

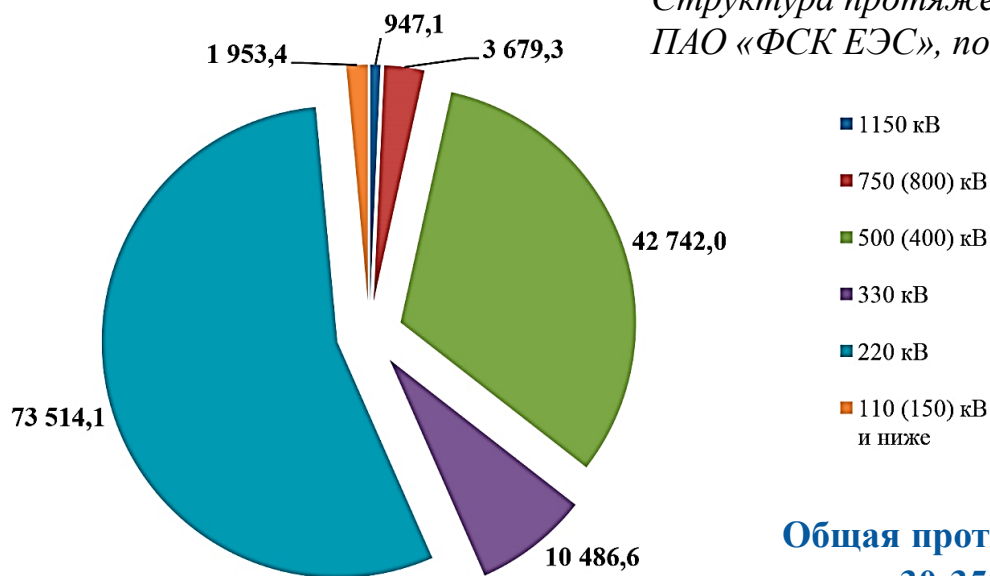
Железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ из центрифугированных секционированных стоек по ПУЭ-7

Выставка «Крым. Стройиндустрия. Энергосбережение. Весна-2020»
12-14 марта 2020, г. Симферополь

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

Актуальность разработки новых железобетонных опор

Структура протяженности ЛЭП ПАО «Россети», эксплуатируемых ПАО «ФСК ЕЭС», по классам напряжения, км (на 01.01.2016)



Общая протяженность ВЛ 110-500 кВ – 128,7 тыс. км, из них 30-35% на железобетонных опорах

Эффективность железобетонных опор обусловлена следующими факторами:

- Низкая себестоимость по сравнению со стальными конструкциями
- Простота и скорость строительного-монтажных работ, благодаря тому, что стойка опоры устанавливается в пробуренный котлован
- Длительный срок эксплуатации

Секционирование железобетонных стоек



Внешний фланец, 2013 г.



Внутренний фланец, 2016 г.

Формооснастка для изготовления секционированных центрифугированных железобетонных стоек



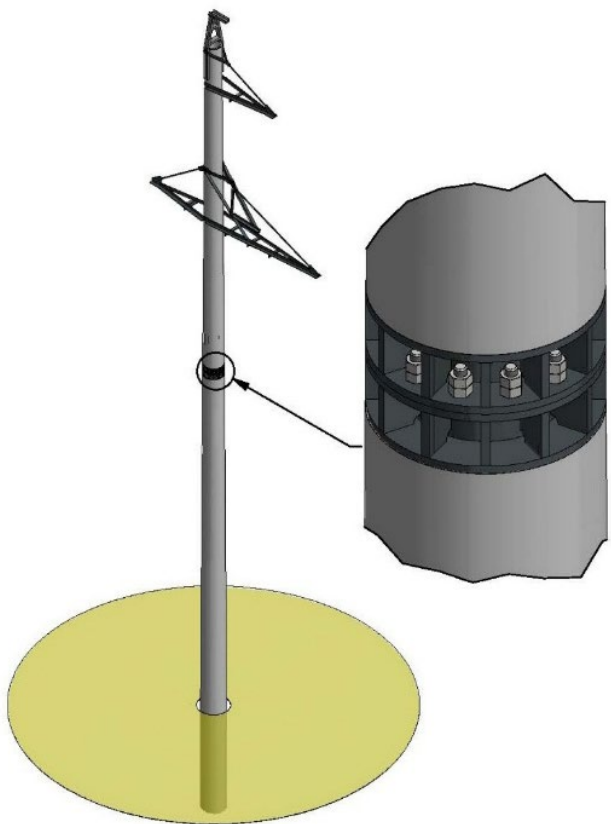
Разъёмная металлоформа для изготовления стоек



Арматурный каркас в металлоформе

Преимущества секционированных стоек

ПБ 110-5 (с)



- 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

Секционированные стойки
аттестованы в ПАО «Россети»

Опыт использования опор из секционированных стоек

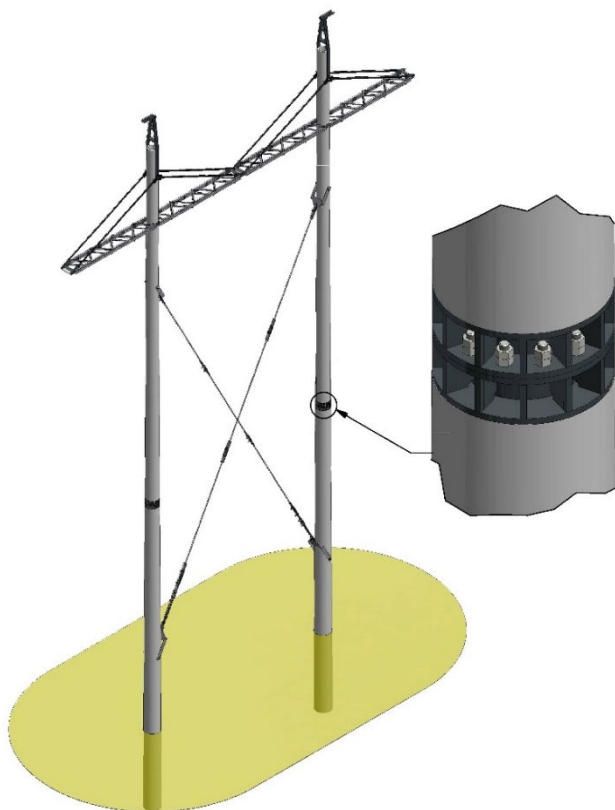


- **«НТП ВЛ 35-750 кВ»
(СТО 56947007-29.240.55.192-2014)
предписывают применение
на ВЛ 35-500 кВ железобетонных опор
из секционированных стоек**
- **Секционированные стойки
аттестованы в ПАО «Россети»**
- **С 2015 г. накоплен опыт замены старых
опор на новые из секционированных стоек**
- **Введен в действие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

Современное состояние вопроса по разработке опор ВЛ по ПУЭ-7

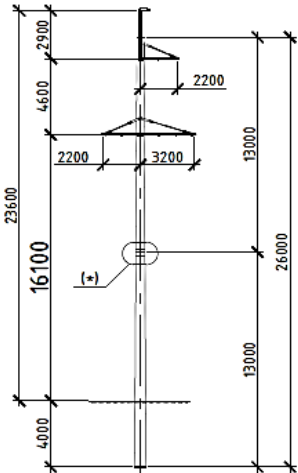
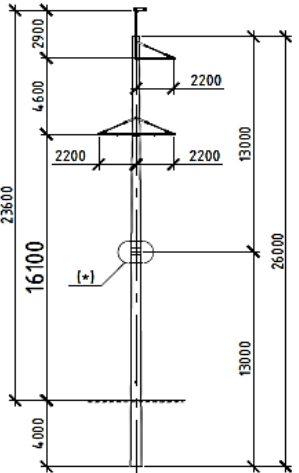
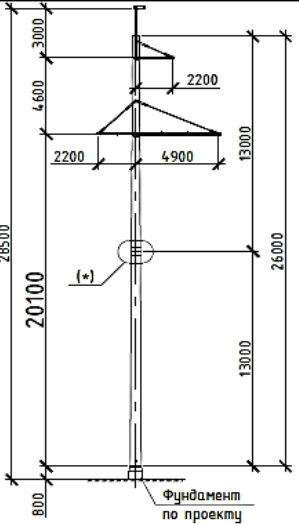
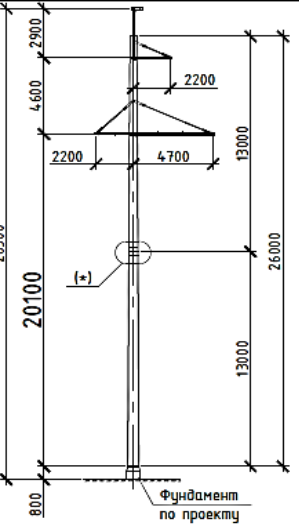
К настоящему времени разработаны:

- **Типовой проект «Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» (по заказу ПАО «Ленэнерго»):**
 - включен в Реестр инновационных решений ПАО «Россети» (№18-027-0067/1)
 - лауреат национального этапа конкурса «Сделано в России»
 - лауреат второй премии Международного конкурса ТЭК-2019
- **Более 20 типов новых опор ВЛ 220-500 кВ в рамках конкретных проектов, в том числе для работы в условиях высоких ветровых и гололедных нагрузок**

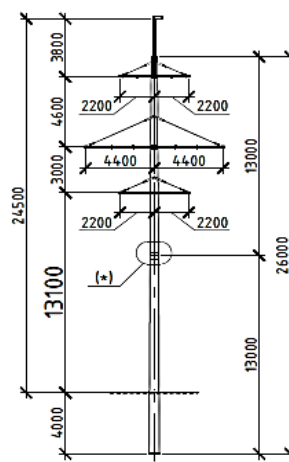
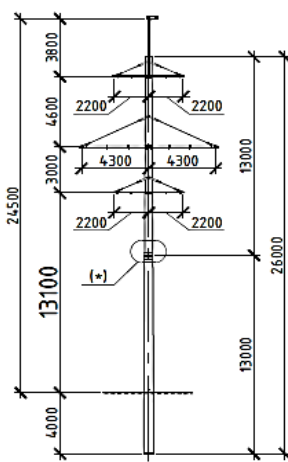
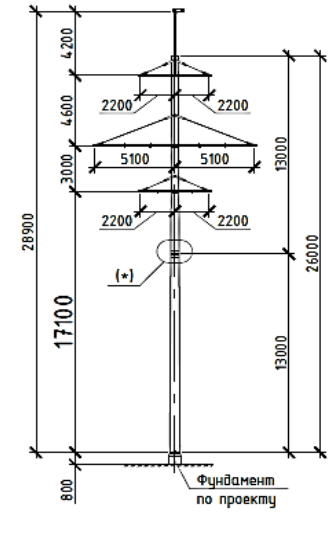
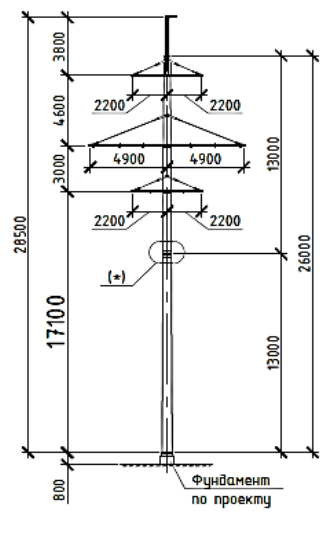
Решением Научно-технического совета ПАО «Россети» рекомендованы к разработке «Унифицированные железобетонные опоры ВЛ 220-500 кВ из центрифугированных секционированных стоек»



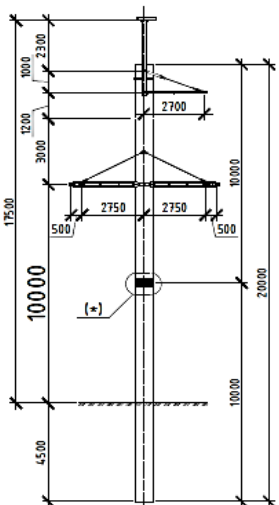
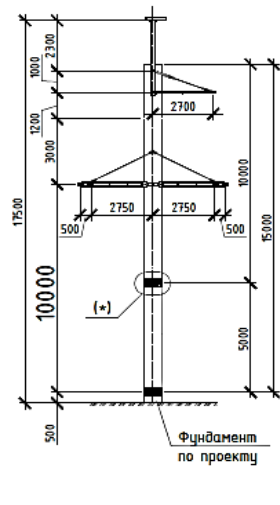
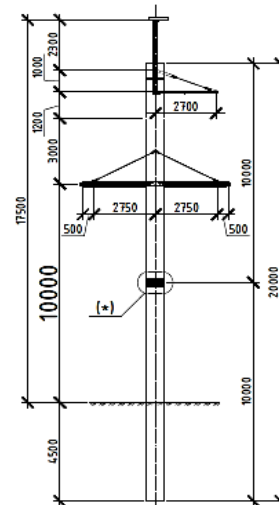
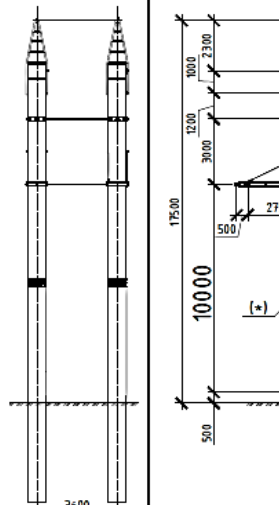
Одноцепные промежуточные опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110			
Целность	Одноцепные			
Тип опоры	Промежуточные		Промежуточные повышенные	
Район по ветру (W_0 , Па)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)
Район по гололеду (h , мм)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)
Марки проводов	AC 95/16 AC 120/19	AC 150/24 AC 185/29 AC 240/32	AC 95/16 AC 120/19	AC 150/24 AC 185/29 AC 240/32
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р			
Эскиз опоры				
Марка опоры	СПБ110-1	СПБ110-3	СПБ110-5Ф	СПБ110-7Ф
Монтажная схема	16.006-т.5.003	16.006-т.5.004	16.006-т.5.005	16.006-т.5.006
Масса железобетона, т	6,91	7,01	7,28	7,35
Масса металлических конструкций, кг	523	508	622	663
Марка секционированных стоек	СКС260.65-1	СКС260.65-3	СКС260.65-5	СКС260.65-7

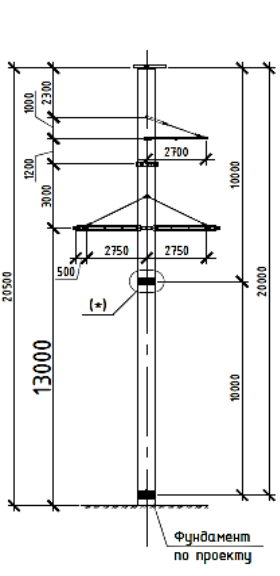
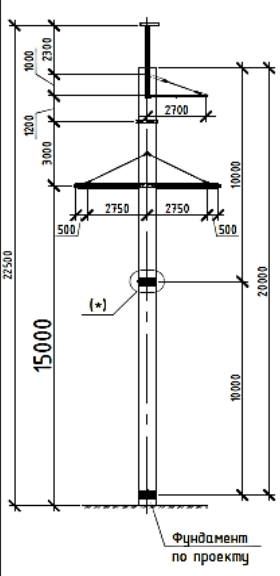
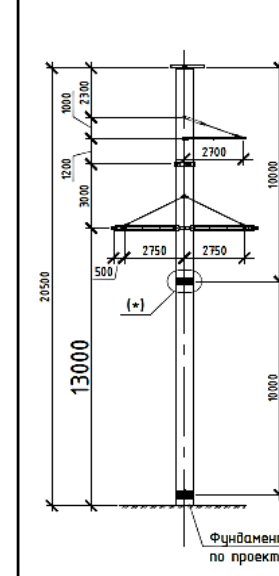
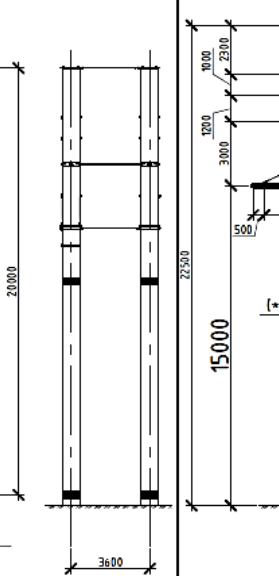
Двухцепные промежуточные опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110			
Цепность	Двухцепные			
Тип опоры	Промежуточные		Промежуточные повышенные	
Район по ветру (W_0 , Па)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)
Район по гололеду (b_0 , мм)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)
Марки проводов	АС 95/16 АС 120/19	АС 150/24 АС 185/29 АС 240/32	АС 95/16 АС 120/19	АС 150/24 АС 185/29 АС 240/32
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р			
Эскиз опоры				
Марка опоры	СПБ110-2	СПБ110-4	СПБ110-6Ф	СПБ110-8Ф
Монтажная схема	16.006-т.8.003	16.006-т.8.004	16.006-т.8.005	16.006-т.8.006
Масса железобетона, т	7.00	7.21	7.87	7.87
Масса металлических конструкций, кг	856	887	974	998
Марка секционированных стоек	СКС260.65-2	СКС260.65-4	СКС260.65-6	СКС260.65-8

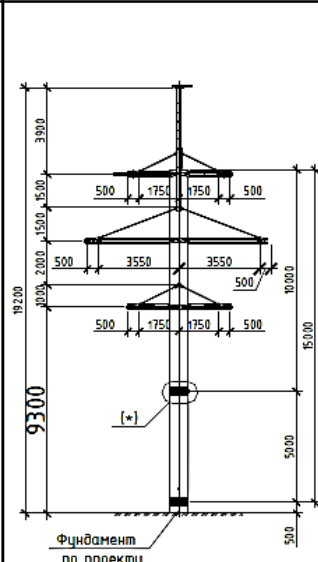
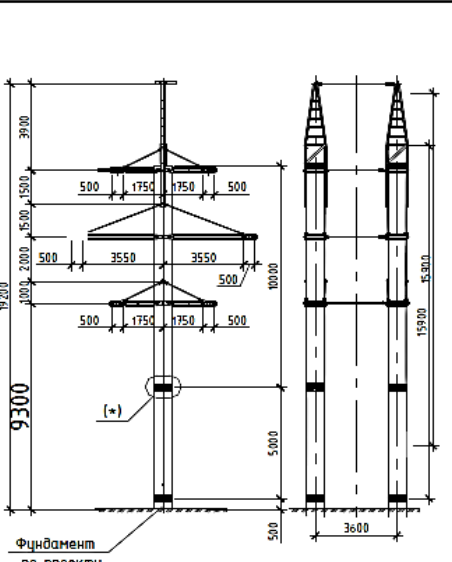
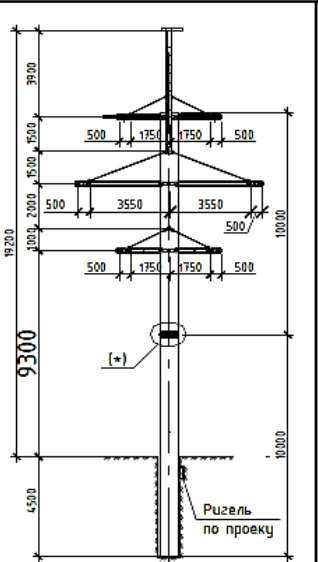
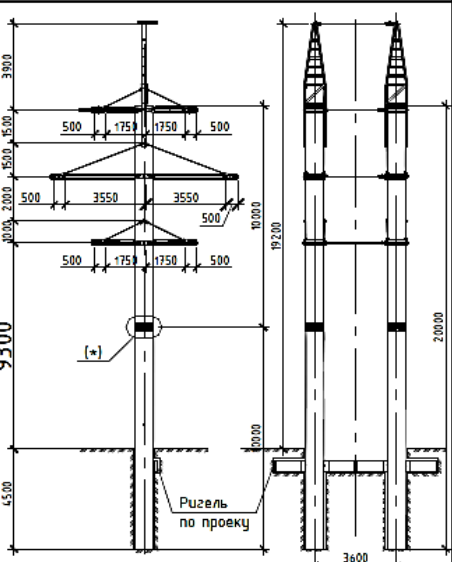
Одноцепные анкерно-угловые опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110			
Цепность	Одноцепные			
Тип опоры	Анкерно-угловые			
Район по бетру (W_0 , Па)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)
Район по гололеду (b , мм)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р			
Эскиз опоры				
Марка опоры	СУБ110-1	СУБ110-Ф	2СУБ110-1	2СУБ110-1Ф
Монтажная схема	16.006-Т.11.004	16.006-Т.11.005	16.006-Т.11.008	16.006-Т.11.009
Масса железобетона, т	10,5	8,0	21,0	16,0
Масса металлических конструкций, кг	1024	1024	2119	2119
Марка секционированных стоек	СЦС200.80-1	СЦС150.80-1	СЦС200.80-1	СЦС150.80-1

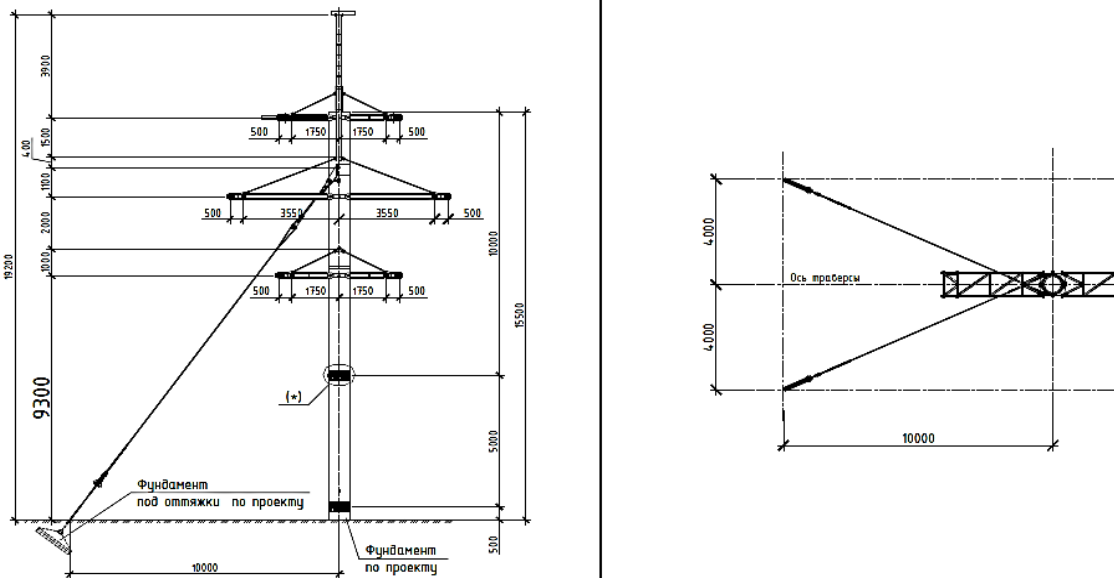
Одноцепные анкерно-угловые опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110			
Цепность	Обноцепные			
Тип опоры	Анкерно-угловые			
Район по ветру (W_0 , Па)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)	2-3 (500-650)
Район по гололеду (b_s , мм)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)	2-3 (15-20)
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24 АС 185/29, АС 240/32
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р			
Эскиз опоры				
Марка опоры	СУБ110-3Ф	СУБ110-5Ф	2СУБ110-3Ф	2СУБ110-5Ф
Монтажная схема	16.006-т.11.006	16.006-т.11.007	16.006-т.11.010	16.006-т.11.011
Масса железобетона, т	10.6	10.5	21.2	21.0
Масса металлических конструкций, кг	924	1085	1919	2240
Марка секционированных стоек	Стойка СЦС200.80-2	Стойка СЦС200.80-3	Стойка СЦС200.80-2	Стойка СЦС200.80-3

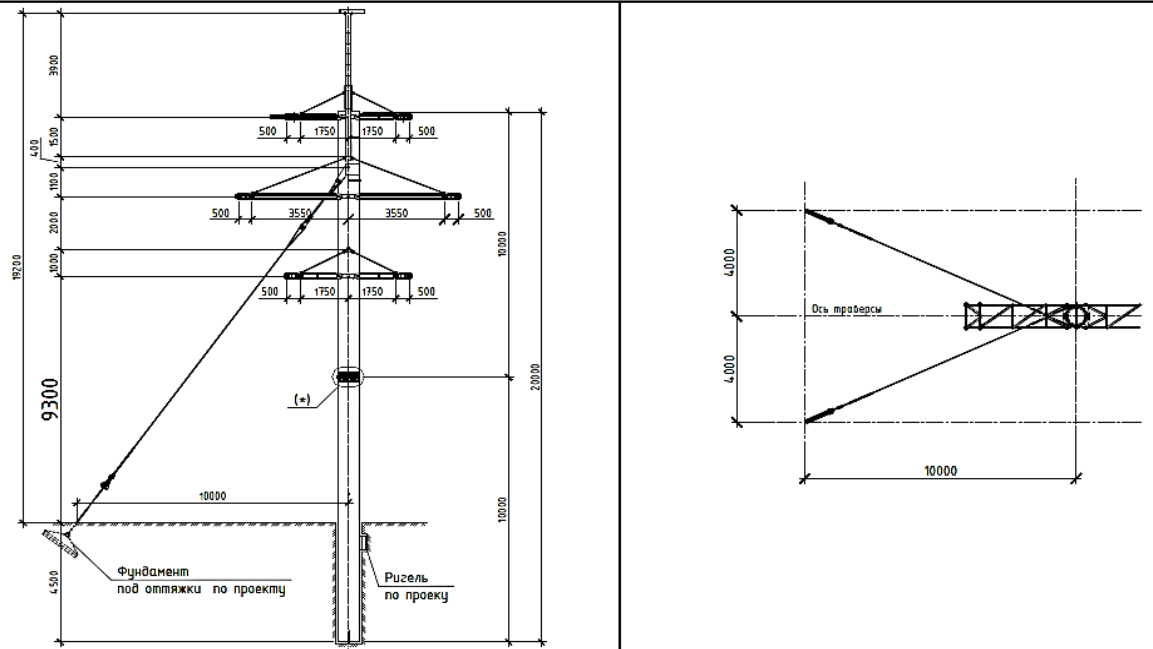
Двухцепные анкерно-угловые опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110			
Ценность	Двухцепные			
Тип опоры	Анкерно-угловые			
Район по ветру (W_0 , Па)	II (500) – III (650)			
Район по гололеду (b_0 , мм)	II (15) – III (20)			
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32			
Марка грозозащитного троса	9,2-МЭ-В-ОЖ-Н-Р			
Эскиз опоры				
Марка опоры	СУБ110-2Ф	2СУБ110-2Ф	СУБ110-2	2СУБ110-2
Монтажная схема	16.006-т.14.004	16.006-т.14.005	16.006-т.14.006	16.006-т.14.007
Масса железобетона, т	8,0	16,0	10,5	21,0
Масса металлических конструкций, кг	1914	3916	1914	3916
Марка секционированных стоек	СЦС150.80-2	СЦС150.80-2	СЦС200.80-4	СЦС200.80-4

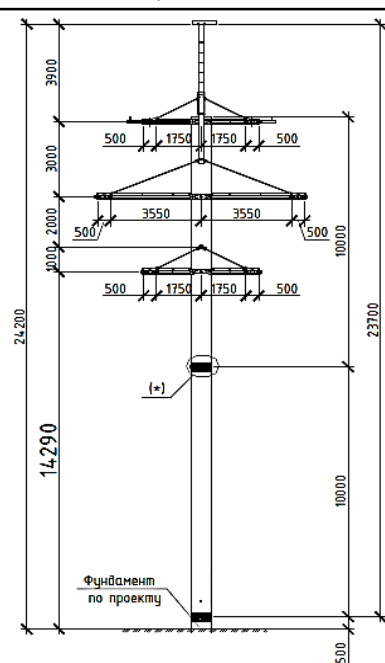
Двухцепные анкерно-угловые опоры на оттяжках

Напряжение ВЛ (кВ)	110	
Цепность	Двухцепные	
Тип опоры	Анкерно-угловые	
Район по ветру (W, Па)	II (500) - III (650)	
Район по гололеду (b, мм)	II (15) - III (20)	
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32	
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-0Ж-Н-Р	
Эскиз опоры		
Марка опоры	СУБ110-4ф	
Монтажная схема	16.006-т.14.008	
Масса железобетона, т	8,0	
Масса металлических конструкций, кг	2448	
Марка секционированных стоек	СЦС150.80-3	

Двухцепные анкерно-угловые опоры на оттяжках

Напряжение ВЛ (кВ)	110	
Цепность	Двухцепные	
Тип опоры	Анкерно-угловые	
Район по ветру (W, Па)	II (500) – III (650)	
Район по гололеду (b, мм)	II (15) – III (20)	
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32	
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р	
Эскиз опоры		
Марка опоры	СУБ110-4	
Монтажная схема	16.006-г.14.009	
Масса железобетона, т	10,5	
Масса металлических конструкций, кг	2448	
Марка секционированных стоек	СЦС150.80-5	

Повышенные анкерно-угловые опоры

Напряжение ВЛ (кВ)	110
Цепность	Двухцепные
Тип опоры	Анкерно-угловые
Район по ветру (W, Па)	II (500) - III (650)
Район по гололеду (h, мм)	II (15) - III (20)
Марки проводов	АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32
Марка грозозащитного троса	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р
Эскиз опоры	
Марка опоры	СУБ110-6Ф
Монтажная схема	16.006-т.14.010
Масса железобетона, т	10,4
Масса металлических конструкций, кг	1973
Марка секционированных стоек	СЦС200.80-6

Структура расчета

Компоновка
схем опор



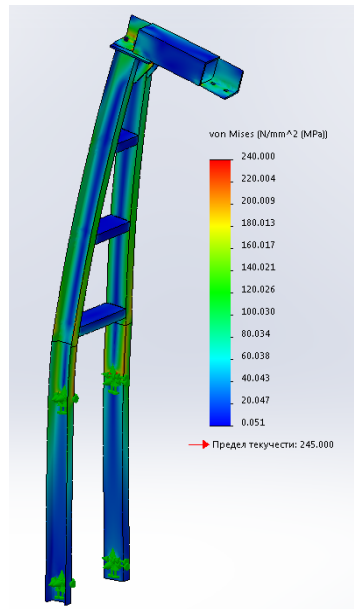
Определение
нагрузок от
проводов и тросов



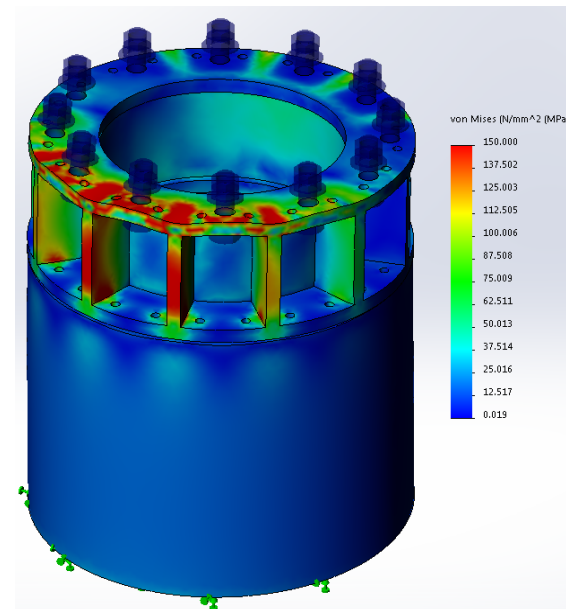
Расчет армирования
стоек и расчет
металлоконструкций



Расчет
фундаментов



Расчетная модель тросостойки
анкерно-угловой одноцепной опоры



Расчетная модель фланца

Необходимость корректировки СП16.13330

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**

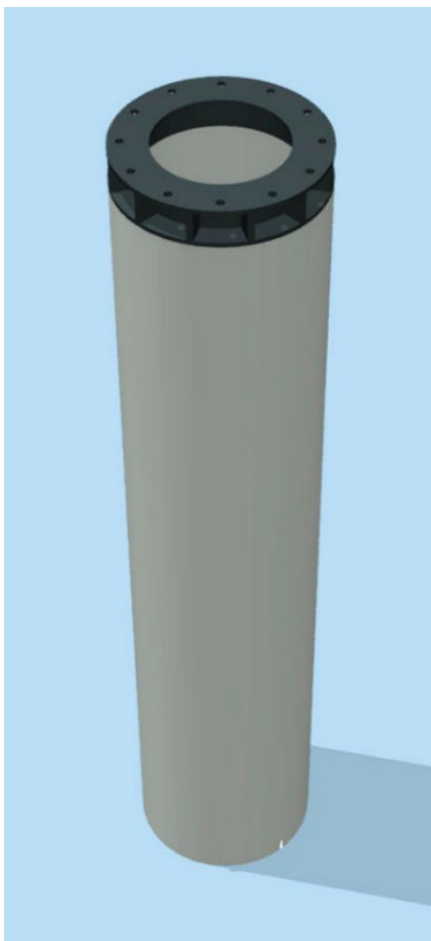


Узел крепления к силовому полу



**Двухцепная анкерно-угловая
опора, июль 2017**

Конструкция фундамента



Цилиндрическая секция Ø 800 мм

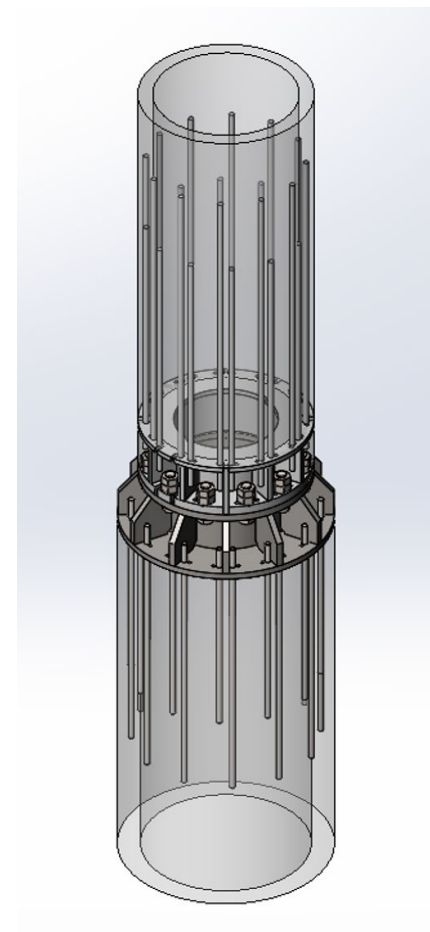
Соединительный узел

- а) для установки стойки Ø 800 мм
(под анкерно-угловые опоры);**
- б) для установки стойки Ø 650 мм
(под промежуточные опоры)**

**Максимальная несущая
способность по материалу:**

$$M_{\max} = 130 \text{ Т}\cdot\text{м}$$

$$Q_{\max} = 12 \text{ Т}$$



Соединительный узел конической
стойки и стойки фундамента

Предварительный подбор фундамента

Группы	№	f ₁	c	e	E
Пески крупные и среднетонкие	1	43	2	0,45	50
	2	40	1	0,55	40
	3	38	0	0,85	38
Пески средней крупности	4	40	3	0,45	50
	5	38	2	0,55	40
	6	35	1	0,65	30
Пески мелкие	7	38	6	0,45	48
	8	36	4	0,55	38
	9	32	2	0,65	28
	10	28	0	0,75	18
Пески пылеватые	11	36	8	0,45	39
	12	34	6	0,55	28
	13	30	4	0,65	18
Сугилки пластичные 0,5Sl _{cl} 0,75	14	26	2	0,75	11
	15	30	21	0,45	32
	16	29	17	0,55	24
	17	27	15	0,65	16
	18	24	13	0,75	10
Сугилки пластичные 0,25Sl _{cl} 0,75	19	28	19	0,45	32
	20	26	15	0,55	24
	21	24	13	0,65	16
	22	21	11	0,75	10
Сугилки полуплотные 0,5Sl _{cl} 0,75	23	18	9	0,85	7
	24	16	4,7	0,45	34
	25	25	37	0,55	27
Сугилки полуплотные 0,25Sl _{cl} 0,25	26	24	31	0,65	22
	27	23	25	0,75	17
	28	22	22	0,85	14
	29	20	19	0,95	11

Группы	№	f ₁	c	e	E
Сугилки тугопластичные 0,5Sl _{cl} 0,75	30	24	39	0,45	32
	31	23	34	0,55	25
	32	22	28	0,85	19
	33	21	23	0,75	14
	34	19	18	0,85	11
	35	17	15	0,95	8
	36	19	25	0,65	17
Сугилки мажорпластичные 0,5Sl _{cl} 0,75	37	18	20	0,75	12
	38	16	16	0,85	8
	39	14	14	0,95	6
	40	12	12	1,05	5
Глины полуплотные 0,5Sl _{cl} 0,25	41	21	81	0,55	28
	42	20	68	0,65	24
	43	19	54	0,75	21
	44	18	47	0,85	18
	45	16	41	0,95	15
Глины тугопластичные 0,25Sl _{cl} 0,65	46	14	36	1,05	12
	47	18	57	0,65	21
	48	17	50	0,75	18
	49	16	43	0,85	15
Глины мажорпластичные 0,5Sl _{cl} 0,75	50	14	37	0,95	12
	51	11	32	1,05	9
Глины мажорпластичные 0,25Sl _{cl} 0,75	52	16	45	0,65	18
	53	14	41	0,75	15
	54	12	36	0,85	12
	56	7	29	1,05	7

Шаг 1
Из 56 видов грунтов необходимо выбрать ближайший по физико-механическим свойствам

f₁ - нормативное значение угла внутреннего трения грунта, град.
 c - нормативное значение удельного сцепления грунта, кПа.
 e - коэффициент пористости.
 E - модуль деформации, МПа.
 Sl_{cl} - показатель текучести.

№	Класс	Линейный	Полосный	Земля
16.006-т.15.002				
Изм.	Класс	Линейный	Полосный	Земля
1				

16.006-т.15.002

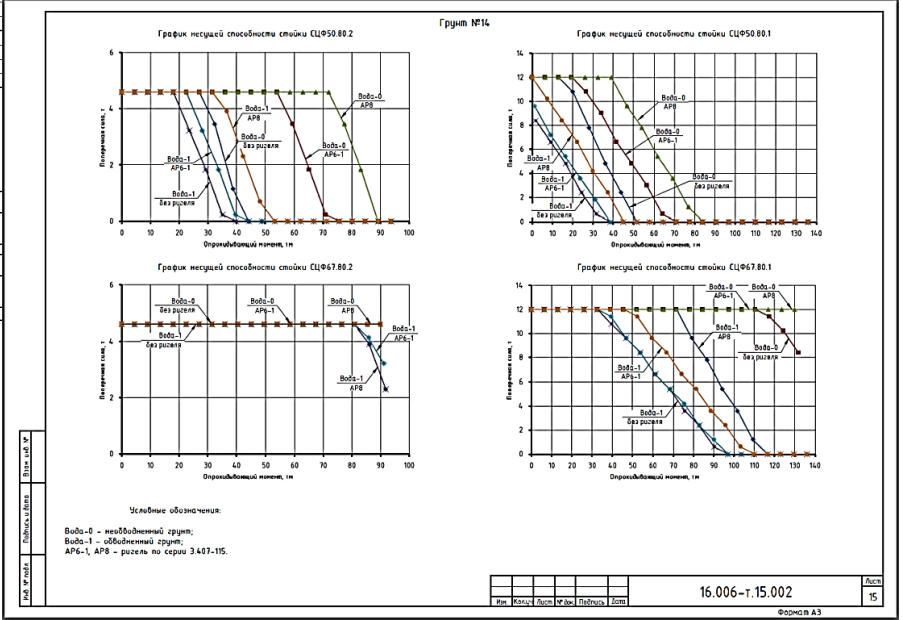
Разработка железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифужированных секционированных стоек

Изм.	Класс	Линейный	Полосный	Земля
16.006-т.15.002				
Изм.	Класс	Линейный	Полосный	Земля
1				

ООО «ПО «ЭЖБИ» ИСКЛЮС

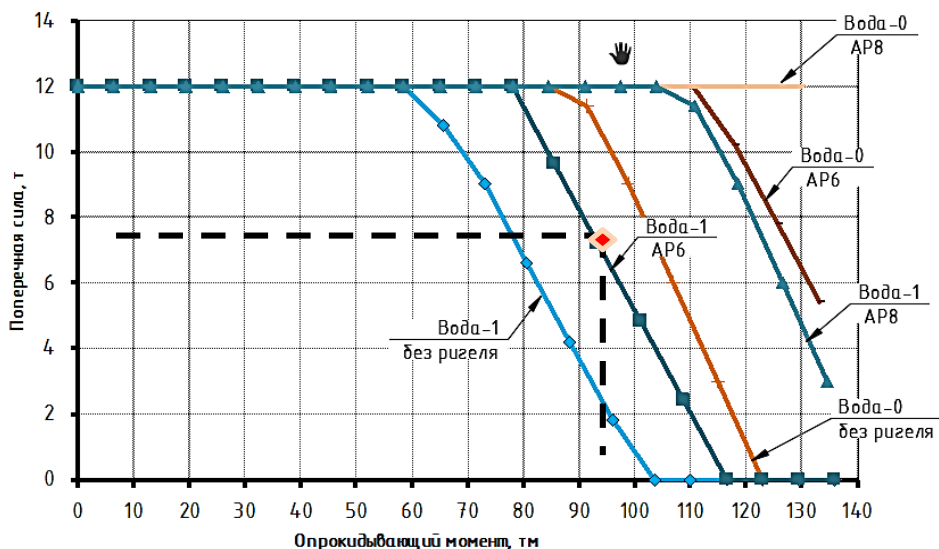
Формат А3

Шаг 2
По графикам несущей способности подобрать тип закрепления

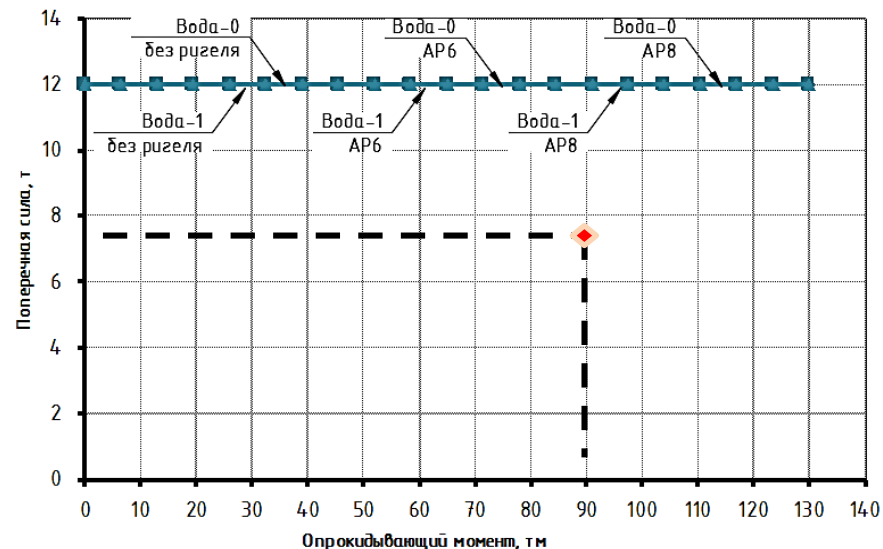


Несущая способность фундамента в грунте №25 (СП 22.13330.2011)

Фундаментная секция 5 м
под анкерно-угловую опору СЦФ50.80.1



Фундаментная секция 6,67 м
под анкерно-угловую опору СЦФ67.80.1



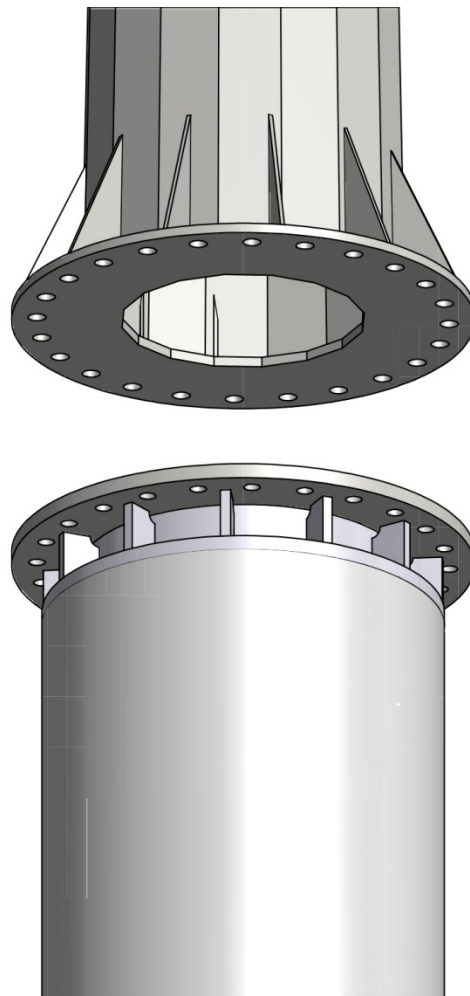
Условные обозначения:

Вода-0 – необводненный грунт;

Вода-1 – обводненный грунт;

AP6, AP8 – ригель по серии 3.407-115.

Использование железобетонных фундаментных секций для закрепления многогранных опор



Соблюдение требований безопасности



- Опоры снабжены лестницами, на которых могут быть установлены конструкции жестких анкерных линий (ЖАЛ) различных производителей



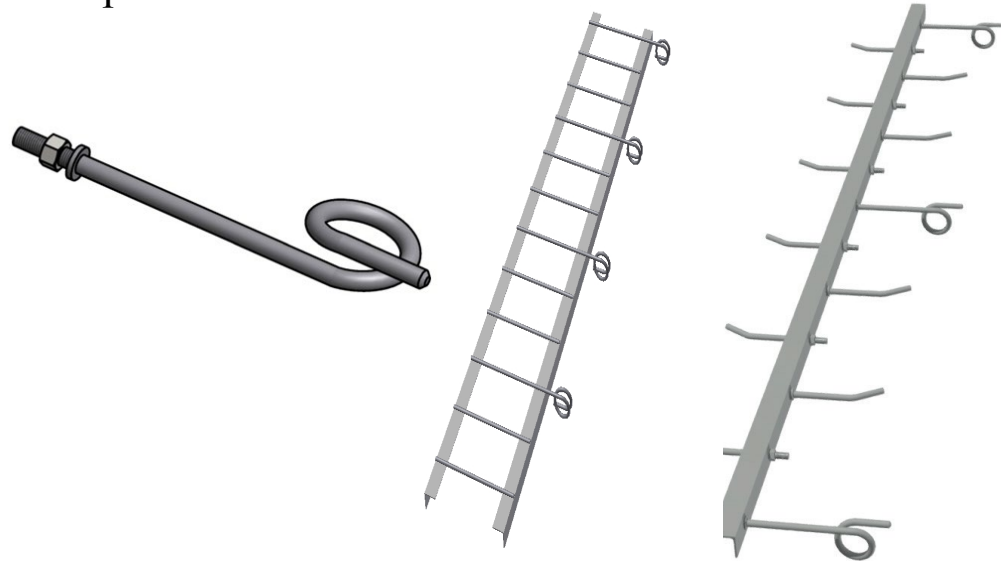
- ООО «Энерго-Транс»

- Carabelli

Соблюдение требований безопасности



- Возможна установка лестниц с анкерными точками типа «открытая петля»



- Конструкция опробована в рамках соревнований линейных бригад ФСК ЕЭС в мае 2018 года (ПС 750 кВ «Белый Раст»)
- Одобрена на НТС ПАО «Россети»
- Запланирована разработка СТО «Технические требования к анкерным точкам типа «Открытая петля»

Альбом

Обзорные листы опор

Область применения опор

Электрические габариты

Нагрузки на опоры от проводов и тросов

Нагрузки для расчета закреплений

Обзорный лист фундаментов

Обзорный лист

Масштаб	1:1		1:1	
Исполнение	Исполнение	Исполнение	Исполнение	Исполнение
Объем в куб. м	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00
Объем в куб. м	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00
Объем в куб. м	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00	1,1 200,00

Область применения

Полоса	Область применения				
	40 МВ	40 МВ	40 МВ	40 МВ	40 МВ
Полоса	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Полоса	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Электрические габариты

Нагрузки на опоры от проводов и тросов

Полоса	Нагрузки на опоры от проводов и тросов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полоса	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Нагрузки для расчета закреплений

Полоса	Нагрузки для расчета закреплений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полоса	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Обзорный лист фундаментов

Серия нормативных документов

Позволит:

- Снизить затраты на проведение работ;
- Ускорить процесс строительства;
- Улучшить качество работ;
- Рационально использовать рабочую силу и машины;
- Обеспечить надлежащий уровень безопасности;
- Обеспечить правильное составление смет;
- Обеспечить правильную эксплуатацию опор

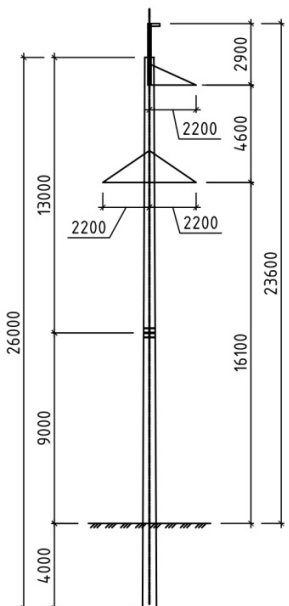
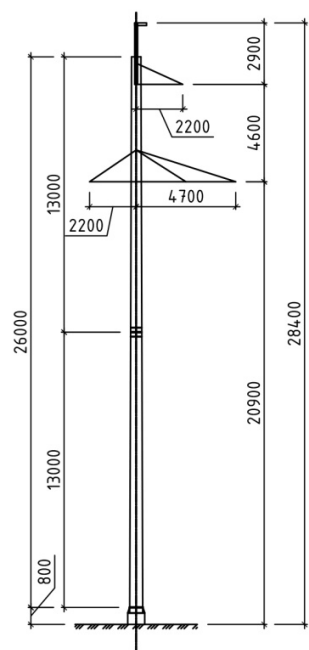
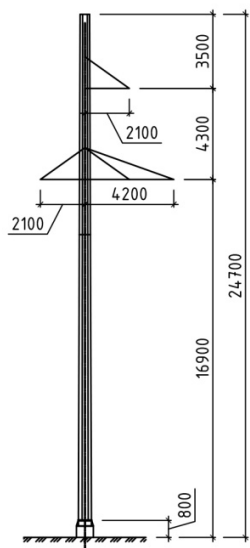
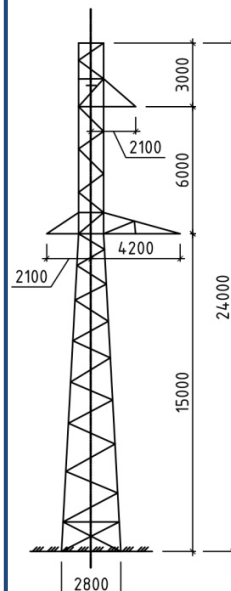
Технологические карты

15 ТК
для 23 типов опор
и 4 типов
фундаментов

Технические инструкции по монтажу

Типовая инструкция по эксплуатации

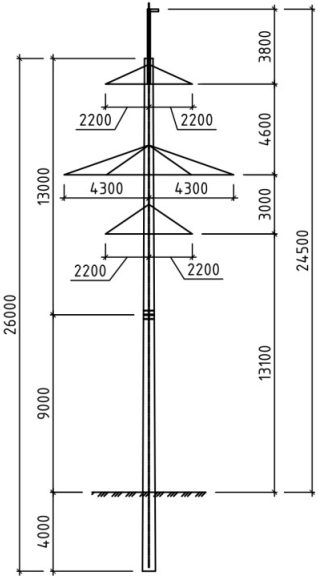
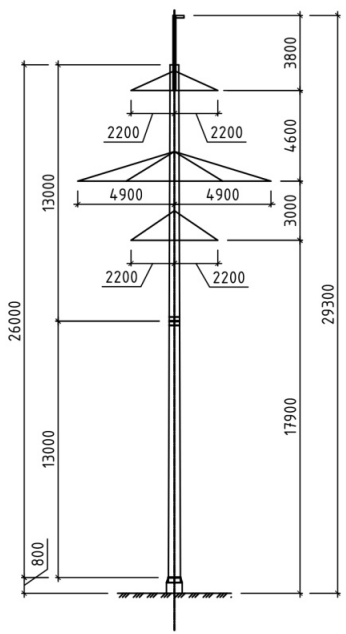
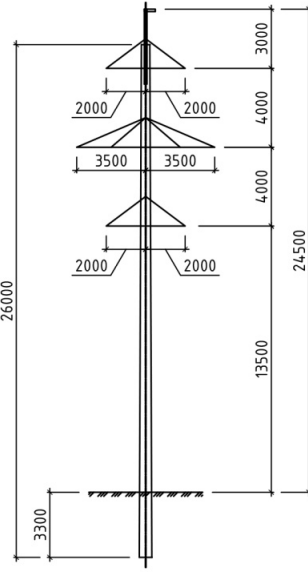
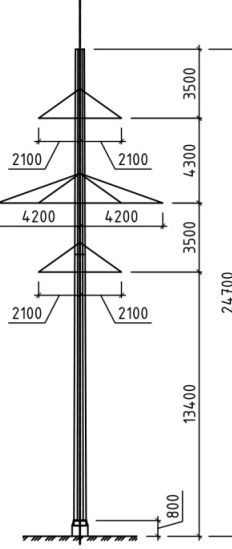
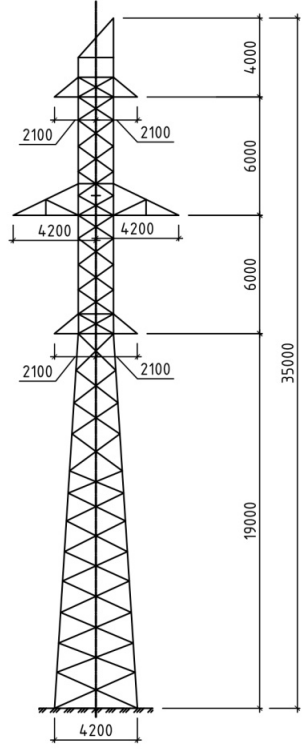
Сравниваемые опоры одноцепного участка ВЛ 110 кВ

Железобетонные опоры		Стальные опоры	
Новые секционированные	Старая унификация	Многогранная	Решетчатая
ПУЭ-7	ПУЭ-6	ПУЭ-7	ПУЭ-6
 <p>Technical drawing of a concrete pole (SPB110-3) with dimensions: total height 26000, base height 4000, main body height 9000, top section height 13000, top width 2200, and total width at top 23600.</p>	 <p>Technical drawing of a concrete pole (SPB110-7Ф) with dimensions: total height 28400, base height 800, main body height 13000, top section height 13000, top width 2200, and total width at top 20900.</p>	 <p>Technical drawing of a steel pole (PM110-1Ф) with dimensions: total height 24700, base height 800, main body height 16900, top section height 4300, top width 2100, and total width at top 2100.</p>	 <p>Technical drawing of a steel lattice pole (P110-5B) with dimensions: total height 24000, base width 2800, main body height 15000, top section height 6000, top width 2100, and total width at top 4200.</p>
СПБ110-3	СПБ110-7Ф	ПМ110-1Ф	П110-5В

Сравнение стоимости участка одноцепной ВЛ 110 кВ на опорах разных типов

	Железобетонные опоры						Стальные опоры			
	Новые секционированные опоры				Старая унификация		Многогранная		Решетчатая	
	ПУЭ-7				ПУЭ-6		ПУЭ-7		ПУЭ-6	
Марка опоры	СПБ110-3		СПБ110-7Ф		ПБ110-15		ПМ110-1Ф		П110-5В	
Кол-во опор на 5 км	18,12		15,06		27,78		18,87		18,52	
Стоимость, тыс. руб.	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок
Материалы	228	4 142	358	5 395	158	4 376	451	8 504	422	7 811
в % к СПБ110-3		100%		130%		106%		205%		189%
Монтаж	27	484	35	529	27	762	30	558	77	1 430
в % к СПБ110-3		100%		109%		157%		115%		295%
Землеотвод	10	176	14	209	12	328	13	249	22	412
в % к СПБ110-3		100%		119%		186%		141%		234%
Всего (на 5 км)	265	4 802	407	6 133	197	5 466	493	9 311	521	9 653
Всего (на 1 км)		960		1 227		1 093		1 862		1 931
в % к СПБ110-3		100%		128%		114%		194%		201%
Экономия на 1 км, тыс. руб.		-		-		+130		+900		+960

Сравниваемые опоры двухцепного участка ВЛ 110 кВ

Железобетонные опоры		Стальные опоры		
Новые секционированные	Старая унификация	Многогранная	Решетчатая	
ПУЭ-7	ПУЭ-6	ПУЭ-7	ПУЭ-6	
				
СПБ110-4	СПБ110-8Ф	ПБ110-8	ПМ110-2Ф	П110-6В

Сравнение стоимости участка двухцепной ВЛ 110 кВ на опорах разных типов

	Железобетонные опоры						Стальные опоры			
	Новые секционированные опоры				Старая унификация		Многогранная		Решетчатая	
	ПУЭ-7		ПУЭ-6		ПУЭ-7		ПУЭ-6			
Марка опоры	СПБ110-4		СПБ110-8Ф		ПБ110-8		ПМ110-2Ф		П110-4В	
Кол-во опор на 5 км	24,51		23,58		45,45		25		19,61	
Стоимость, тыс. руб.	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок
Материалы	311	7 611	428	10 081	264	11 989	564	14 105	656	12 870
в % к СПБ110-4		100%		132%		158%		185%		169%
Монтаж	29	710	38	893	34	1 549	30	739	94	1 839
в % к СПБ110-4		100%		126%		218%		104%		259%
Землеотвод	17	409	19	443	15	663	17	417	26	518
в % к СПБ110-4		100%		108%		162%		102%		127%
Всего (на 5 км)	356	8 730	484	11 416	313	14 201	611	15 261	777	15 226
Всего (на 1 км)		1 746		2 283		2 840		3 052		3 045
в % к СПБ110-4		100%		131%		163%		175%		174%
Экономия на 1 км, тыс. руб.		-		-		+1094		+1306		+1299

Экономический эффект от применения разработанных в рамках НИОКР опор на объектах ПАО «Россети»

0,9 млн. руб. – на каждый километр одноцепной ВЛ

При использовании жб опор на 50% ВЛ:

Объем строительства новых жб ВЛ 110 кВ в год - около 1160 км
от 930 млн. руб. – в год

При сохранении темпов строительства:

7 440 млн. руб. – до 2025 года

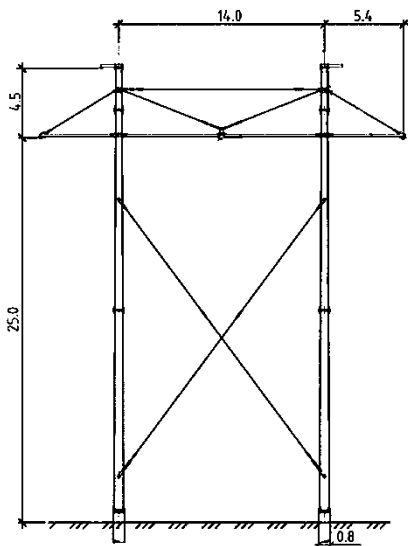
(при равной доле использования обычных и повышенных железобетонных опор в сравнении с установкой многогранных и решетчатых опор в равной пропорции)

Накоплен опыт индивидуальной разработки опор (более 20 типов) для конкретных объектов напряжением 220-500 кВ

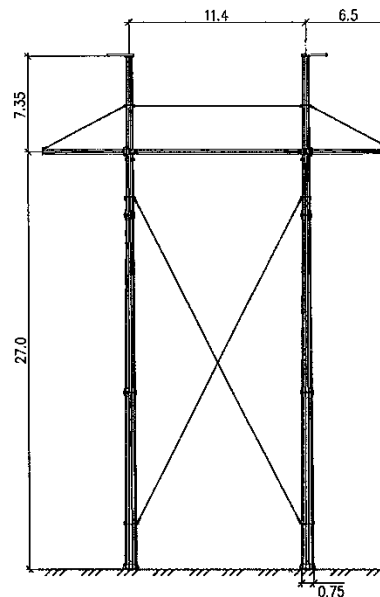


**2СПБ500-3В на ВЛ «Донская АЭС –
Старый Оскол 2», январь 2019**

Сравнение стоимости опор и фундаментов ВЛ 500кВ «Донская АЭС – Старый Оскол-2»



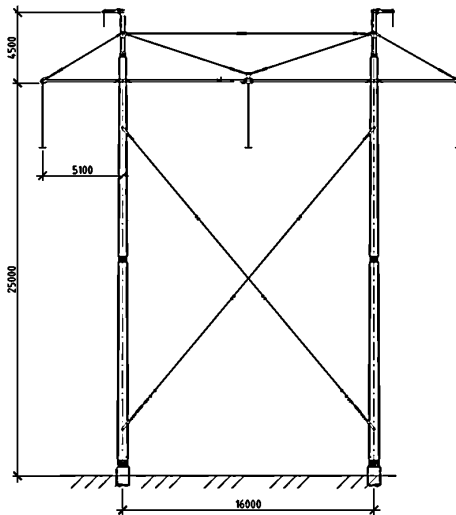
**Железобетонная секционированная
опора 2СПБ500-3В**



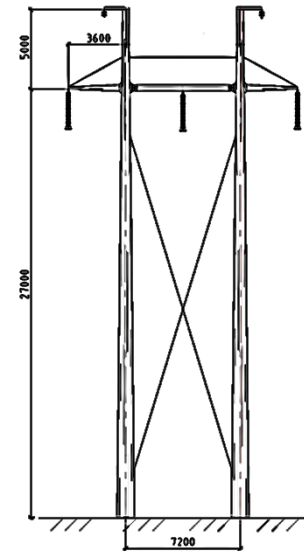
**Стальная многогранная
опора 2МП500-3В**

- **стоимость** железобетонной **опоры** в **1,5** **раза** **меньше** стоимости многогранной 2МП500-3В
- **разница** в стоимости **на 1 км** ВЛ 500 кВ составляет **1,9 млн руб.**

Сравнение стоимости опор и фундаментов ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 – Машук»



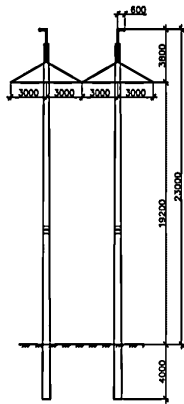
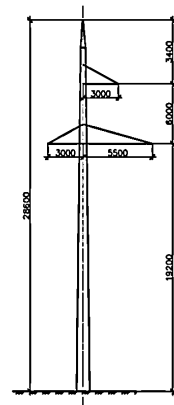
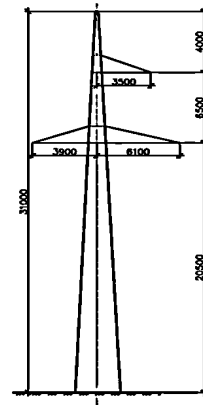
**Железобетонная секционированная
опора 2СПБ330-5ВФ**



**Стальная многогранная
опора 2ПМ330-1/27**

- **стоимость** железобетонной **опоры** в **2,5** **раза** **меньше** стоимости многогранной 2ПМ330-1/27
- **разница** в стоимости **на 1 км** ВЛ 330 кВ составляет **9 млн руб.**

Сравнение стоимости опор и фундаментов ВЛ 220 кВ в Мурманской области

Тип промежуточной опоры	Железобетонная секционированная	Стальная многогранная	Стальная решетчатая
Марка опоры	2СПБ220-1	ПМ220-1м	ПС220-3
Общий вид опоры			
Габаритный пролет, м / количество опор на км, шт.	234 / 4,27	234 / 4,27	265 / 3,77
Стоимость опоры, тыс. руб.	532	627	487
Стоимость фундамента / земляных работ, тыс. руб.	- / 20	197 / 15	218 / 290
Всего на 1 км ВЛ, млн руб.	2,4	3,6	3,8
Млн руб./% к 2СПБ220-1	- / 100%	1,2 / 150%	1,4 / 158%

Комплекс выполненных работ позволяет применять железобетонные опоры из центрифугированных секционированных стоек

**При выполнении ремонтов
и аварийно-
восстановительных работ**

для замены старых
железобетонных и
металлических опор

При новом строительстве
для снижения стоимости
сооружения и эксплуатации ВЛ