

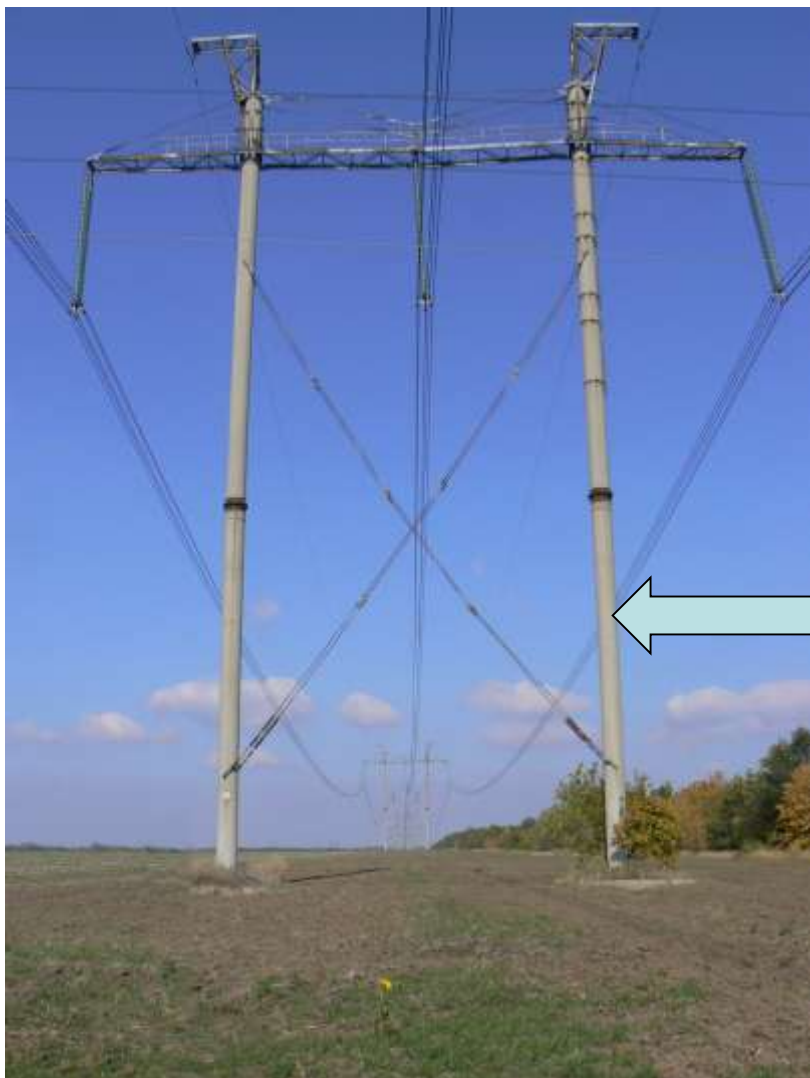
29 июня – 01 июля

Разработка порталных железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 330 и 500 кВ

Касаткин Сергей Петрович

e-mail: kasatkin_sergey@mail.ru

Опора ВЛ 750 кВ.



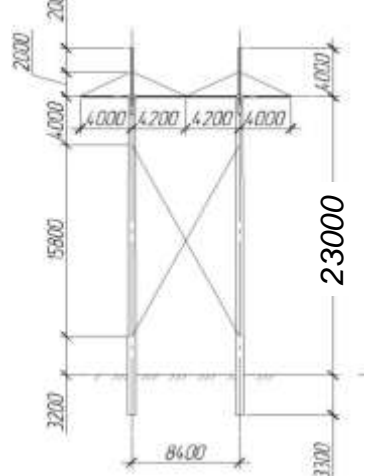
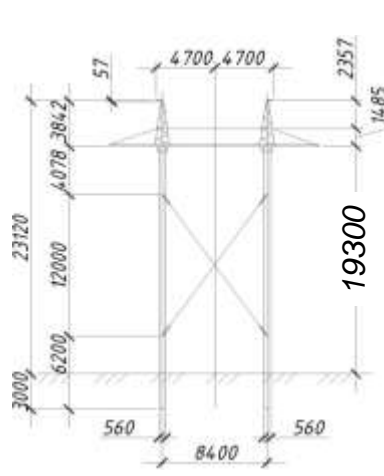
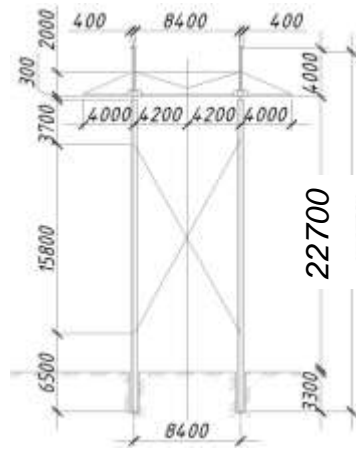
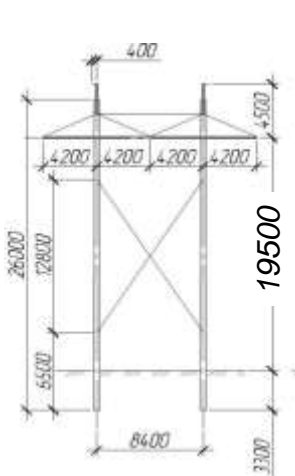
В настоящее время **57%**
протяженности ВЛ 35-500 кВ
построены на железобетонных
опорах.

Стойки СЦ20 диаметром 800 мм

Опоры по ПУЭ-6

1973 г.

1990 г.



Марка опоры	ПБ330-1				ПБ330-3				PBC330-A				1ПБ330-1			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Провод Провод	2xACO-300 2xACO-400				2xACO-300 2xACO-400				2xACO-500				2xAC240/32 2xAC400/51			
Габаритный пролет	$\frac{335}{335}$	$\frac{335}{335}$	$\frac{295}{300}$	$\frac{265}{285}$	$\frac{400}{400}$	$\frac{400}{400}$	$\frac{350}{370}$	$\frac{305}{335}$	330	320	290	265	$\frac{450}{450}$	$\frac{415}{440}$	$\frac{360}{395}$	$\frac{315}{355}$
Весовой пролет	$\frac{360}{335}$	$\frac{360}{335}$	$\frac{340}{320}$	$\frac{305}{295}$	$\frac{420}{400}$	$\frac{420}{400}$	$\frac{420}{400}$	$\frac{365}{355}$	410	400	360	330	$\frac{450}{450}$	$\frac{445}{440}$	$\frac{395}{395}$	$\frac{355}{355}$
Ветровой пролет	$\frac{420}{420}$	$\frac{420}{420}$	$\frac{370}{375}$	$\frac{330}{355}$	$\frac{500}{500}$	$\frac{500}{500}$	$\frac{435}{560}$	$\frac{370}{420}$	330	330	330	330	$\frac{560}{560}$	$\frac{550}{550}$	$\frac{495}{495}$	$\frac{445}{455}$

НТП ВЛ 35-750 кВ

СТО 56947007-29.240.55.016-2008

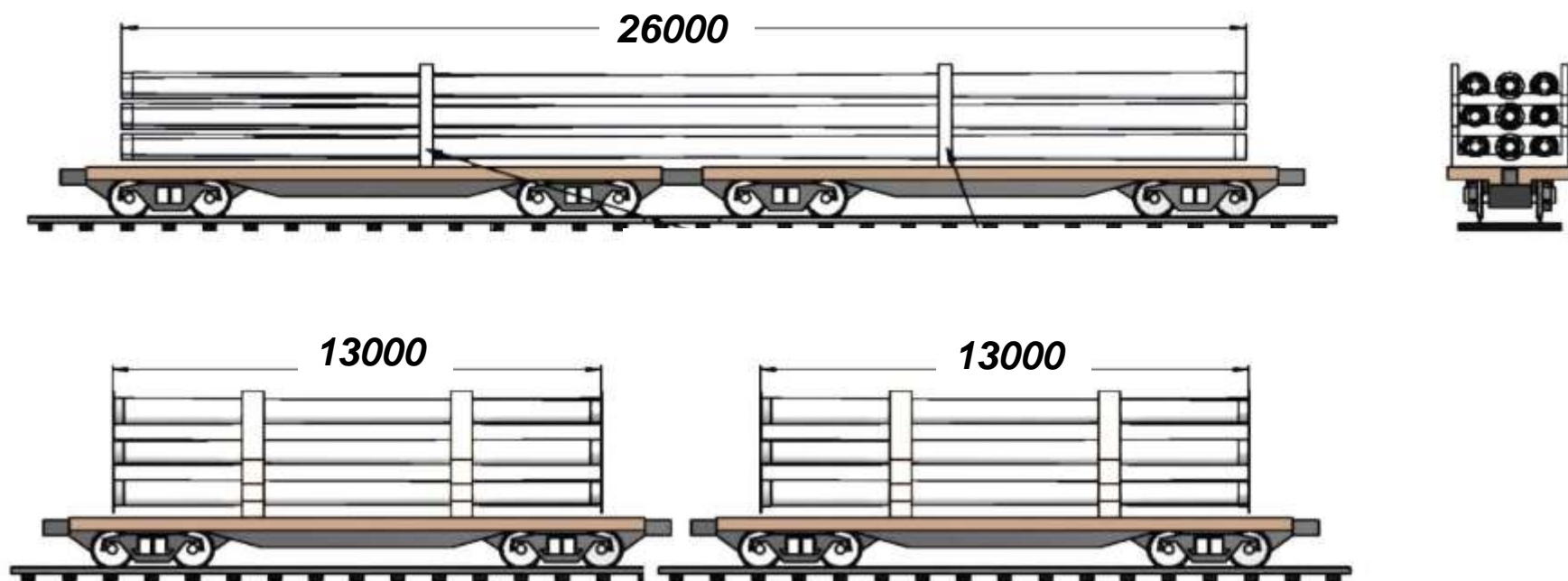
УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 20.11.2014 № 525

7.23. Железобетонные опоры выполняются комбинированными:
стойки – из центрифугированных секционированных
(а для ВЛ 35 кВ также из вибрированных) **железобетонных стоек;**
траверсы, тросостойки, оттяжки – из других материалов
(сталь, полимерные материалы).

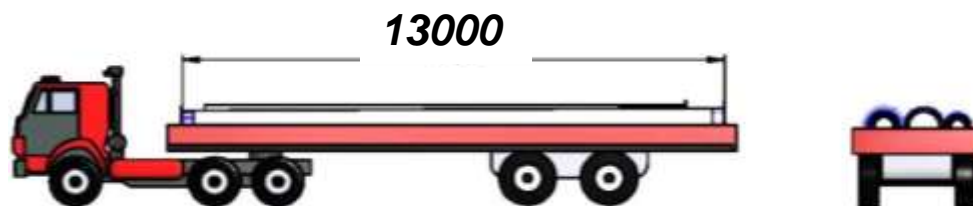
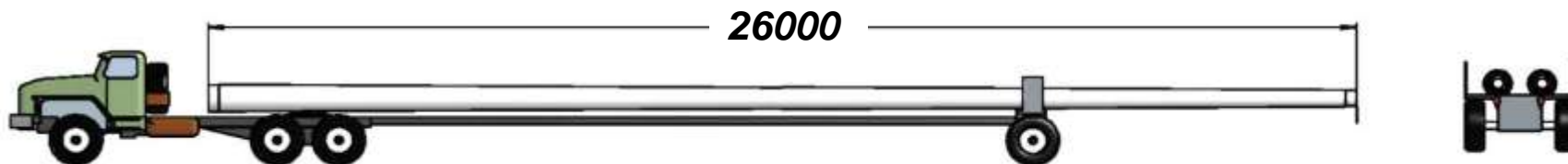
Стр. 21.



Транспортировка цельных и секционированных стоек железнодорожным транспортом

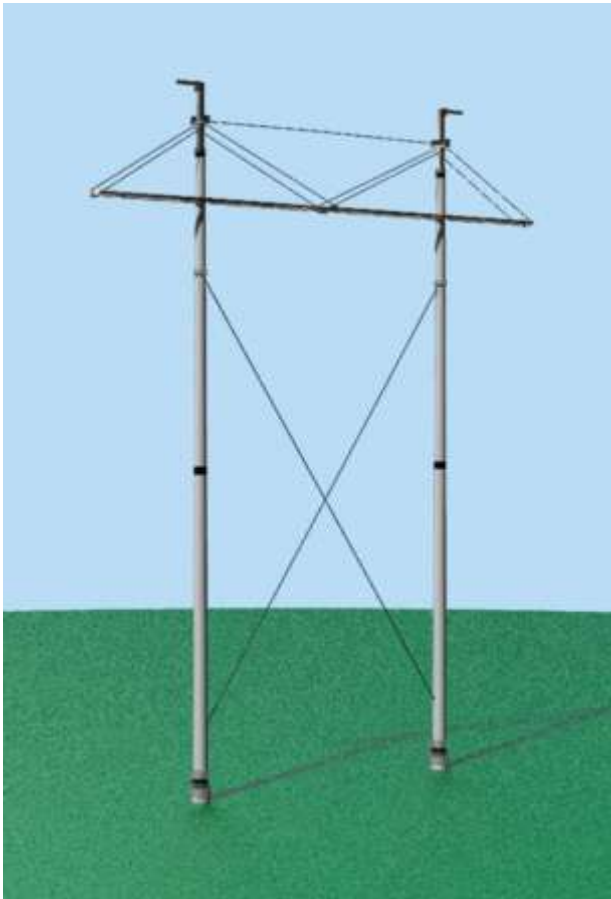


Транспортировка цельных и секционированных стоек автотранспортом



Опора 2СПБ500-3В

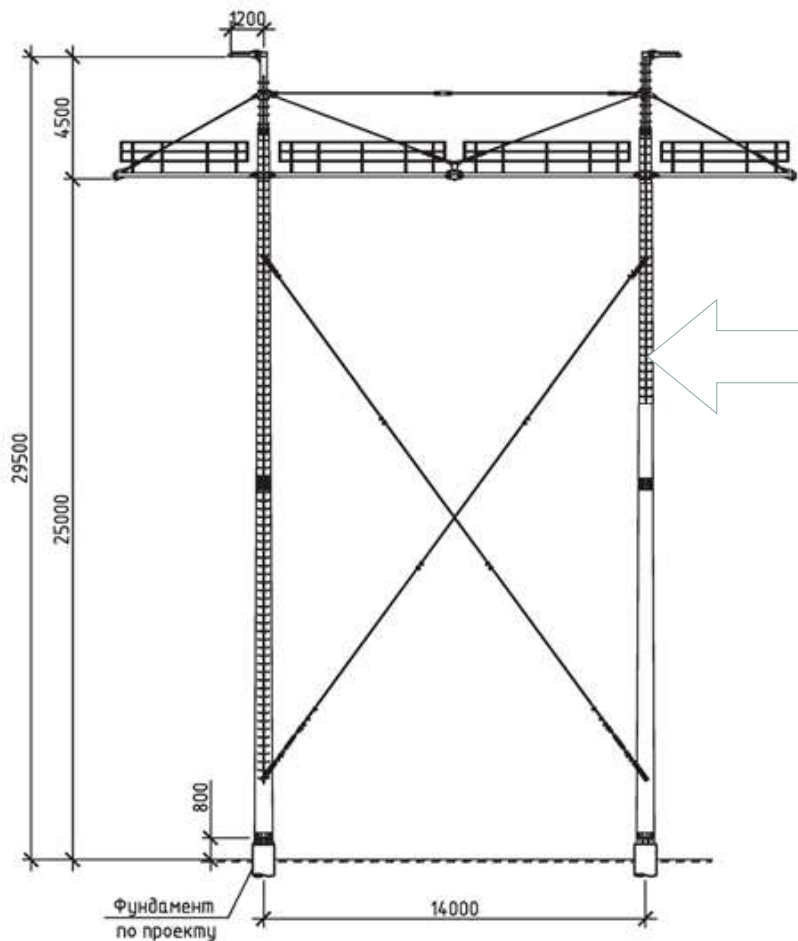
ВЛ 500 кВ «Ростовская – Андреевская – Тамань»



Область применения

Нормативы		Глава 2.5 ПУЭ-7 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ»								
		Район по ветру IV (WO=800 Па)		Район по ветру III (WO=650 Па)				Район по ветру II (WO=500 Па)		
Расчётные климатические условия		Район по гололёду								
		IV (бэ=25 мм)	III (бэ=20 мм)	V (бэ=30 мм)	IV (бэ=25 мм)	III (бэ=20 мм)	II (бэ=15 мм)	III (бэ=20 мм)	II (бэ=15 мм)	
		Ветер при гололёде 200 Па			Ветер при гололёде 160 Па					
		Марка		3 x AC 300/66						
Провод	σГ	153								
	σ–	МПа	153							
	σЭ		102							
Трос	Марка	ОКГ Тц — ... 14,6/88								
	σтах	МПа	382							
Габаритный пролёт, м		290	325	265	295	330	375	330	375	
Ветровой пролёт, м		320	325	320	360	395	395	415	495	
Весовой пролёт, м		362	406	331	369	412	469	412	469	

Опора 2СПБ500-3В ВЛ 500 кВ «Ростовская – Андреевская – Тамань»



**МАССА ОПОРЫ
железобетонные элементы:**

1 стойка – 7,6 т

2 стойки – 15,2 т

металлические конструкции:

несущие – 3,7 т

ограждающие – 1,2 т

СТОИМОСТЬ (2015 г.)

опоры - 700 т.р.

фундаментной секции:

5,0 м – 66 т.р.

Нагрузки на фундаменты опоры 2СПБ500-3В

Расчётные нагрузки на фундаменты опоры 2СПБ500-3В по первой группе предельных состояний			
Климатическая зона №7 (Район по ветру II, район по гололёду III)			
№ схемы	N, т	M _x , тм	Q _y , т
I	2,1	19,7	8,3
	23,9	4,3	0,6
II	12,7	19,2	8,5
	36,5	8,0	1,2

Нагрузки на фундаменты опоры 2СПБ500-3В в аварийном режиме:
 $M_y = 44,2$ тм;
 $Q_x = 1,8$ т;
 $N = 12,0$ т.

Нагрузки на фундаменты опоры 2МП500-5В

Расчетные нагрузки на фундамент опоры 2МП500-5В в первой климатической зоне.

№ Схемы	N, т	M _x , тм	M _y , тм	Q _x , т	Q _y , т
I	14.1	53.4	0	0	-13.2
	-30.6	-1.7			-0.2
Ia	5.4	33.0	29.0	1.7	-8.0
	-21.86	-0.4			-0.25
II	-8.4	55.8	0	0	-14.25
	-44.1	-7.7			0.8
III (1)	-7.7	0	49.2	-1.6	0
	-7.7				
III (2)	-9.0	0	27.1	-0.7	0
	-6.4		71.3	-2.5	
IV	-8.4	0	39.7	-1.1	0
	-8.1		59.2	-1.5	

Аварийный режим

Аварийный режим для стоек опор portalного типа является определяющим.

Все железобетонные опоры portalного типа, находящиеся в эксплуатации, спроектированы с учётом поддерживающего действия необорванных проводов и тросов (допускается и ПУЭ-7 п. 2.5.142).

Учёт поддерживающего действия уцелевших проводов и тросов требует сложного графического расчёта редуцированного тяжения. Современные математические пакеты, например Mathcad, Matlab, позволяют автоматизировать подобные расчёты.

Условная горизонтальная нагрузка при обрыве троса принимается равной $0,5T_{max}$.

ПУЭ-6: для гибких опор допускается определять нормативную нагрузку от обрыва троса с учётом гибкости опор.

**Испытания опоры 2СПБ500-3В
(полигон Хотьково, ноябрь 2015)**



Подъем опоры



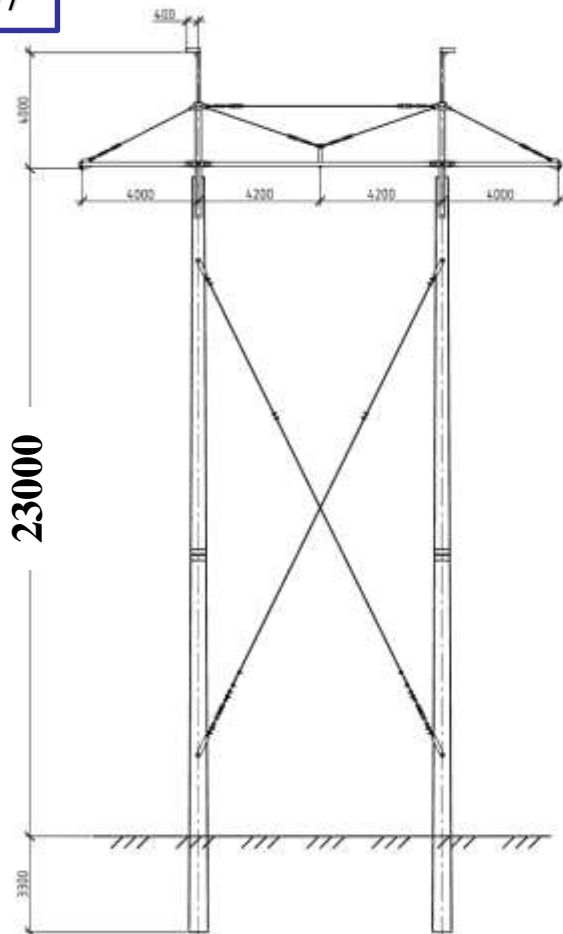
Аварийный режим



Опора для ВЛ 330 кВ «Новосокольники - Талашкино»

ПУЭ-7

2СПБ330-1В



23000

3300

Расчётные данные опоры 2СПБ330-1В

Нормативы		Глава 2.5 ПУЭ-7 "Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ"	
Расчётные климатические условия	Район по ветру II (M=500 Па)		
	Район по гололёду		
	II (b _в =15 мм)		III (b _в =20 мм)
	Ветер при гололёде 160 Па		
Провод	Марка	2 x AC 300/39	
	σ _к	126	
	σ _л МПа	126	
	σ _в	84	
Трос	Марка	ОКГТ-13,9/58	
	σ _т МПа	300	
Габаритный пролёт, м		385	325
Ветроой пролёт, м		385	325
Весовой пролёт, м		481	406

1. Габарит до земли 7,5 м.
2. Длина гирлянды провода 3,1-3,5 м
3. Региональные коэффициенты по ветру и гололёду 1,0.
4. Весовой пролёт принят $L_{вес}=1,25L_г$.
5. Масса всей опоры около 16,8 т.
6. Масса небесного металла около 1,9 т.
7. Стоимость 2х железобетонных секционированных стоек – 300-320 т.р.
8. Стоимость небесного металла ~ 140-150 т.р.
9. Стоимость опоры – 440-470 т.р.

440-470 т.р.

ВЛ 330 кВ "Новосокольники-Талашкино"					
Железобетонная опора 330 кВ на базе центрифугированных секционированных стоек					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
И контр.					
Заб. отд.					
ГИП		Романов			
Гл. спец.					
Проберил					
Выполнил					
				Статус	Лист
					1
Опора 2СПБ330-1В					
Монтажная схема				000 "ПО "ЭЖБИ"	

Достоинства двустоечных железобетонных опор

- 1. Относительно небольшая цена по сравнению со стальными.**
- 2. Малый землеотвод по сравнению с решётчатыми опорами и опорами на оттяжках.**
- 3. Отсутствие вырывающих нагрузок на фундамент по сравнению с двустоечными многогранными опорами.**