

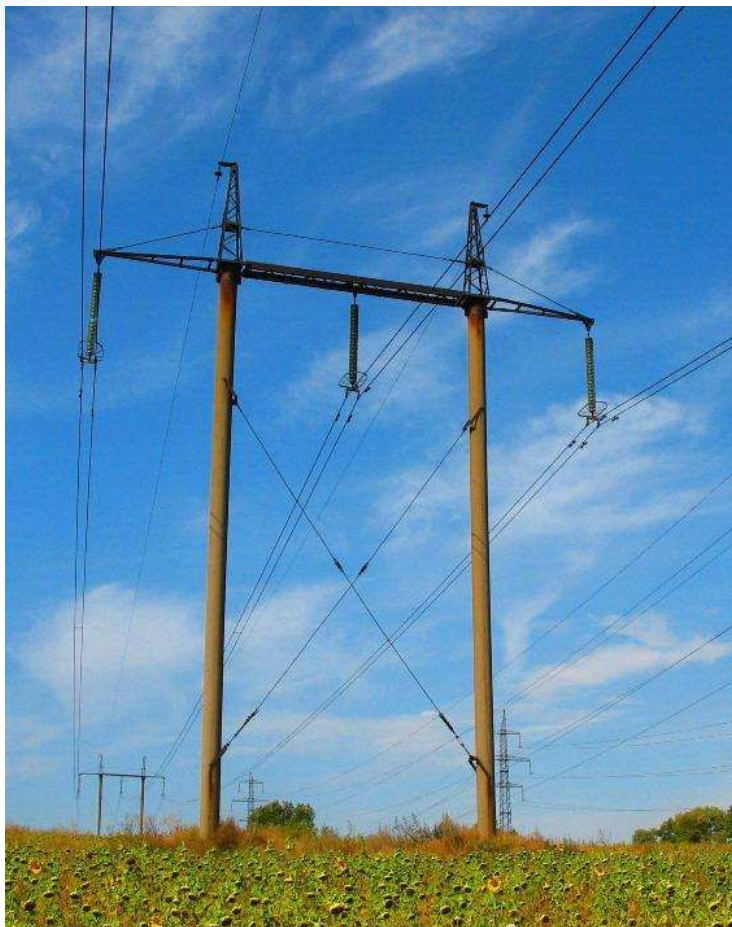
# **Портальные опоры из железобетонных секционированных стоек на ВЛ 220, 330 и 500 кВ - экономия затрат на строительство и эксплуатацию**

**XII международная научно-практическая конференция  
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ВЛ:  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА»  
24-26 июня 2026 г., Санкт-Петербург**

**Качановская Любовь Игоревна**  
К.т.н., Заведующая НИЛКЭС  
**Румянцева Елизавета Олеговна,**  
Ведущий инженер НИЛКЭС  
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»  
[l.i.kachanovskaya@nilkes.ru](mailto:l.i.kachanovskaya@nilkes.ru)  
[www.нилкэс.рф](http://www.нилкэс.рф)

# Портальные опоры из центрифугированных стоек

Массовое использование началось в середине 1960-х после выхода типовых проектов



330 кВ



750 кВ

## Портальные опоры. Конструктивные преимущества

- Расположение проводов в одном уровне – отсутствие схлестывания проводов, целесообразность применения в районах с высокими гололедными нагрузками
- Две стойки в конструкции – снижение нагрузок на фундаменты
- Низкие, относительно одностоечных опор, нагрузки на фундаменты – простая конструкция закреплений (обычно, трубчатые фундаменты)
- Внутренние связи – снижение изгибающих моментов в стойках опоры (уменьшение арматуры в стойках);
- Свободностоящие конструкции (без оттяжек) – минимизация отвода земли под опоры (преимущество при строительстве на сельскохозяйственных землях)



# Особенности железобетонных опор



## Надежность

железобетонных и металлических опор (параметры потока отказов ВЛ по причине разрушения опор) практически одинакова

(По данным ОРГРЭС)

## Преимущества:

- Низкая цена по отношению к металлическим
- Быстрый монтаж и долгий срок эксплуатации

## Недостатки:

- Сложность транспортировки — негабаритный груз (длина стоек до 26 м) требует бережной перевозки
- Проблемы закрепления опор в слабых грунтах



**Решение:** Новый вид железобетонных опор  
На базе секционированных стоек

# Процесс изготовления центрифугированной стойки



Арматурный каркас



Полуформа



Заполнение полуформы бетоном

# Процесс изготовления центрифугированной стойки



Каркас в опалубке заполнен бетоном



Фиксация верхней и нижней частей опалубки



Процесс центрифугирования

## Соединительный узел центрифугированной стойки



Фланец закладной детали



Протяжка напрягаемой арматуры  
сквозь закладную деталь



Закладная деталь в каркасе

## Секционированные железобетонные стойки



Стойка с внутренним  
соединительным узлом  
(с 2014 г.)

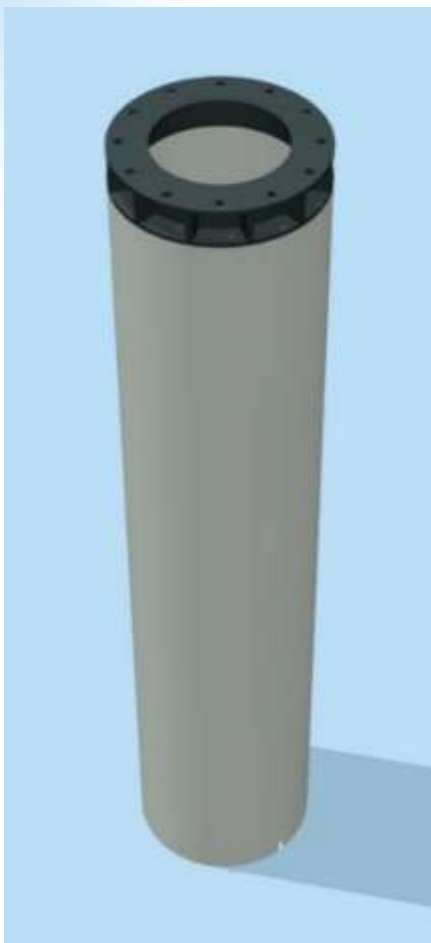


Стойка с внешним  
соединительным узлом  
(2013 г.)



Транспортировка

## Конструкция фундамента железобетонной опоры



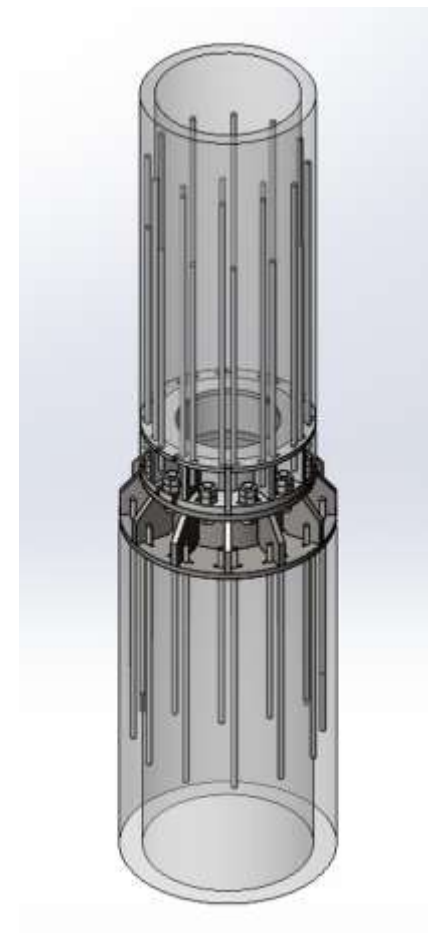
Цилиндрическая  
железобетонная секция  
Ø 800 мм

Максимальная несущая  
способность по  
материалу:

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

$$Q_{\max} = 12 \text{ т}$$

Для установки стойки Ø 800 мм  
(под анкерно-угловые опоры)



Для установки стойки Ø 650мм  
(под промежуточные опоры)

## Фундаментные секции диаметром 800 мм для соединения с коническими стойками (нижний Ф650 мм)



Длина секций:  
5.0 м, 6.7 м или 10 м



С монтажными  
проушинами для  
обеспечения  
вертикальности в  
процессе монтажа



С защитным покрытием,  
нанесенным в заводских  
условиях

## Общие сведения о современных секционированных железобетонных опорах

- Меньшая стоимость изготовления и монтажа опор (по сравнению с металлическими конструкциями);
- Высокая долговечность при бетоне класса В60:
  - Водонепроницаемость свыше W16
  - Морозостойкость свыше F<sub>1</sub>400
- Секционирование стоек позволяет отказаться от применения спецтранспорта, сокращает сроки и стоимость доставки опор
- Конструкция внутреннего фланцевого соединения повышает качество, сокращая при этом затраты на изготовление секций стоек (по сравнению с изготовлением внешнего фланца)
- Возможность установки опор на фундамент расширяет их область применения (при необходимости поднять высоту подвески проводов, увеличить пролеты, установить опоры в сложных грунтовых условиях)

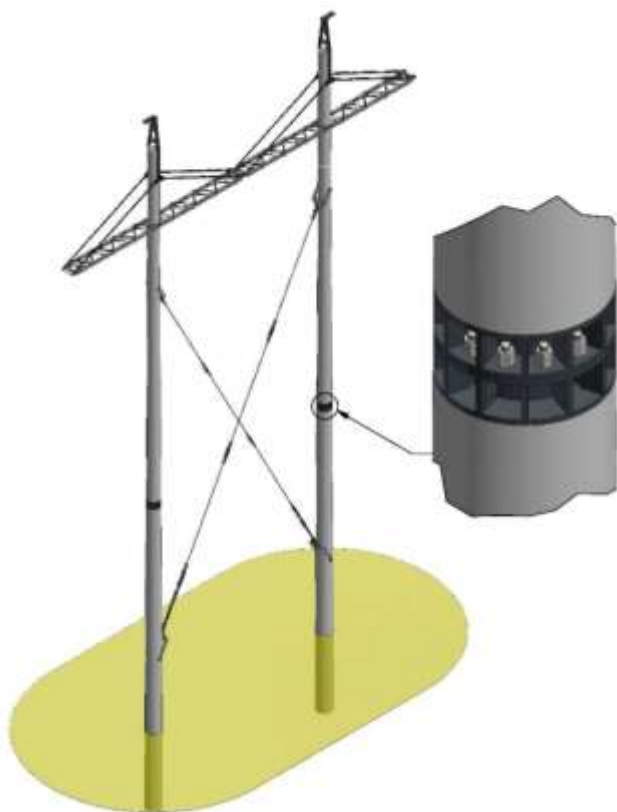


Узлы соединения секций опоры и стойки с фундаментом

# Организация замены старых опор

## Создание аварийного резерва

ПБ 330-1 (с)



Существующая опора			Современная опора	
Марка опоры	Стойка	Кол-во стоек	Марка опоры	Стойка
<b>ПБ 110-5</b>	СК2, СК2п, СК2пр	1	<b>ПБ 110-5 (с)</b>	СК22.1-2.1-СБ.К.Д
<b>ПБ 220-1</b>	СК5, СК4а, СК5п, СК5пр	1	<b>ПБ 220-1 (с)</b>	СК26.1-6.1-СБ.К.Д
<b>ПБ 330-1</b>	СК5, СК4а, СК5п, СК5пр	2	<b>ПБ 330-1 (с)</b>	СК26.1-2.0-СБ.К.Д
<b>ПБ 500-5н</b>	СК15	2	<b>ПБ 500-5н (с)</b>	СК26.2-1.1-СБ.К.Д

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

## Примеры замены опор, находящихся в эксплуатации на их секционированные аналоги



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



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



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

## Конструкции порталных опор. Что необходимо учитывать при проектировании

- Наличие осевых нагрузок (сжатие и выдергивание при ветровых нагрузках в отличие от одностоечных опор)
- Подбор расстояния между стойками для отсутствия вырывающих нагрузок (формально, труба в пробуренном котловане на выдергивание не работает)
- Портальная опора – статически неопределимая конструкция. Расчет опоры необходимо вести в нелинейной постановке
- Необходимость обеспечить шарнирное опирание траверс для обеспечения правильной работы внутренних связей
- Из опыта эксплуатации: необходимо избегать концентрации напряжений в узле соединения тяги со стойкой (длинные тяги из арматурных стержней подвергаются вибрации и накоплению усталостных напряжений)
- Для обеспечения надежности необходима установка двойных связей (разрушение внутренней связи резко снижает надежность опоры в целом)
- При выборе талрепов – принимать во внимание, что цифра в маркировке – это предельная нагрузка на разрыв, допускаемая нагрузка (по аналогии с изоляторами по ПУЭ) должна быть в 2,5 раза меньше!
- «Правильные» талрепы не могут быть сварными

# Как должен выглядеть «правильный» талреп!!!

Правильно!



!!! Danger !!!



## Последствия установки дефектного талрепа



## 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

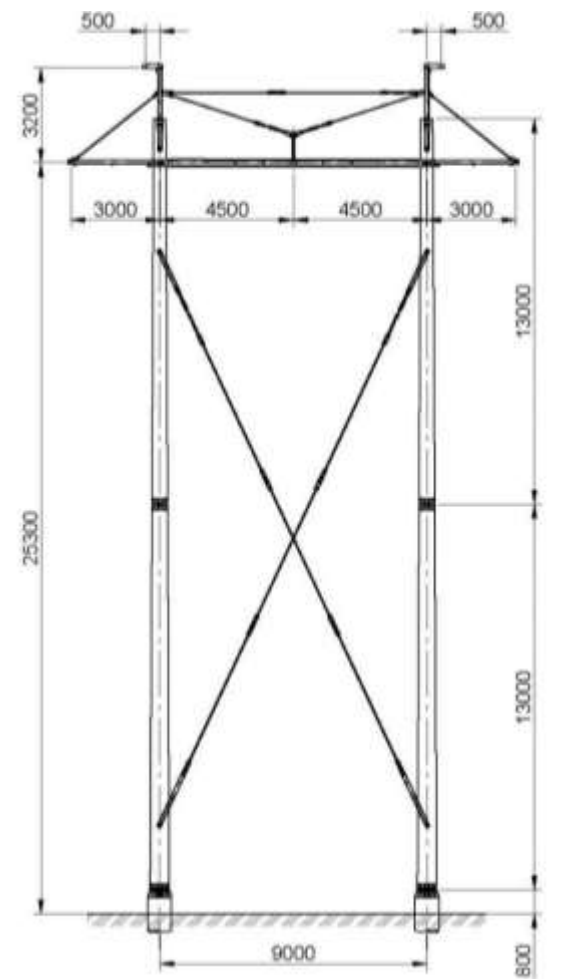


Схема опоры 2СПБ220-1В

## ВЛ 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.

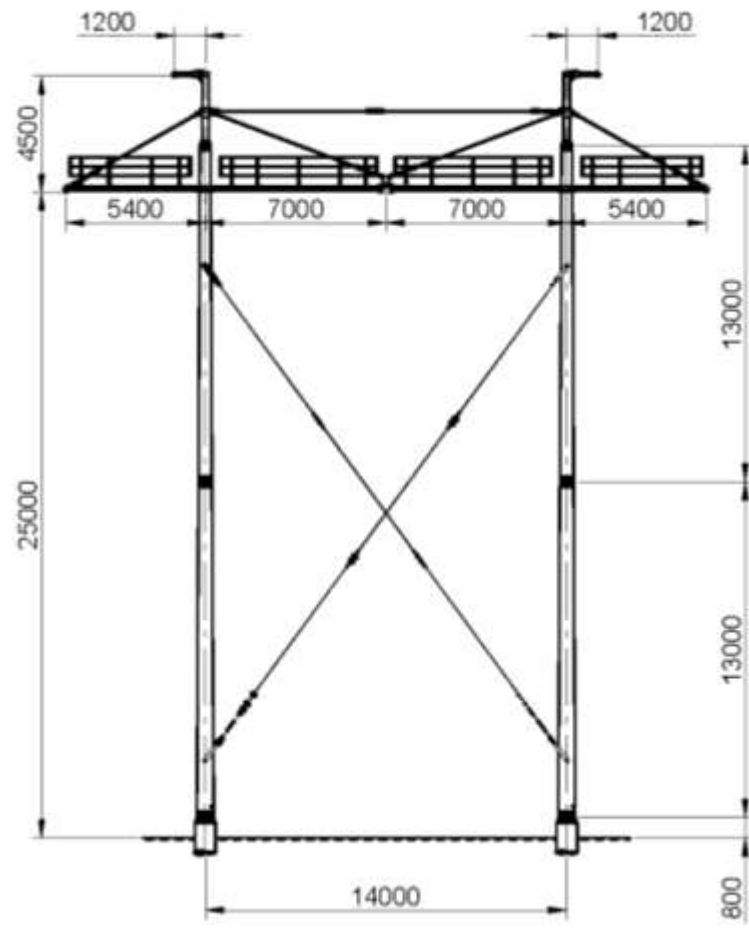


Схема порталной опоры **2СПБ500-3В**

# Портальная промежуточная опора для ВЛ 500кВ «Донская АЭС – Старый Оскол-2»

- Железобетонная портальная опора **2СПБ500-3В** для замены многогранных опор в анкерном пролёте.
- Стоимость железобетонной опоры в 1,5 раза меньше стоимости многогранной опоры 2МП500-3В
- Строители отметили простоту и скорость сборки опор, сравнимую с рядом стоящими многогранными опорами.



Испытания опоры 2СПБ500-3В  
на полигоне ОРГРЭС, май 2015



Подъем опоры 2СПБ500-3В  
«падающей стрелой», 2019

## Монтаж опоры 2СПБ500-3В



Монтаж  
металлоконструкций



Подъем опоры методом  
падающей стрелы

## ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 - Машук»

### Особенности:

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



**Новая опора  
2СПБ330-5ВФ**

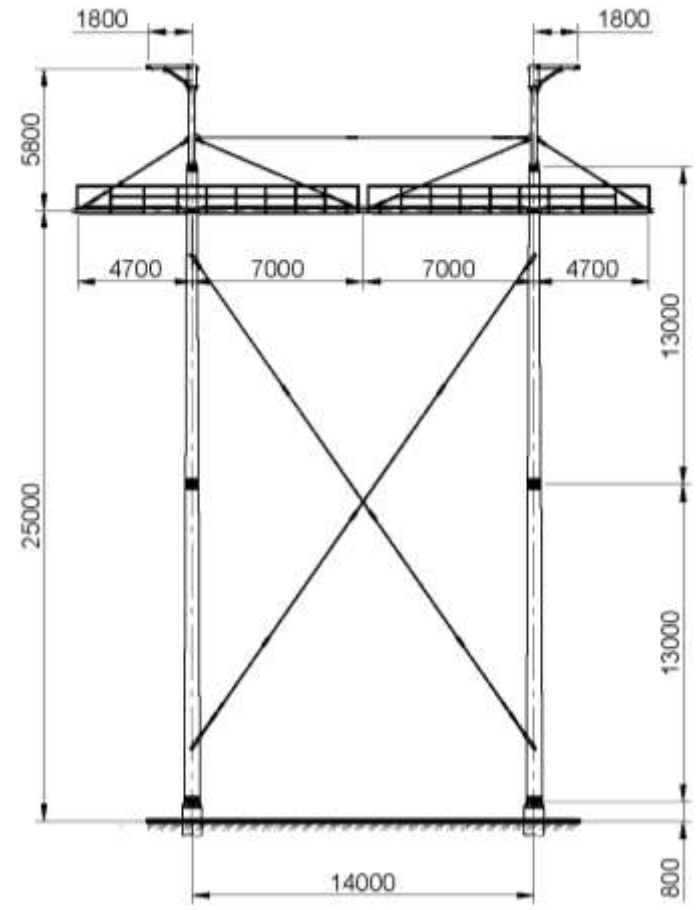


Схема железобетонной  
опоры **2СПБ330-5ВФ**

## ВЛ 330 кВ «ГЭС-2 - Машук»



Окраска опор в  
районе аэропорта

70 км

197 опор  
2СПБ330-  
5ВФ

2025 г.



Узел соединения  
стойки с  
фундаментом



# Перспективы развития железобетонных секционированных опор

- На сегодняшний момент наработана большая база опор нового поколения:
  - 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 80 опор ВЛ 35-500 кВ в рамках индивидуального проектирования.
- Разработана серия нормативных документов: от СТО Россети и Технических условий до Инструкций по сборке и монтажу
- Благодаря проверенным на практике решениям возможна **разработка оптимальной конструкции для конкретной ВЛ в кратчайшие сроки**
- Авторская поддержка позволяет оперативно решать вопросы, возникающие в процессе разработки проекта, строительства и эксплуатации
- Отлаженная технология производства на заводах ЭЖБИ – гарантия долговечности опор

# Электронный каталог железобетонных опор из секционированных центрифугированных стоек

<https://нилкэс.рф/каталог1>

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

## 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](#)



Скрыть (PDF):

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

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

\*Масса металлоконструкций в каталоге приведена с учетом массы лестниц.

\*Масса железобетонных изделий приведена без учета фундаментных секций.

## Промежуточные опоры 330 кВ

### 2СПБ330-3В



Ветер 2-3 (500-650 Па)  
Гололед 2-3 (15-20 мм)  
Провод АС300/39  
Трос ОКГТ-13,9/58 или  
11,0-Г(МЗ)-В-ОЖ-Н-  
Р-1770  
Стойка 2хСКК260.65  
(~14,6 т)

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Масса
1	Стойка	шт	2	29,2
2	Провод	км	1,0	1,0
3	Трос	км	1,0	1,0
4	Гололед	мм	1,0	1,0
5	Ветер	Па	1,0	1,0
6	Лестница	шт	1	1,0
7	Стойка	шт	2	29,2
8	Провод	км	1,0	1,0
9	Трос	км	1,0	1,0
10	Гололед	мм	1,0	1,0
11	Ветер	Па	1,0	1,0
12	Лестница	шт	1	1,0
13	Стойка	шт	2	29,2
14	Провод	км	1,0	1,0
15	Трос	км	1,0	1,0
16	Гололед	мм	1,0	1,0
17	Ветер	Па	1,0	1,0
18	Лестница	шт	1	1,0
19	Стойка	шт	2	29,2
20	Провод	км	1,0	1,0
21	Трос	км	1,0	1,0
22	Гололед	мм	1,0	1,0
23	Ветер	Па	1,0	1,0
24	Лестница	шт	1	1,0
25	Стойка	шт	2	29,2
26	Провод	км	1,0	1,0
27	Трос	км	1,0	1,0
28	Гололед	мм	1,0	1,0
29	Ветер	Па	1,0	1,0
30	Лестница	шт	1	1,0
31	Стойка	шт	2	29,2
32	Провод	км	1,0	1,0
33	Трос	км	1,0	1,0
34	Гололед	мм	1,0	1,0
35	Ветер	Па	1,0	1,0
36	Лестница	шт	1	1,0
37	Стойка	шт	2	29,2
38	Провод	км	1,0	1,0
39	Трос	км	1,0	1,0
40	Гололед	мм	1,0	1,0
41	Ветер	Па	1,0	1,0
42	Лестница	шт	1	1,0
43	Стойка	шт	2	29,2
44	Провод	км	1,0	1,0
45	Трос	км	1,0	1,0
46	Гололед	мм	1,0	1,0
47	Ветер	Па	1,0	1,0
48	Лестница	шт	1	1,0
49	Стойка	шт	2	29,2
50	Провод	км	1,0	1,0
51	Трос	км	1,0	1,0
52	Гололед	мм	1,0	1,0
53	Ветер	Па	1,0	1,0
54	Лестница	шт	1	1,0
55	Стойка	шт	2	29,2
56	Провод	км	1,0	1,0
57	Трос	км	1,0	1,0
58	Гололед	мм	1,0	1,0
59	Ветер	Па	1,0	1,0
60	Лестница	шт	1	1,0
61	Стойка	шт	2	29,2
62	Провод	км	1,0	1,0
63	Трос	км	1,0	1,0
64	Гололед	мм	1,0	1,0
65	Ветер	Па	1,0	1,0
66	Лестница	шт	1	1,0
67	Стойка	шт	2	29,2
68	Провод	км	1,0	1,0
69	Трос	км	1,0	1,0
70	Гололед	мм	1,0	1,0
71	Ветер	Па	1,0	1,0
72	Лестница	шт	1	1,0
73	Стойка	шт	2	29,2
74	Провод	км	1,0	1,0
75	Трос	км	1,0	1,0
76	Гололед	мм	1,0	1,0
77	Ветер	Па	1,0	1,0
78	Лестница	шт	1	1,0
79	Стойка	шт	2	29,2
80	Провод	км	1,0	1,0
81	Трос	км	1,0	1,0
82	Гололед	мм	1,0	1,0
83	Ветер	Па	1,0	1,0
84	Лестница	шт	1	1,0
85	Стойка	шт	2	29,2
86	Провод	км	1,0	1,0
87	Трос	км	1,0	1,0
88	Гололед	мм	1,0	1,0
89	Ветер	Па	1,0	1,0
90	Лестница	шт	1	1,0
91	Стойка	шт	2	29,2
92	Провод	км	1,0	1,0
93	Трос	км	1,0	1,0
94	Гололед	мм	1,0	1,0
95	Ветер	Па	1,0	1,0
96	Лестница	шт	1	1,0
97	Стойка	шт	2	29,2
98	Провод	км	1,0	1,0
99	Трос	км	1,0	1,0
100	Гололед	мм	1,0	1,0

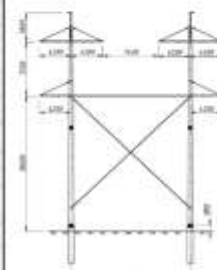
### 2СПБ330-5ВФ



Ветер 4 (800 Па)  
Гололед 6-8 (35-45 мм)  
Провод 2хАТЭН/С300/67  
Трос ГТК20-0/90-  
12,3мм-53кА2с-111кВ  
Стойка 2хСКК260.65-14  
(14,55 т)  
Масса металла 4981 кг

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Масса
1	Стойка	шт	2	29,1
2	Провод	км	1,0	1,0
3	Трос	км	1,0	1,0
4	Гололед	мм	1,0	1,0
5	Ветер	Па	1,0	1,0
6	Лестница	шт	1	1,0
7	Стойка	шт	2	29,1
8	Провод	км	1,0	1,0
9	Трос	км	1,0	1,0
10	Гололед	мм	1,0	1,0
11	Ветер	Па	1,0	1,0
12	Лестница	шт	1	1,0
13	Стойка	шт	2	29,1
14	Провод	км	1,0	1,0
15	Трос	км	1,0	1,0
16	Гололед	мм	1,0	1,0
17	Ветер	Па	1,0	1,0
18	Лестница	шт	1	1,0
19	Стойка	шт	2	29,1
20	Провод	км	1,0	1,0
21	Трос	км	1,0	1,0
22	Гололед	мм	1,0	1,0
23	Ветер	Па	1,0	1,0
24	Лестница	шт	1	1,0
25	Стойка	шт	2	29,1
26	Провод	км	1,0	1,0
27	Трос	км	1,0	1,0
28	Гололед	мм	1,0	1,0
29	Ветер	Па	1,0	1,0
30	Лестница	шт	1	1,0
31	Стойка	шт	2	29,1
32	Провод	км	1,0	1,0
33	Трос	км	1,0	1,0
34	Гололед	мм	1,0	1,0
35	Ветер	Па	1,0	1,0
36	Лестница	шт	1	1,0
37	Стойка	шт	2	29,1
38	Провод	км	1,0	1,0
39	Трос	км	1,0	1,0
40	Гололед	мм	1,0	1,0
41	Ветер	Па	1,0	1,0
42	Лестница	шт	1	1,0
43	Стойка	шт	2	29,1
44	Провод	км	1,0	1,0
45	Трос	км	1,0	1,0
46	Гололед	мм	1,0	1,0
47	Ветер	Па	1,0	1,0
48	Лестница	шт	1	1,0
49	Стойка	шт	2	29,1
50	Провод	км	1,0	1,0
51	Трос	км	1,0	1,0
52	Гололед	мм	1,0	1,0
53	Ветер	Па	1,0	1,0
54	Лестница	шт	1	1,0
55	Стойка	шт	2	29,1
56	Провод	км	1,0	1,0
57	Трос	км	1,0	1,0
58	Гололед	мм	1,0	1,0
59	Ветер	Па	1,0	1,0
60	Лестница	шт	1	1,0
61	Стойка	шт	2	29,1
62	Провод	км	1,0	1,0
63	Трос	км	1,0	1,0
64	Гололед	мм	1,0	1,0
65	Ветер	Па	1,0	1,0
66	Лестница	шт	1	1,0
67	Стойка	шт	2	29,1
68	Провод	км	1,0	1,0
69	Трос	км	1,0	1,0
70	Гололед	мм	1,0	1,0
71	Ветер	Па	1,0	1,0
72	Лестница	шт	1	1,0
73	Стойка	шт	2	29,1
74	Провод	км	1,0	1,0
75	Трос	км	1,0	1,0
76	Гололед	мм	1,0	1,0
77	Ветер	Па	1,0	1,0
78	Лестница	шт	1	1,0
79	Стойка	шт	2	29,1
80	Провод	км	1,0	1,0
81	Трос	км	1,0	1,0
82	Гололед	мм	1,0	1,0
83	Ветер	Па	1,0	1,0
84	Лестница	шт	1	1,0
85	Стойка	шт	2	29,1
86	Провод	км	1,0	1,0
87	Трос	км	1,0	1,0
88	Гололед	мм	1,0	1,0
89	Ветер	Па	1,0	1,0
90	Лестница	шт	1	1,0
91	Стойка	шт	2	29,1
92	Провод	км	1,0	1,0
93	Трос	км	1,0	1,0
94	Гололед	мм	1,0	1,0
95	Ветер	Па	1,0	1,0
96	Лестница	шт	1	1,0
97	Стойка	шт	2	29,1
98	Провод	км	1,0	1,0
99	Трос	км	1,0	1,0
100	Гололед	мм	1,0	1,0

### 2СПБ330-2ВФ



Ветер 2 (500 Па)  
Гололед 2 (15 мм)  
Провод АС400/51  
Трос 11,0-МЗ-8-ОЖ-Н-Р  
Стойка 2хСКК260.65-7  
(14,96 т)  
Масса металла ~ 4000 кг

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Масса
1	Стойка	шт	2	29,9
2	Провод	км	1,0	1,0
3	Трос	км	1,0	1,0
4				

# КОНТАКТЫ

Группа в ВКонтакте



<https://nilkes.ru>

191036, Санкт-Петербург,  
ул. Таврическая, д. 17, офис 501

[+7 \(812\) 309 39 61](tel:+7(812)3093961)

[info@nilkes.ru](mailto:info@nilkes.ru)

Мы на Дзене

<https://dzen.ru/nilkes>

