	34
5	П-424	66	44
6	П-426	58	62

1. Даны размеры стоек относительно в центре тяжести между рядами стоек. В центре тяжести стоек в плане и в высоте стоек.
2. Размеры стоек - в мм, высота стоек в мм. (См. СНиП 1101-77).



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

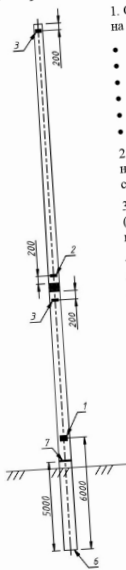
Инструкция по сборке и маркировке секционированных стоек (в дополнение к ТК)

Приложение 1 к ТУ 5863-005-88398430-2016

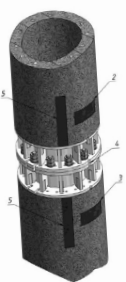
Инструкция по маркировке секционированных железобетонных стоек, погружаемых в грунт

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.

ТУ 5863-005-88398430-2016. Стойки железобетонные центрифугированные секционированные для опор высоковольтных линий электропередачи и фундаментов.



- Основная маркировочная надпись (1) наносится на нижнюю секцию на расстоянии 6 м от конца и содержит:
 - наименование предприятия-изготовителя
 - марку изделия
 - дату изготовления изделия
 - массу цельной стойки и, в скобках, массу нижней секции
 - штамп технического контроля
 - заводской порядковый номер стойки
 - Дублирующая маркировочная надпись (2) того же содержания наносится на верхнюю секцию стоек 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 подпятнике нижней секции наносится марка и заводской порядковый номер изделия (6).
 - На расстоянии 5 м от конца 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 «НПО «Энергожелезобетонист», РФ, 129327, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2, тел: 8 (499) 643-8440

Схема сборки секционированных конических стоек длиной 26 м (типа СК26)
масса стойки в сборе не более 7,5 т

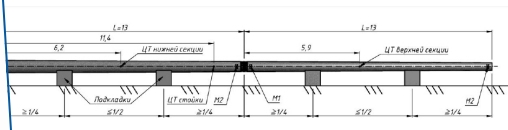


Схема сборки секционированных конических стоек длиной 22,6 м (типа СК22)
масса стойки в сборе не более 6,5 т

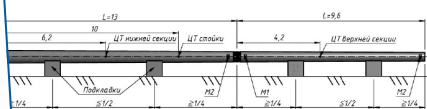
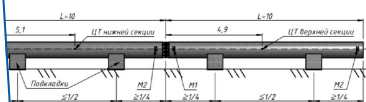
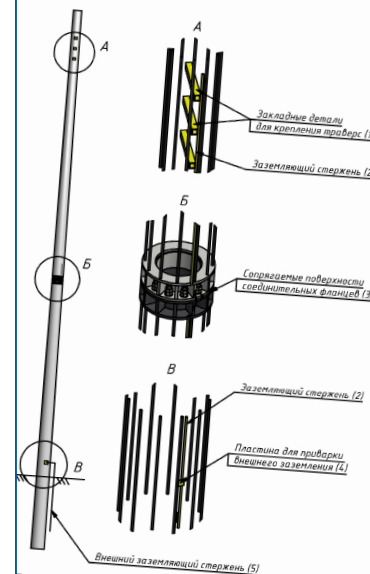


Схема сборки секционированных цилиндрических стоек длиной 20 м (типа ЦП20)
стойки в сборе не более 10,5 т



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

Схема обеспечения заземления



Для всех типов стоек заземление обеспечивается за счёт соединения элементов тросоаталитических траверс с закладными элементами (1) железобетонной стойки. Все заземляемые стойки приварены к двум заземляющим арматурным стержням (2), проходящим по длине стойки.

Для секционированных стоек заземляемые поверхности соединительного узла (3) защищены при помощи горячего цинкования.

После сборки стойки из двух секций (3) защищены при помощи болтов электрической изоляции (4) для присоединения к ним внешних элементов заземления опоры (5). Металлические пластины для приварки внешнего заземления (4) находятся на расстоянии 1,1 м от уровня земли как для стоек, погружаемых в грунт, устанавливаемых на фундамент.

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

Перспективы разработки железобетонных опор ВЛ 220-500 кВ

Целесообразность разработки опор нового поколения

одобрена НТС ПАО «Россети»

(Протокол №1/13 от 23.05.2019

Секции №1 «Технологии и оборудование линий электропередачи»)

**Мобильный подход к разработке конструкций
на базе найденных решений позволяет получить оптимальные
решения по стоимости строительства и эксплуатации ВЛ:**

- Увеличить высоту подвески провода и пролеты – сократить количество опор
- Обеспечить достаточную прочность стоек для восприятия больших нагрузок
- Выбрать способ закрепления для любых грунтовых условий
- Авторская поддержка на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации
- Отлаженная технология производства на заводах ЭЖБИ – гарантия долговечности опор, сокращение затрат на эксплуатацию ВЛ

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

**Любовь Игоревна Качановская,
Заведующая НИЛКЭС
l.i.kachanovskaya@nilkes.ru**



**Научно-исследовательская лаборатория конструкций
электросетевого строительства (НИЛКЭС)**

Санкт-Петербург

8 (812) 309-39-61

www.nilkes.ru