



Применение новых конструкций опор ВЛ из атмосферостойкой стали

**XI Международная научно-практическая
конференция «Опоры и фундаменты для ВЛ:
технологии проектирования и строительства»**

ООО «НК «РОСНЕФТЬ» – НТЦ»

ООО «Энергожелезобетонинвест»

Санкт-Петербург, 26-28 июня 2024

Поверенный Юрий

Цели и задачи

Цель:

Сокращение затрат на проектирование, строительство и эксплуатацию ВЛ 110 кВ за счет создания серии новых конструкций решетчатых опор с оптимизированной геометрией

Задачи:

- Поиск и анализ оптимальных технических решений по конструкциям промежуточной и анкерно-угловой опор с учётом возможных вариантов их закреплений

- Технико-экономическое сравнение вариантов строительства ВЛ с использованием опор существующей и предлагаемой конструкций с учётом стоимости затрат на фундаменты

- Обоснование и выбор варианта промежуточной и анкерно-угловой опоры для разработки конструкторской документации

- Сокращение стоимости опор за счет применения атмосферостойких сталей

Критерии выбора оптимальных конструкций

Минимизация затрат на опоры и фундаменты на 1 км трассы ВЛ 110 кВ на всех этапах существования конструкций:

- разработки проекта ВЛ
- изготовления конструкций
- транспортировки опор и фундаментов
- монтажа опор и фундаментов
- эксплуатации

Конструкции опор должны:

- быть рассчитаны на условия работы объектов ООО «РН-Уватнефтегаз»
- быть выполнены для оптимального класса прочности стали
- предусматривать возможность горячей оцинковки или использования атмосферостойкой стали
- быть минимизированы по массе
- обеспечивать минимальные нагрузки на фундамент
- предусматривать возможность изготовления префабрикованных секций в заводских условиях
- обеспечивать оптимальную загрузку транспорта при перевозке готовых секций



Исходные данные для разработки опор

- ▶ Район по ветру III ($W_0 = 650$ Па, $V_0 = 32$ м/с)
- ▶ Район по гололеду III ($b_э = 20$ мм)
- ▶ Расчётная температура (минимальная): минус 53°C
- ▶ Грозозащитный трос типа 9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р
- ▶ Сталеалюминевые провода: АС 120/19, АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32, АСку 120/19, АСПк 120/19, АСку 185/24, АСПк 185/29
- ▶ ОКСН типа ДПТ-032Е06-06-20,0/0,4-Х

Оптимизационные расчеты выполняются для условий, чаще всего встречающихся на объектах

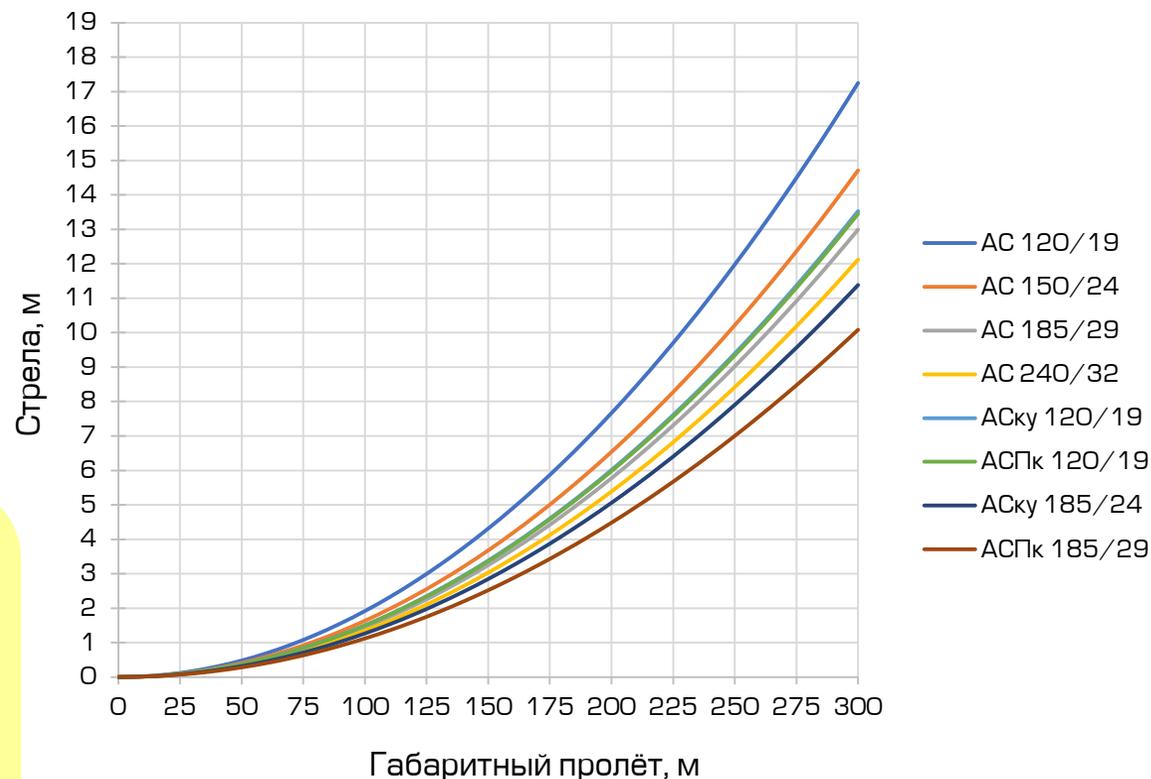
ООО «РН-Уватнефтегаз»:

для районов III/III, при подвеске провода АС 120/19

Для районов II/II указывается область применения

(расчётные пролёты, допускаемые тяжения проводов и троса)

Район по ветру/гололеду – III/III



Графики зависимости стрелы провеса от габаритного пролёта

Исходные данные о доступности и стоимости металлопроката из стали С345, 09Г2С, С390 и 14ХГНДЦ

Производители стали	09Г2С и С345	С390	14ХГНДЦ
Евраз ЗСМК			
Евраз НТМК (уголок 140 и больше)			
Северсталь			
ММК			
БалМЗ			
<i>Примечание</i>	Выпускается	Под заказ	Не выпускается



При изготовлении опор из стали класса прочности 345, появляется возможность экономического выбора способа защиты опор от коррозии при их изготовлении:

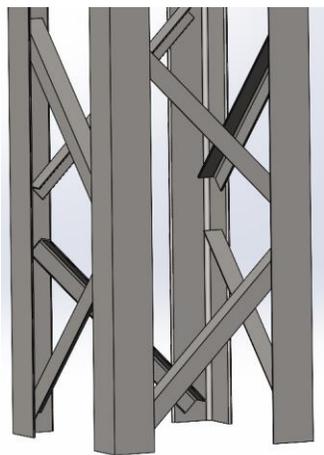
- из стали **С345** или **09Г2С** с горячим цинкованием
- из атмосферостойкой стали (**14ХГНДЦ**) без нанесения дополнительных покрытий

Стоимость проката из стали С390 на 2–8% выше, а доступность ниже, чем из стали класса прочности 345

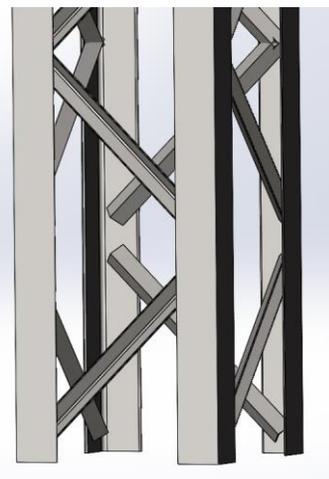
Наименование параметра	Обычная сталь	Атмосферостойкая сталь
Цена металла	–	+25%
Изготовление опоры	Одинаково	
Оцинкование	+37%	–
Транспортировка к месту монтажа	Одинаково	
Монтаж	Одинаково	
ИТОГО	Экономия 12%	

Анализ сварных соединений, подлежащих оцинковке

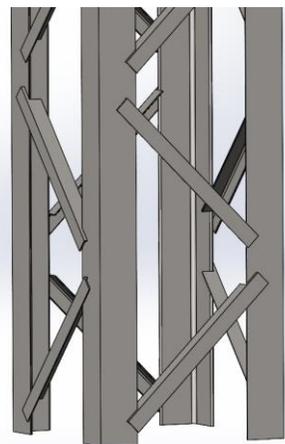
Варианты приварки раскосов к поясам



«Полкой» (внахлест)
Нельзя цинковать



«Домиком»
Максимальная материалоемкость



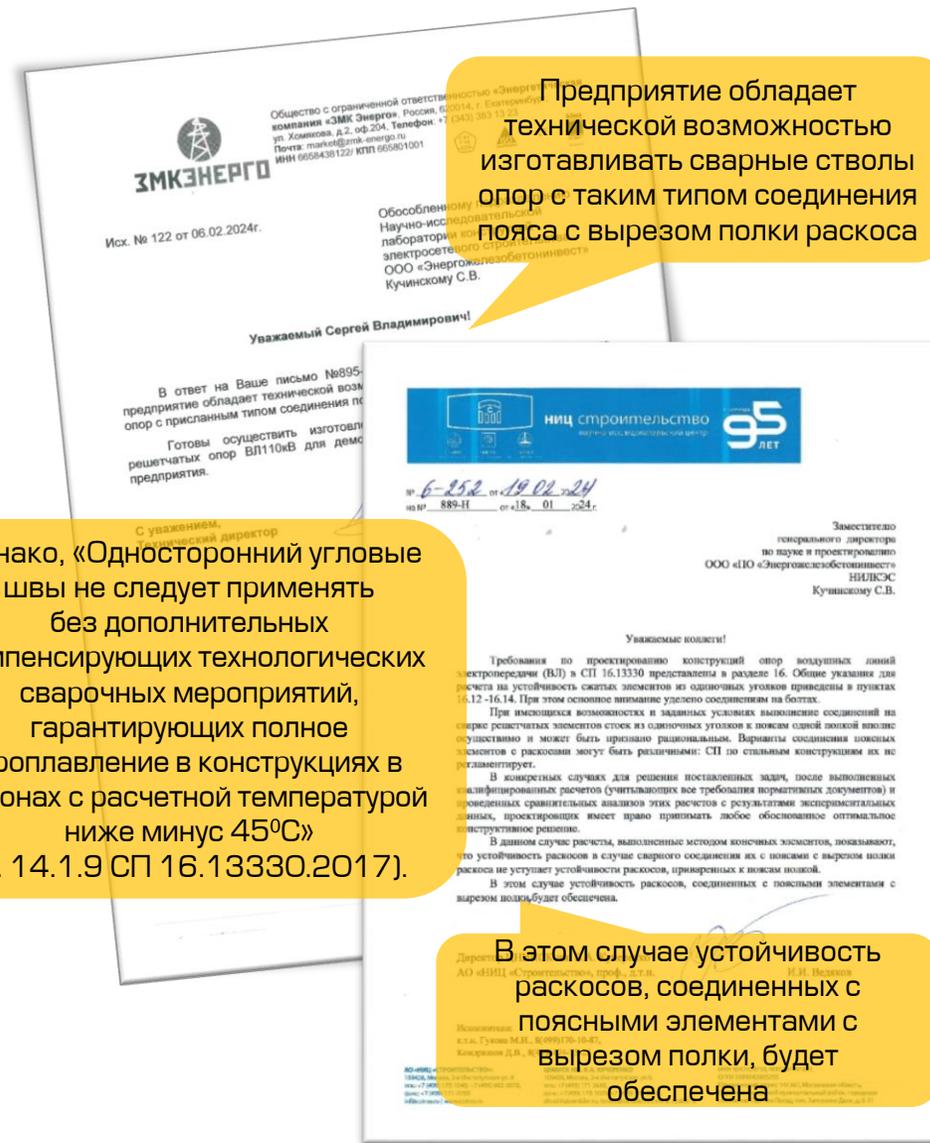
«В разрез»
Минимальная материалоемкость

Схема приварки	Коэффициент устойчивости при схеме сварки		
	Полкой	Домиком	В разрез
45×4 L=600 P=5 т	3,644	2,970	5,285
56×5 L=1400 P=5,8 т	2,488	1,984	2,443
56×5 L=600 P=5 т	7,337	4,004	10,013

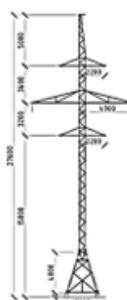
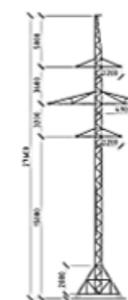
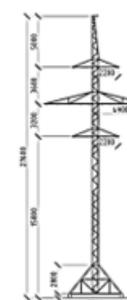
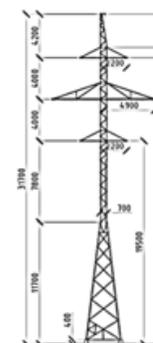
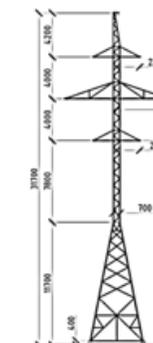
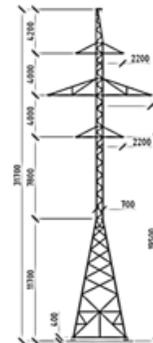
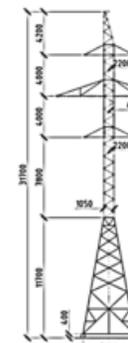
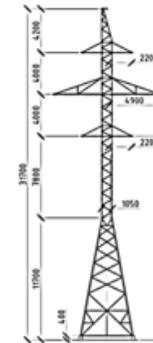
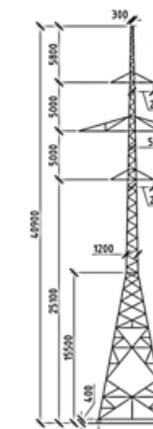
Однако, «Односторонний угловые швы не следует применять без дополнительных компенсирующих технологических сварочных мероприятий, гарантирующих полное проплавление в конструкциях в районах с расчетной температурой ниже минус 45°С» (п. 14.1.9 СП 16.13330.2017).

Предприятие обладает технической возможностью изготавливать сварные стволы опор с таким типом соединения пояса с вырезом полки раскоса

В этом случае устойчивость раскосов, соединенных с поясными элементами с вырезом полки, будет обеспечена



Обзорный лист промежуточных опор на свайных фундаментах

Марка	1) П110-2-15,8-Б3-СС-0,7×0,7-С345	2) П110-2-15,8-Б4-СС-0,7×0,7-С345	3) П110-2-15,8-Б5-СС-0,7×0,7-С345	4) П110-2-19,5-Б3,3-СС-0,7×0,7-С345	5) П110-2-19,5-Б5-СС-0,7×0,7-С345
Схема опоры					
Масса, т	2,65	2,90	3,05	3,15	3,42
L габ/ветр/вес, м	205 / 205 / 256		250 / 250 / 312		
Нсж / Нв, т	17,6 / 15,4	13,8 / 11,2	11,3 / 8,6	21,7 / 19,5	15,5 / 13,0
Qx / Qy, т	0,7 / 1,0	0,9 / 1,1	0,9 / 1,2	0,8 / 1,1	1,0 / 1,3
Марка	6) П110-2-19,5-Б5-СБ-0,7×0,7-С390	7) П110-2-19,5-Б5-СБ-0,7×1,05-С345	8) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345	9) П110-2-19,5-Б3,8-СБ-С345	10) П110-2-25-Б6,8-СБ-С345
Схема опоры					
Масса, т	3,28	3,42	3,4	3,42	5,0
L габ/ветр/вес, м	250 / 250 / 312		300 / 300 / 375		
Нсж / Нв, т	16,0 / 12,9	16,6 / 13,3	16,0 / 12,9	18,5 / 15,2	20,2 / 14,8
Qx / Qy, т	1,0 / 1,3	1,0 / 1,3	1,0 / 1,3	1,08 / 1,14	1,3 / 1,6

10 опор на свайных фундаментах

• Маркировка опор

5) П110-2-19,5-Б5-СБ-0,7×0,7-С345

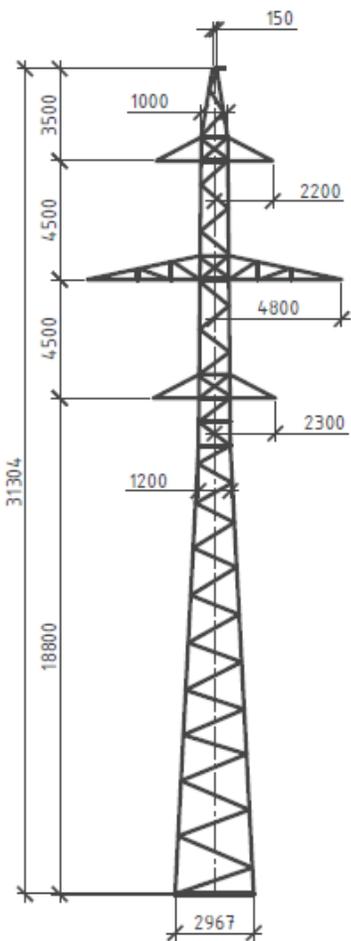
5) – условный номер опоры
П110 – промежуточная на 110 кВ;

2 – двухцепная,
19,5 – высота подвески нижнего провода в м,
Б5 – база опоры (расстояние между осями фундаментов) в м,
СБ – верхняя секция в сварном варианте (**СБ** – сборная болтовая),
0,7×0,7 – размеры ствола в верхней части опоры в м,
С345 – сталь класса прочности 345.

- **Масса опоры**
- **Расчетные пролеты**
- **Нагрузки на фундаменты**

Опоры со сварным вариантом верхней части, высота подвески 15,8 м

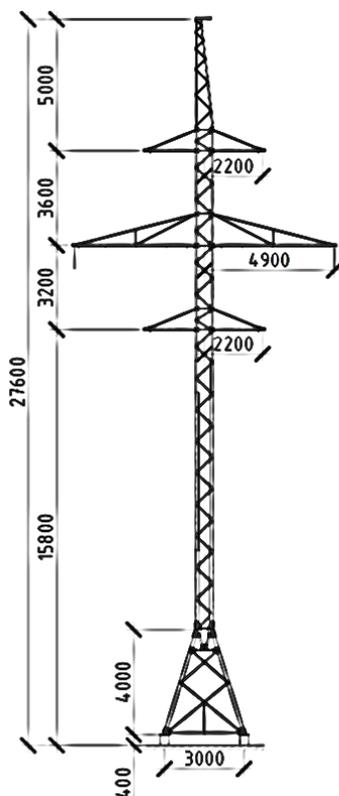
**Типовая усиленная
1П110-6У-3,2**



Масса 3,67 т

1) П110-2-15,8-Б3-СС-0.7x0.7-С345

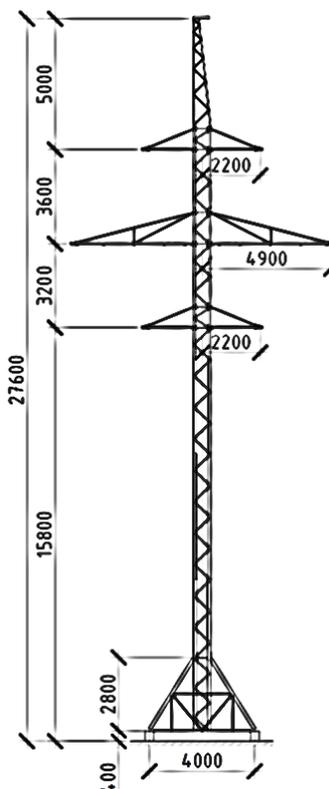
**База – 3 м
Нагрузки на фундаменты, т
Nсж/Nвыр – 17,6/15,4
Qx/Qy – 0,7/1,0**



Масса 2,65 т

2) П110-2-15,8-Б4-СС-0.7x0.7-С345

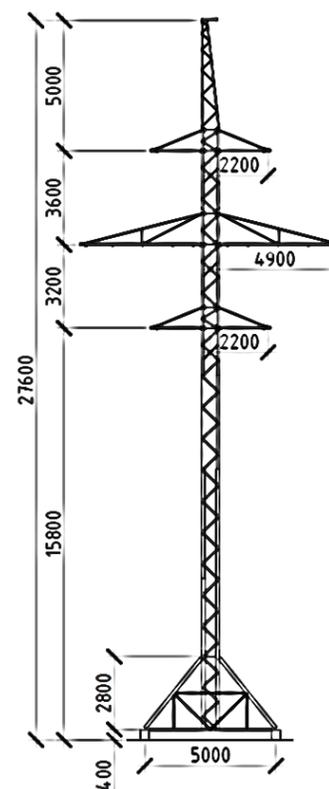
**База – 4 м
Нагрузки на фундаменты, т
Nсж/Nвыр – 13,8/11,2
Qx/Qy – 0,9/1,1**



Масса 2,90 т

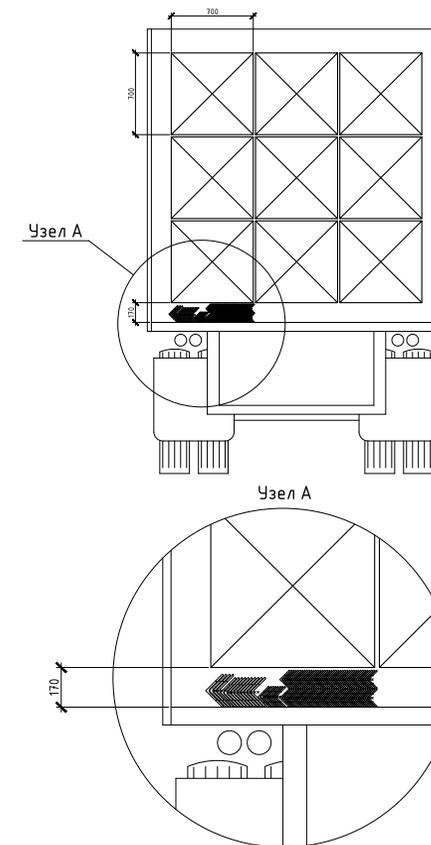
3) П110-2-15,8-Б5-СС-0.7x0.7-С345

**База – 5 м
Нагрузки на фундаменты, т
Nсж/Nвыр – 11,3/8,6
Qx/Qy – 0,9/1,2**



Масса 3,05 т

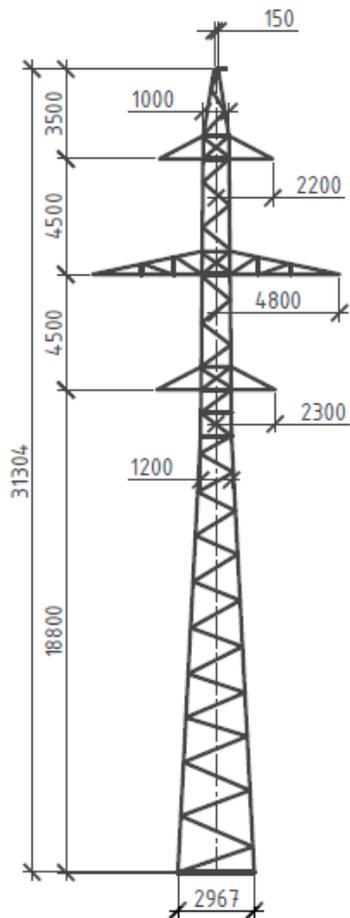
**Увеличение базы
опоры – уменьшение
нагрузки
на фундаменты**



**Схема погрузки ствол
0,7x0,7 м
Загрузка ~ 13,5 т**

Опоры со сварным вариантом верхней части, высота подвески 19,5 м

Типовая усиленная
1П110-6У-3,2



Масса 3,67 т

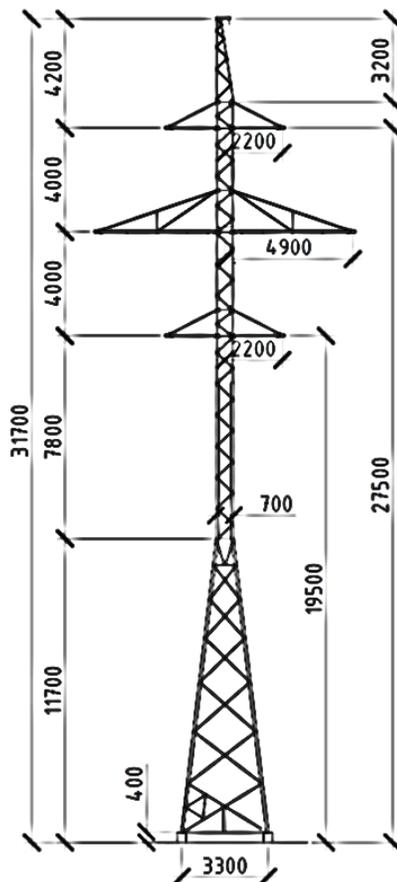
4) П110-2-19,5-Б3.3-СС-0.7х0.7-С345

База – 3,3 м

Нагрузки на фундаменты, т

Нсж/Нвыр – 17,6/15,4

Qx/Qu – 0,7/1,0



Масса 3,15 т

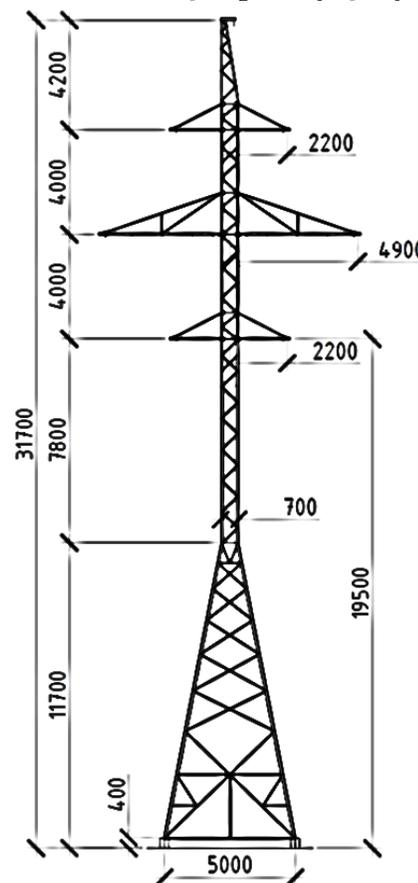
5) П110-2-19,5-Б5-СС-0.7х0.7-С345

База – 5,0 м

Нагрузки на фундаменты, т

Нсж/Нвыр – 15,5/13,0

Qx/Qu – 1,0/1,3

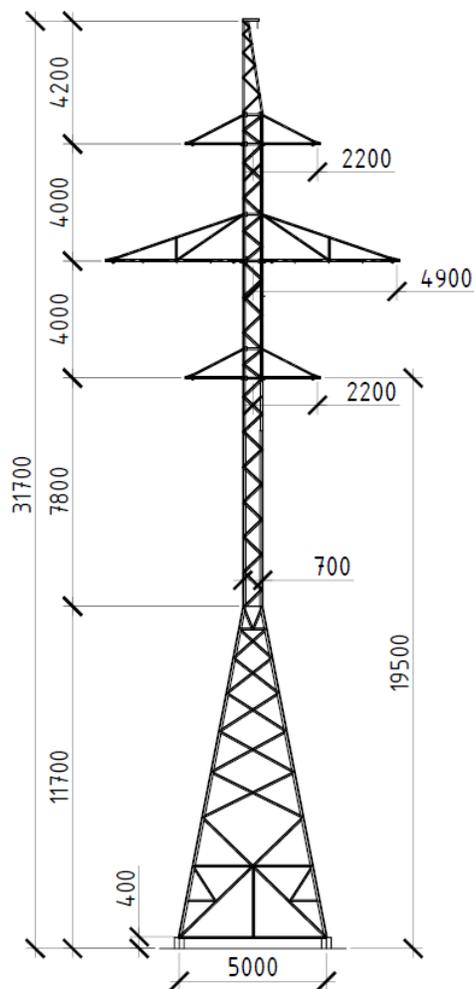


Масса 3,42 т

При увеличении **базы** опоры с **3,3 до 5 м**, **масса** опоры возрастает на **7,9%**, **нагрузки** на фундаменты сокращаются на **28,6%**.

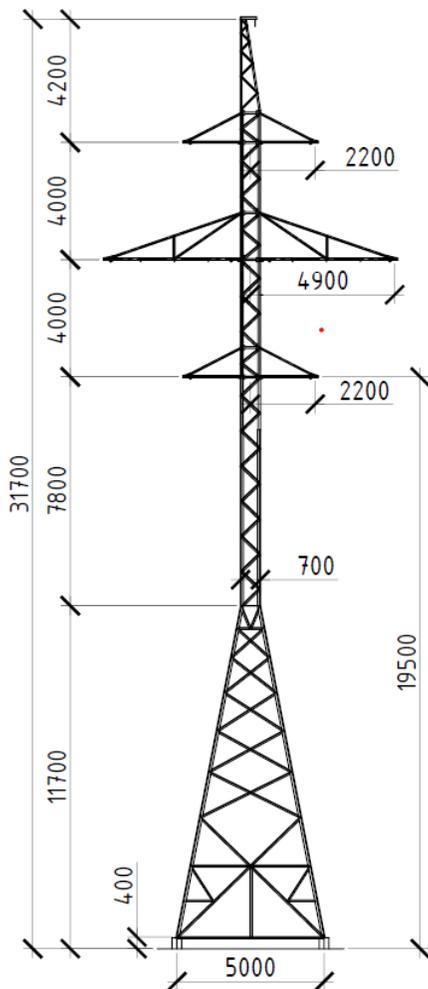
Сравнение металлоемкости опор, выполненных из сталей С345 и С390

5) П110-2-19,5-Б5-СС-
0.7x0.7-С345



Масса 3,42 т

6) П110-2-19,5-Б5-СС-
0.7x0.7-С390



Масса 3,28 т

Прочности сталей С345 и С390 отличаются на 11%,
однако, эскизное проектирование опор показало,
что **разница в массе опор**, изготовленных по
одинаковым геометрическим схемам, но из разных марок
сталей

(С345 и С390) отличаются **не более чем на 4%**.

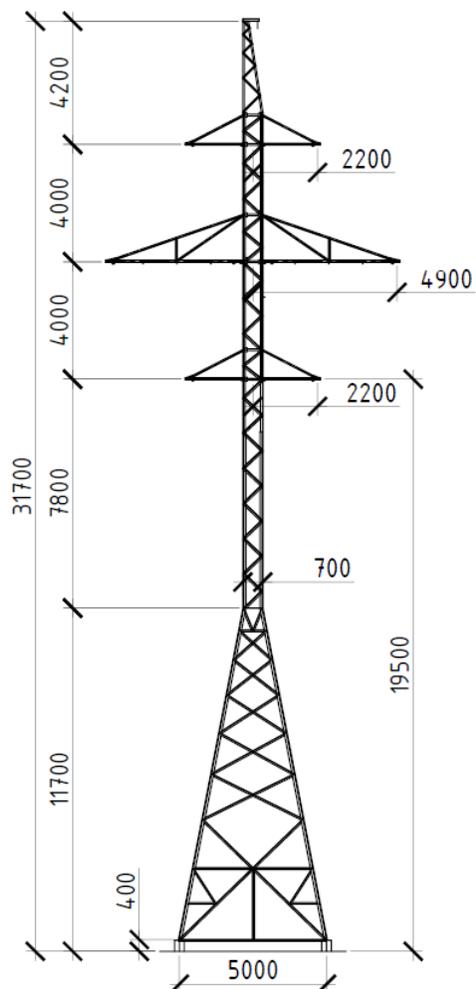
Применение стали класса прочности 390 не целесообразно
как с точки зрения получаемого экономического результата, так
и по причине труднодоступности проката (наличие углового
проката из стали С390 только у одного производителя)

Применение стали класса прочности 345 целесообразно,
т.к. позволит выбирать систему защиты от коррозии:

- цинкование конструкций или
- применение атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ

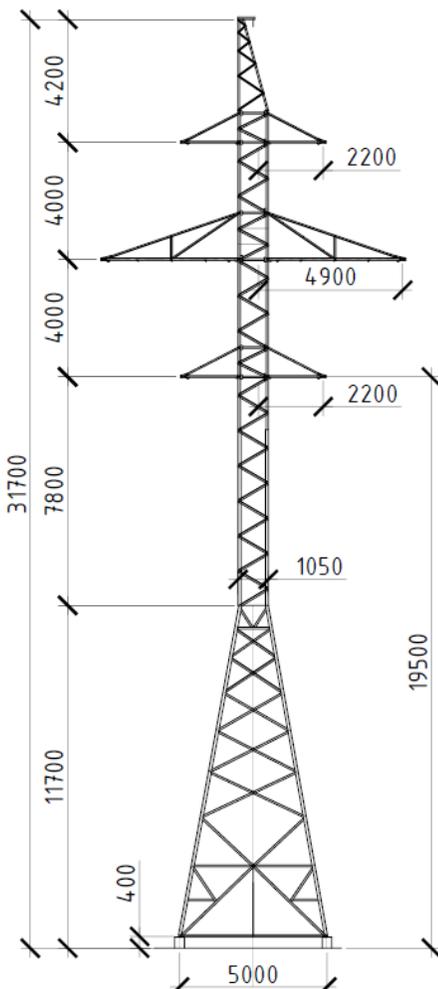
Анализ массы опоры при использовании прямоугольного сечения ствола

5) П110-2-19,5-Б5-СС-
0.7x0.7-С345



Масса 3,42 т

7) П110-2-19,5-Б5-СС-
0.7x1.05-С345



Масса 3,42 т

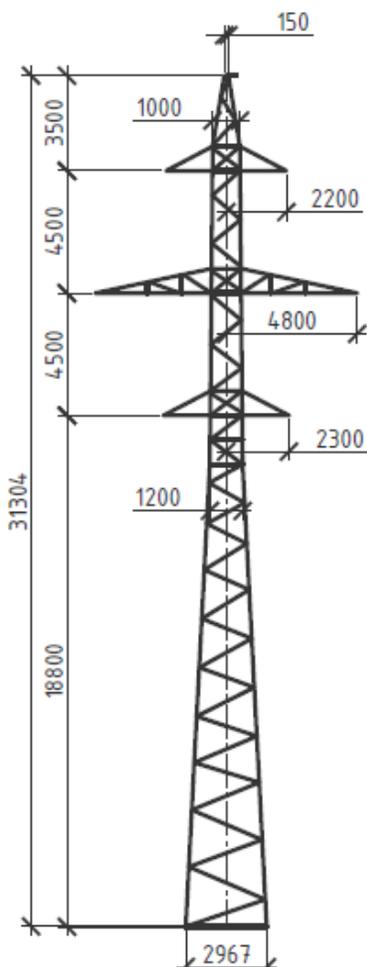
Для использования факта, что нагрузки на опору вдоль и поперек ВЛ существенно отличаются рассмотрен вариант **прямоугольного сечения 0.7x1.05** с большей стороной, расположенной поперек ВЛ (вдоль оси траверс).

Сокращение сортамента поясов не привело к сокращению массы опоры из-за необходимости увеличения длины раскосов в широких гранях опоры.

Масса опоры осталась прежней

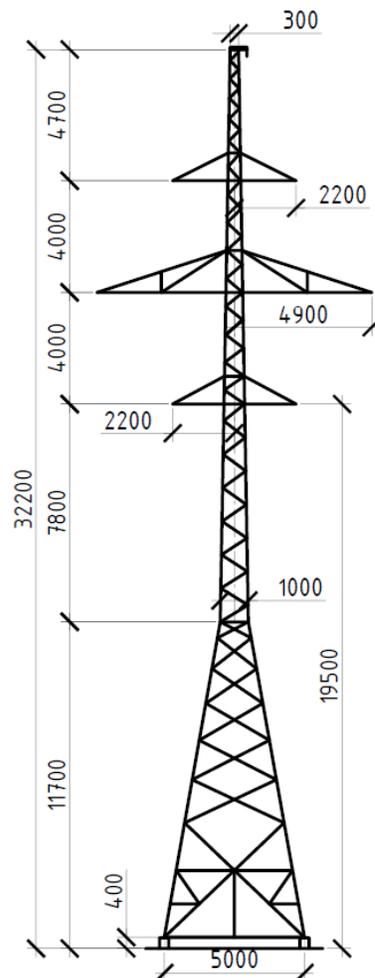
Опоры с болтовым вариантом всех элементов, высота подвески 19,5 м

**Типовая усиленная
1П110-6У-3,2**



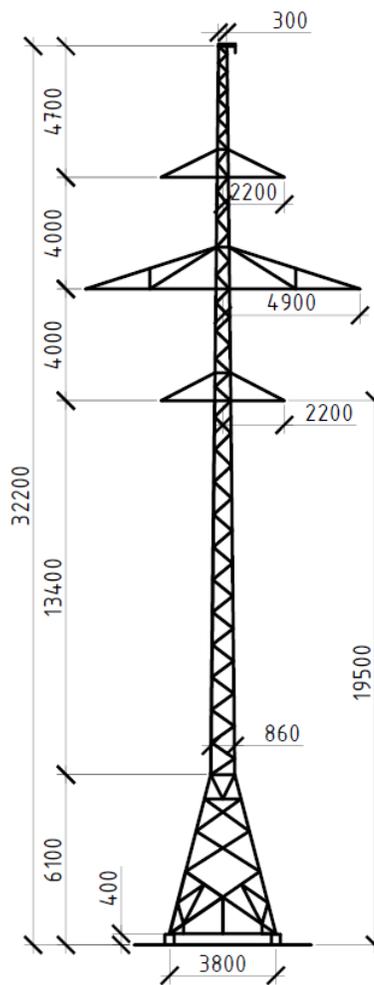
Масса 3,67 т

8) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345



Масса 3,40 т

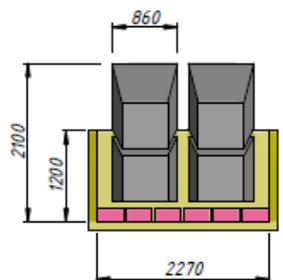
9) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345



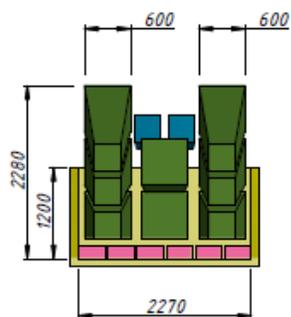
Масса 3,42 т

1. Уменьшение высоты нижней секции с 11,7 до 6,1 м позволило увеличить длину предварительно собираемых секций опоры 9) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345 **до 80% от высоты опоры**
2. Возможность **сборки секций** ствола опоры **на заводе**
3. Использование шпренгельных элементов сократило их расчетную длину, увеличило устойчивость и **уменьшило** их сечение (**массу**) относительно типовых опор
4. Масса опоры 9) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345 **меньше типовых: 1П110-6У-3,2 - на 7%, 1П110-6У - на 20%**

Схема погрузки сборных секций и отдельных элементов на примере опоры 9) П1 10-2-19,5-Б3.8-СБ-С345

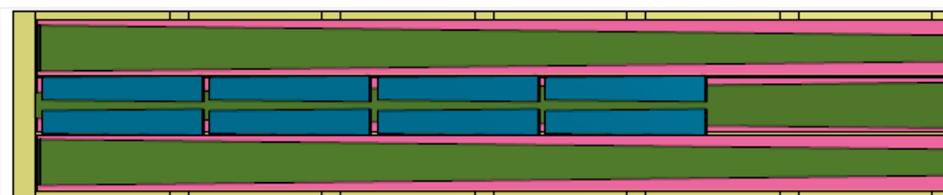
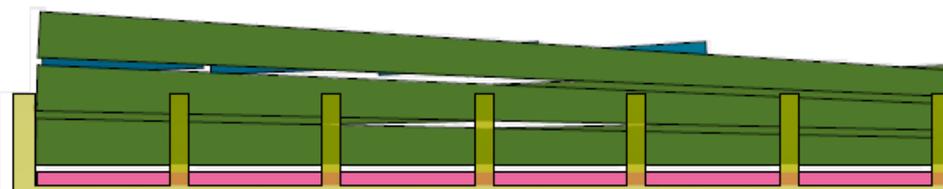
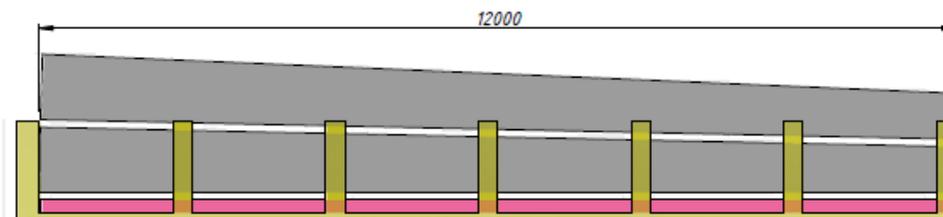


4 нижних секции для опоры №9 (2 машины)



8 верхних секций, 8 тросостоек для опоры №9

Итого: $8 \cdot 3,5 / 3 = 9,33$ т на машину + до 10 тонн в нижней укладке



При перевозке собранных секций

На 3 машины можно загрузить 8 опор:

2 машины – по 4 нижние секции

1 машина – 8 верхних секций
и 8 тросостоек

Масса одной опоры – 3,5 т

Масса 8-ми опор $8 \times 3,5 = 28$ т

Перевозка на трех машинах

Загрузка автомобиля – 9,33 т

Существует возможность дозагрузки опор в нижней укладке в пакетах (до 10 т)

При перевозке опоры в пакетах

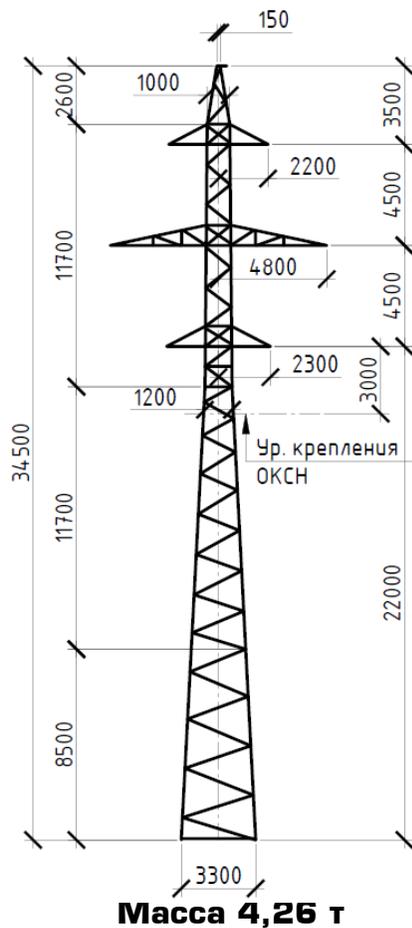
Грузоподъемность машины 20 т может быть

использована полностью

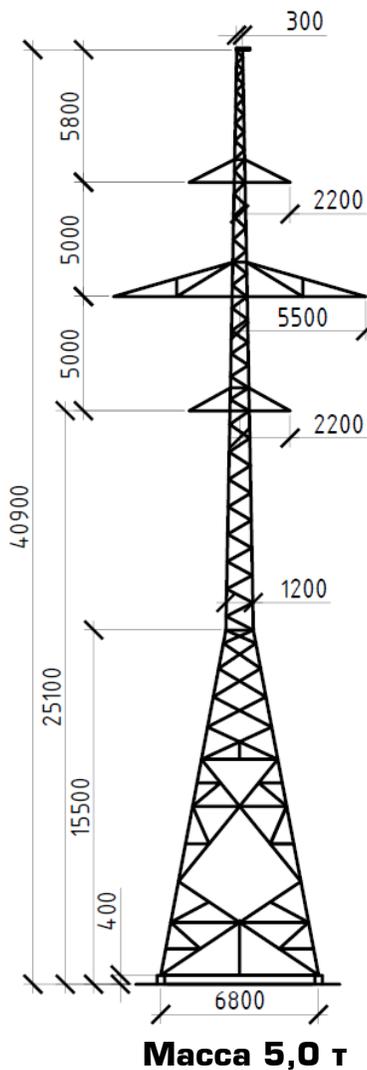
не менее 5 опор (3,5 т) на 1 машину

Анализ оптимального расстояния между опорами, опора с габаритным пролетом 300 м

**Типовая усиленная
1П110-6У**



10) П110-2-25-Б6.8-СБ-С345



Нецелесообразно поднимать высоту опор для увеличения пролетов

Масса конструкции увеличивается нелинейно относительно длины пролета, а нагрузки на фундаменты (их масса и стоимость) возрастают существенно.

Неоправданно увеличивается стоимость опор на 1 км ВЛ

Для сборки опоры потребуется площадка длиной 41 м

Анализ совместной работы опоры и фундамента

Конструктивные особенности фундаментов зависят от совместной работы опоры и фундамента. Пояса опор не рассчитаны на совместное воздействие изгибающего момента и продольных сил.

Существует 2 варианта расчета фундаментов в зависимости от воздействия **изгибающего момента, возникающего от горизонтального смещения свай:**

- ▶ передаётся на элементы опоры – требуется **ограничение углов поворота свай в грунте** (предельный угол поворота сваи 0,006 рад (п. 2.4 типового проекта Серии 3.407.9–146))
- ▶ не передаётся на элементы опоры – ограничения на горизонтальные перемещения свай не требуются (необходимо организовать **специальный шарнир** для опирания поясов решетчатых опор на свайный фундамент, т.е. закрепить башмак опоры от поворота в плоскостях граней опоры)

Расчёты:

- **новых опор** выполнялись с учетом наличия шарнирного узла в месте опирания опоры на фундамент (**односвайные** фундаменты во всех типах грунтовых условий).
- **типовых опор** выполнялись дважды:
 - ▶ при отсутствии ограничений на горизонтальные перемещения свай (угол отклонения свай не соответствует требованиям типового проекта)
 - ▶ при наличии ограничений на горизонтальные перемещения свай (**вдвое увеличивается количество свай** в фундаменте)



Конструктивные решения узла соединения сваи с опорой

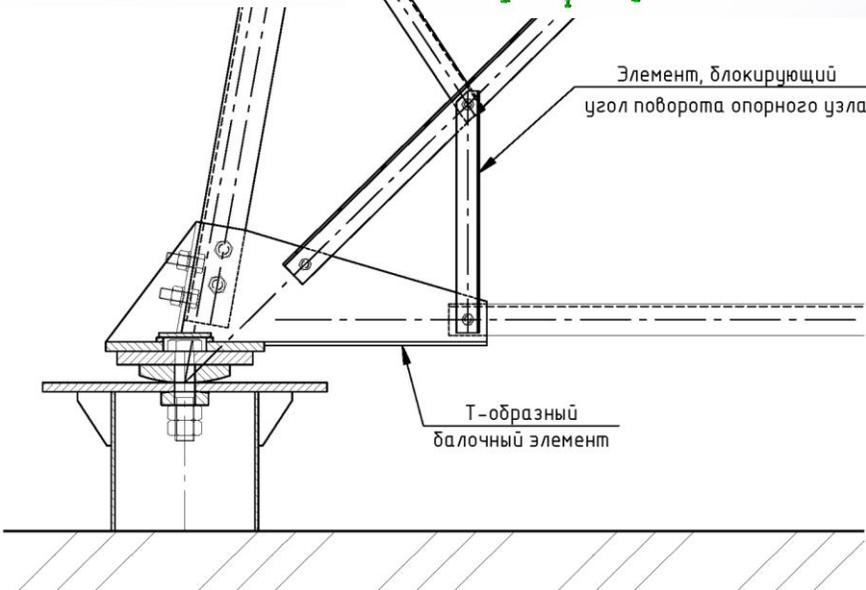
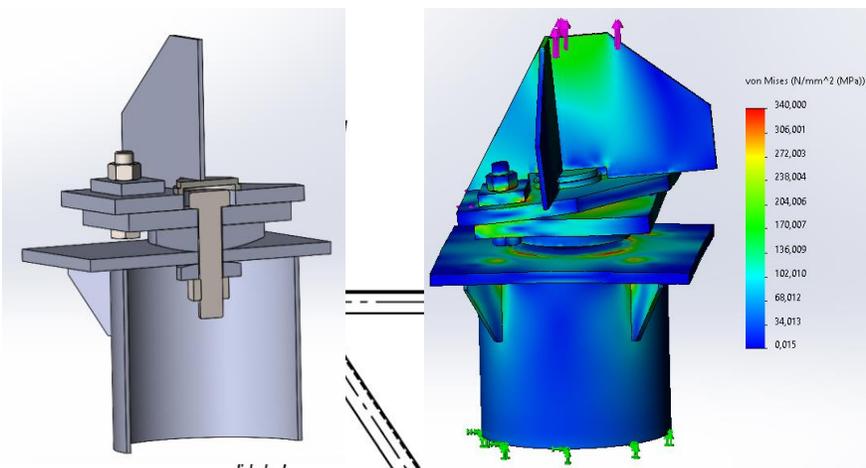


Схема закрепления опоры при соблюдении точности забивки сваи в плане

Шарнирное закрепление:

- ▶ исключит возможность работы элементов ферм на изгиб
- ▶ позволит избежать передачи дополнительных усилий от неизбежного отклонения свай в слабых грунтах
- ▶ исключит требования по ограничению углов поворота свай в грунте (горизонтальному отклонению верха сваи)
- ▶ сократит затраты на фундаменты и в целом на строительство ВЛ

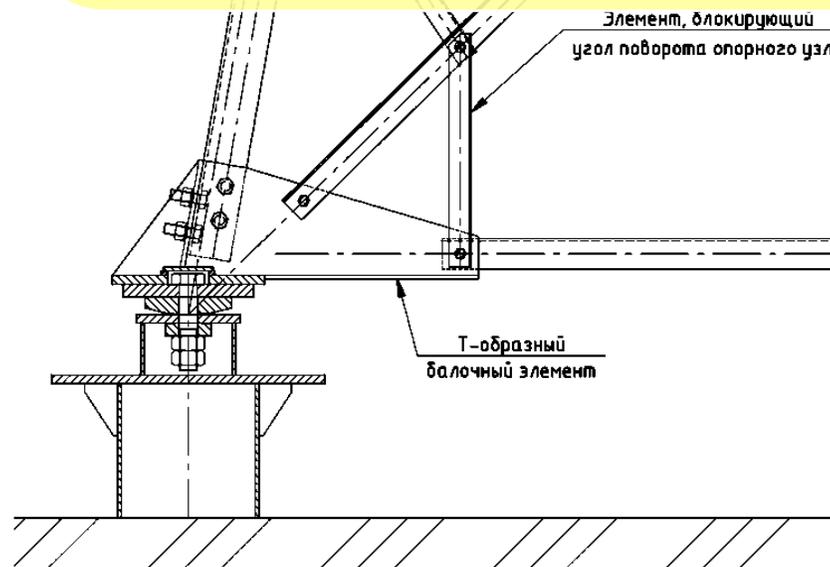
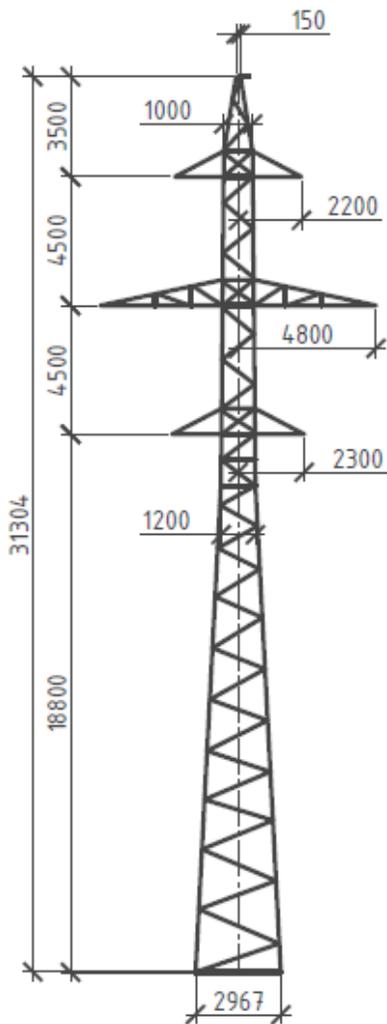


Схема шарнирного закрепления опоры с возможностью корректировки места установки «столика» на свае

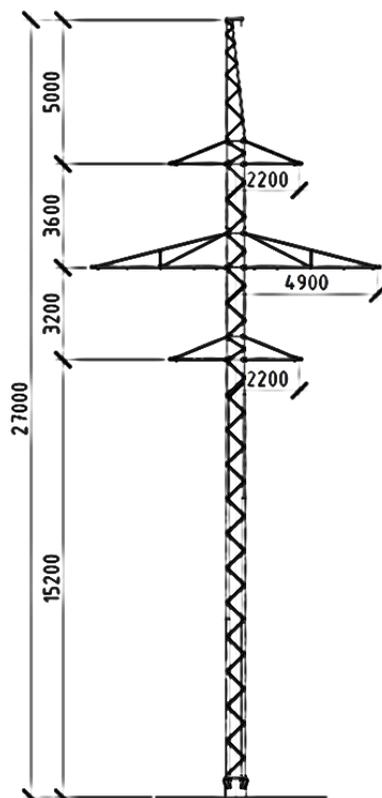
Узкобазая опора на одиночной трубе диаметром 720 мм

**Типовая усиленная
1П110-6У-3,2**

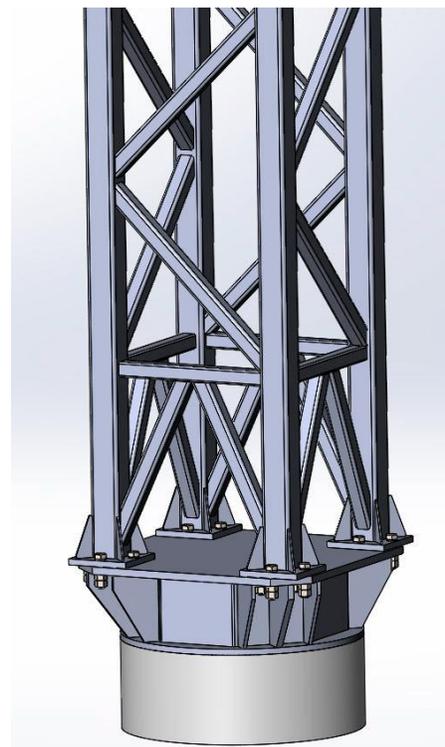


Масса 3,67 т

**15) П110-2-15,2-ТР-СС-
0.7x0.7-С345**



Масса 2,4 т

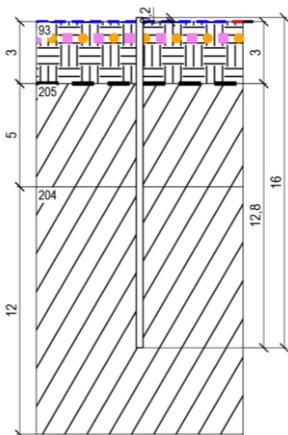


Конструктивные особенности:

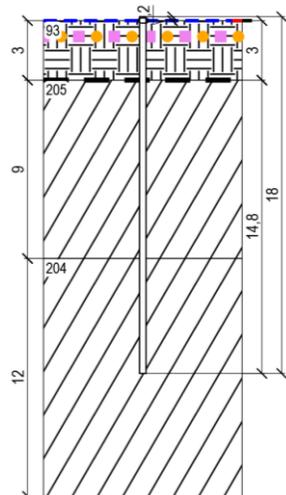
1. **Размер ствола 0.7x0.7** определяется необходимостью оптимальной загрузки автомобиля
2. Максимальная **несущая способность ствола 70 т** позволяет закрепить опору на **трубе диаметром 720 мм**
3. Возможность выбора глубины заделки трубы позволяет закрепить опору в большинстве грунтов (кроме глубоких болот и очень слабых грунтов)

Закрепление опор в различных грунтовых условиях

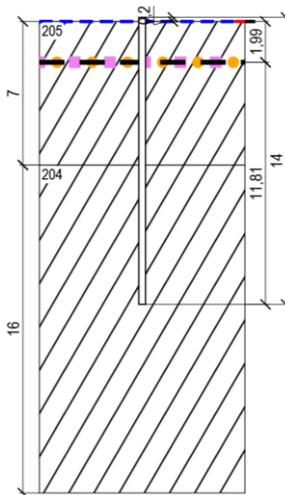
Подбор свайных фундаментов произведен специалистами ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» в программе «Свая-САПР Про» для трех типов грунтовых условий:



«Стандартная геология»



«Плохая геология»



«Геология без торфа»

Для каждого варианта выполнены следующие проверочные расчеты:

- несущей способности основания свай:
 - на вдавливающую нагрузку
 - на выдергивающую нагрузку
- свай на действие касательных сил морозного пучения
- свай по деформациям
- по сопротивлению материала сваи
- устойчивости основания при горизонтальной нагрузке
- по гибкости и устойчивости стержня сваи



ИГЭ	Грунт	lL, д.ед.	Ip, д.ед.	e, д.ед.	Sr, д.ед.	C, кПа	φ, °	ρs, г/см ³	ρ1, г/см ³	df, м
93	Торф	-	-	13,34	0,98	-	-	1,28	1	0,8
205	Глинистый (суглинок)	0,86	0,14	0,9	0,87	12	9	2,72	1,84	1,99
204	Глинистый (суглинок)	0,57	0,14	0,86	0,85	15	16	2,72	1,86	1,99

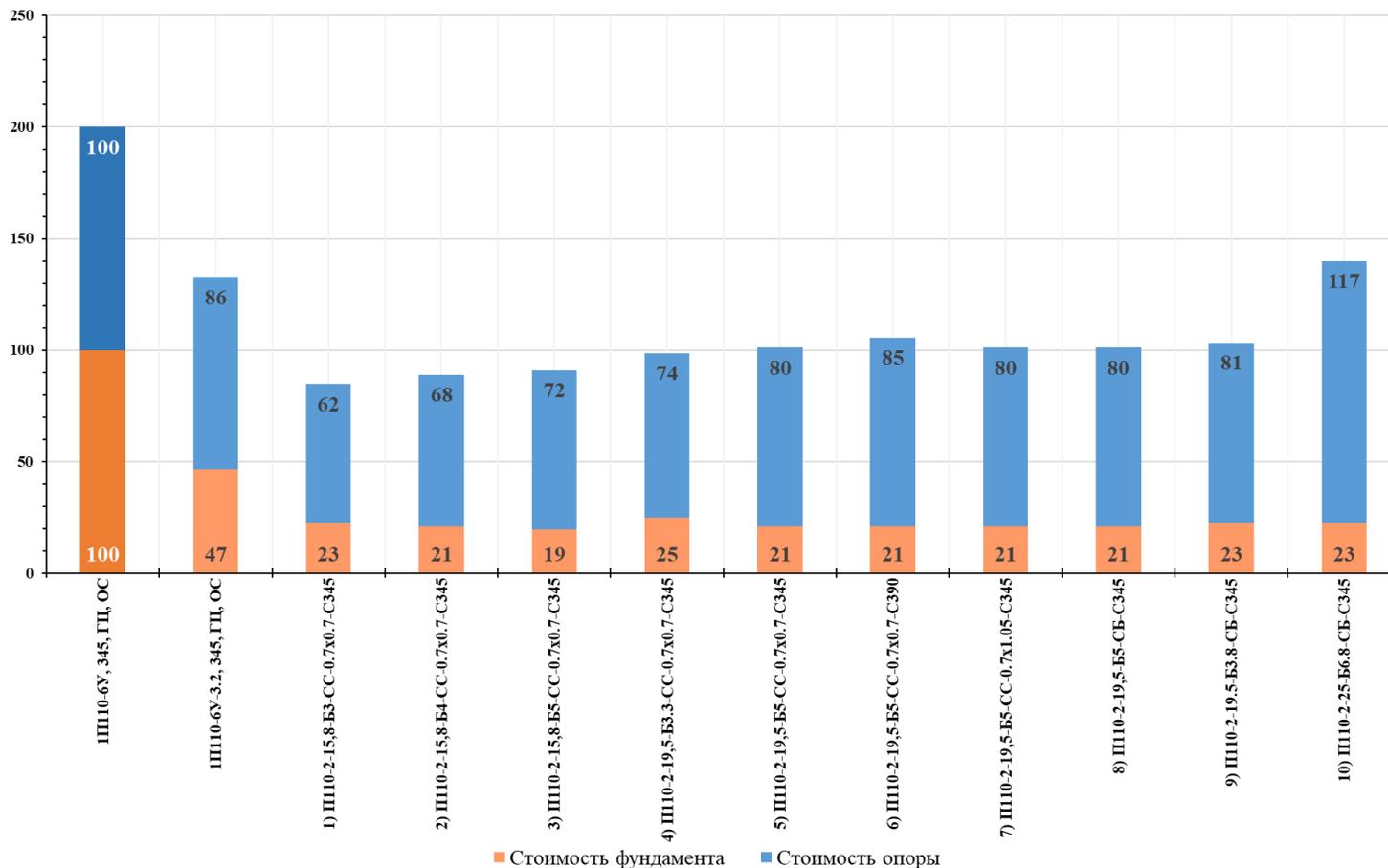
- для провода АС 120/19 выполнено **39 вариантов расчетов:**
13 типов опор (2 типовые и 11 новых) для 3-х вариантов грунтовых условий
- для каждого «тяжелого» провода – по **12 вариантов расчетов:** 4 типа опор (2 типовых и 2 новых модернизированных) для 3-х типов грунтовых условий
- Типовые опоры рассчитаны с учетом и без учета ограничений на отклонение свай по горизонтали

Технико-экономическое сравнение вариантов промежуточных опор, рассчитанных на провод АС 120/19

№	Наименование опоры	Масса опоры, т	Разница по массе в %		Шаг опор, м	Разница по удельной стоимости в %					
			относительно 1П110-6У	относительно 1П110-6У-3.2		при стандартной геологии		при плохой геологии		при хорошей геологии (без торфа)	
						относительно 1П110-6У	относительно 1П110-6У-3.2	относительно 1П110-6У	относительно 1П110-6У-3.2	относительно 1П110-6У	относительно 1П110-6У-3.2
0	1П110-6У, 345, ГЦ, ОС	4,3	-		250	-		-		-	
0	1П110-6У-3.2, 345, ГЦ, ОС	3,7	-14	-	225	-34	-	-33	-	-4	-
1	П110-2-15,8-Б3-СС-0.7×0.7-С345	2,7	-38	-28	205	-57	-35	-56	-34	-16	-13
2	П110-2-15,8-Б4-СС-0.7×0.7-С345	2,9	-32	-21	205	-56	-33	-56	-34	-14	-10
3	П110-2-15,8-Б5-СС-0.7×0.7-С345	3,1	-28	-17	205	-56	-33	-55	-33	-11	-8
4	П110-2-19,5-Б3.3-СС-0.7×0.7-С345	3,2	-26	-14	250	-60	-39	-60	-40	-21	-18
5	П110-2-19,5-Б5-СС-0.7×0.7-С345	3,4	-20	-7	250	-60	-40	-59	-39	-20	-16
6	П110-2-19,5-Б5-СС-0.7×0.7-С390	3,3	-23	-11	250	-59	-37	-58	-37	-17	-14
7	П110-2-19,5-Б5-СС-0.7×1.05-С345	3,4	-20	-7	250	-60	-40	-59	-39	-20	-16
8	П110-2-19,5-Б5-СБ-С345	3,4	-20	-7	250	-60	-40	-59	-39	-20	-17
9	П110-2-19.5-Б3.8-СБ-С345	3,4	-20	-7	250	-59	-38	-59	-39	-20	-16
10	П110-2-25-Б6.8-СБ-С345	5,0	+17	+36	300	-56	-33	-57	-35	-13	-10
15	П110-2-15,2-ТР-СС-0.7×0.7-С345	2,4	-44	-35	200	-	-	-	-	-31	-28

Анализ стоимости одной опоры и фундамента для стандартной геологии

Стоимость одной опоры и фундаментов для стандартной геологии, %



Результаты сравнения стоимости опор и фундаментов для провода АС 120/19

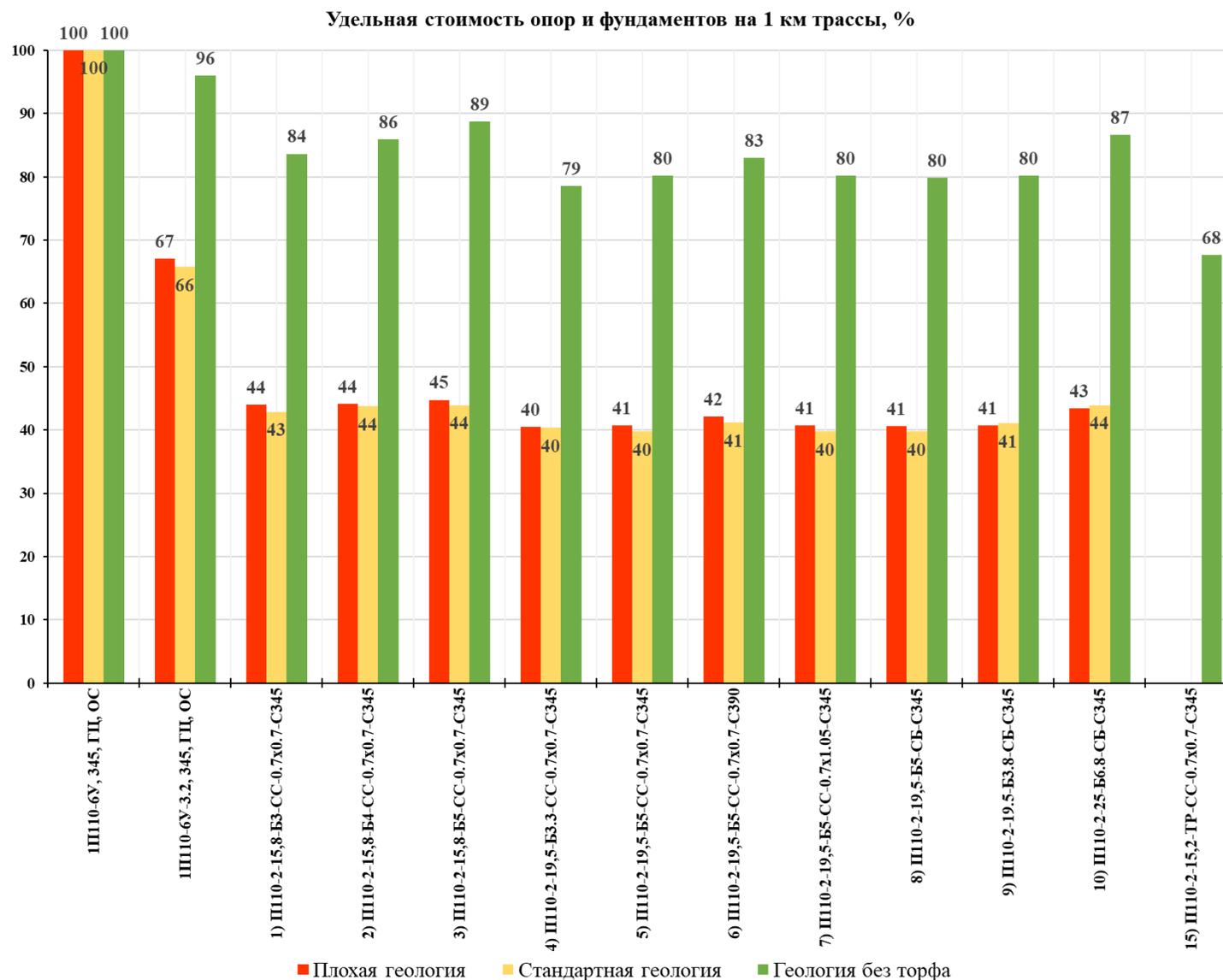
Суммарная стоимость опор и фундаментов для всех новых опор ниже, чем для типовых

Стоимость опоры 8) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345 и её фундамента в стандартных грунтах меньше чем для типовой 1П110-6У на 59%, 1П110-6У-3.2 на 39%

за счет сокращения:

- нагрузок на фундаменты при большой базе опоры
- массы фундаментов при использовании шарнирного опирания ноги опоры

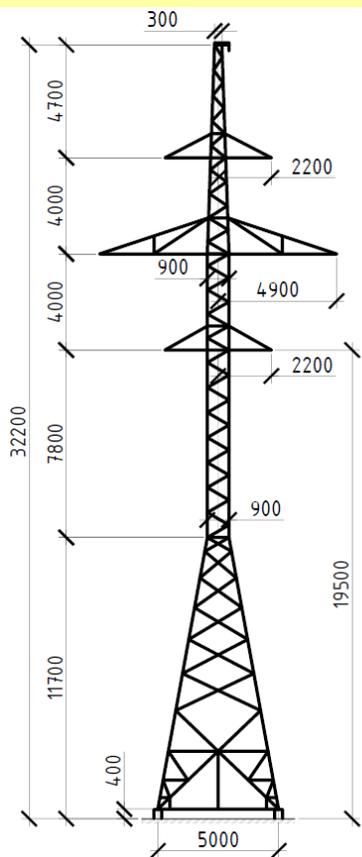
Анализ удельной стоимости опор и фундаментов на 1 км ВЛ



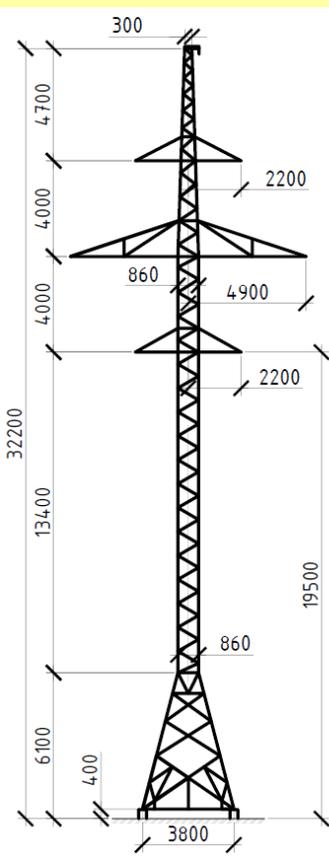
Модернизированные опоры для подвески «тяжелых» проводов АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32, АСку 120/19, АСПк 120/19, АСку 185/24, АСПк 185/29

11) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345-М 12) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345-М

Размеры ствола сокращены, база опор увеличена – нагрузки на опору и фундаменты уменьшены

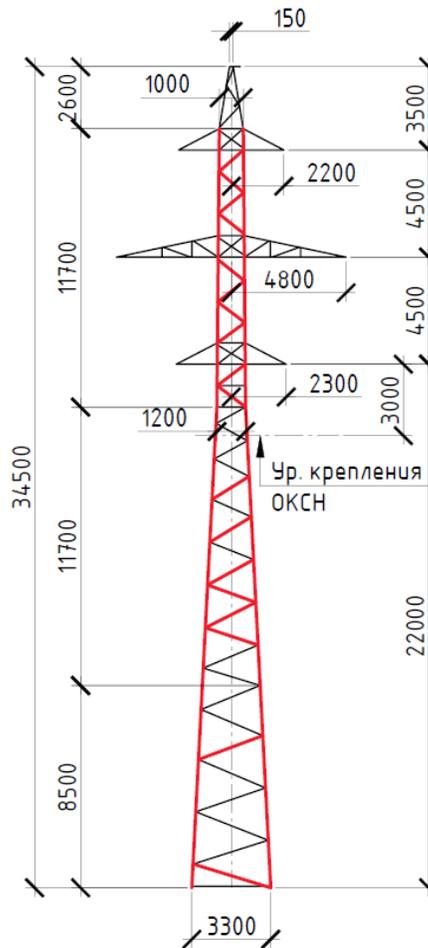


Масса 3,91 т



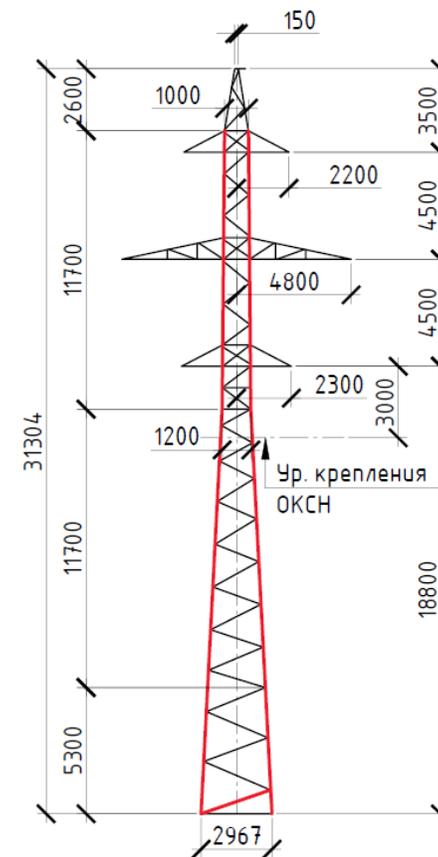
Масса 3,95 т

13) Типовая модернизированная 1П110-6М



Масса 4,37 т

14) Типовая модернизированная 1П110-6М-3,2



Масса 3,66 т

Анкерные опоры, подлежащие модернизации

ПУЭ-6

Типовая опора 1У110-2+5 по серии 3.407.2-170.3:

■ Масса опоры: 5946 кг

Типовая опора 1У110-8+5 по серии 3.407.2-166.2:

■ Масса опоры: 11920 кг

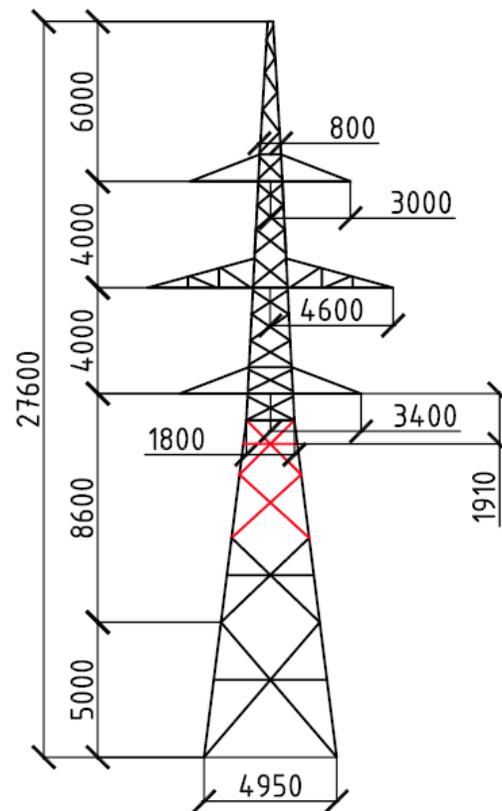
ПУЭ-7

Усиленная типовая опора 1У110-2У+5:

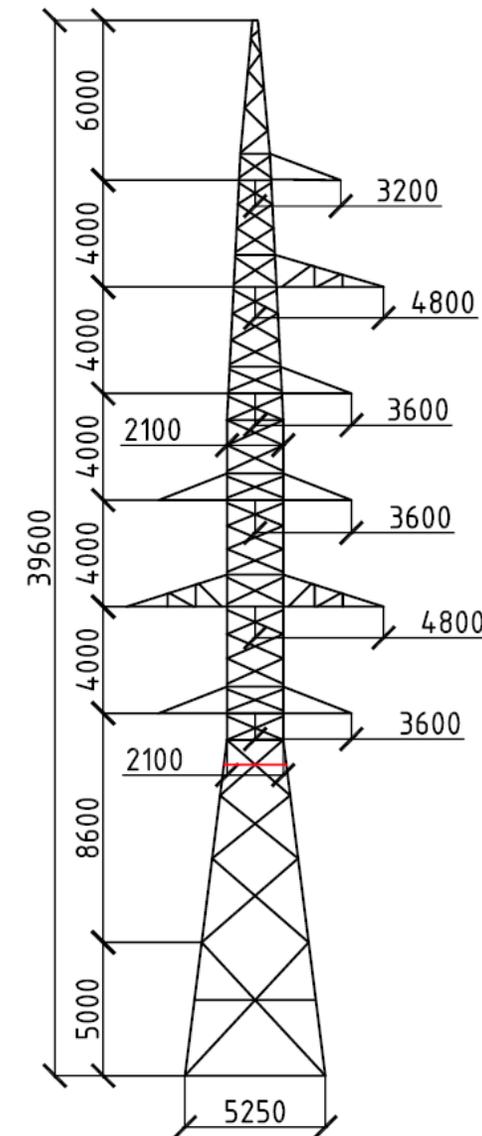
■ Масса опоры для поворота оси ВЛ на 60°: 6400 кг

Усиленная типовая ответвительная опора 1У110-8У+5

Масса опоры для поворота оси ВЛ на 60°: 12084 кг



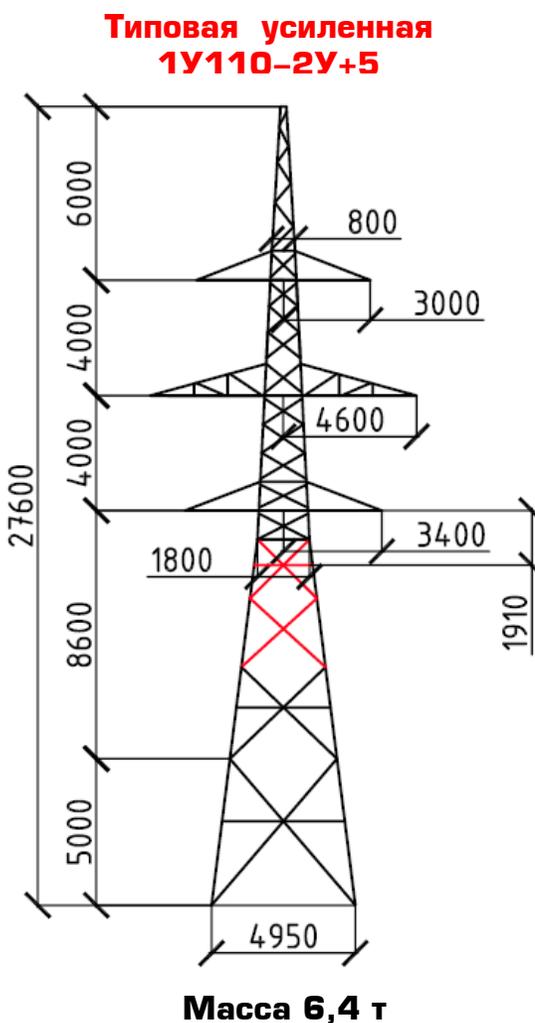
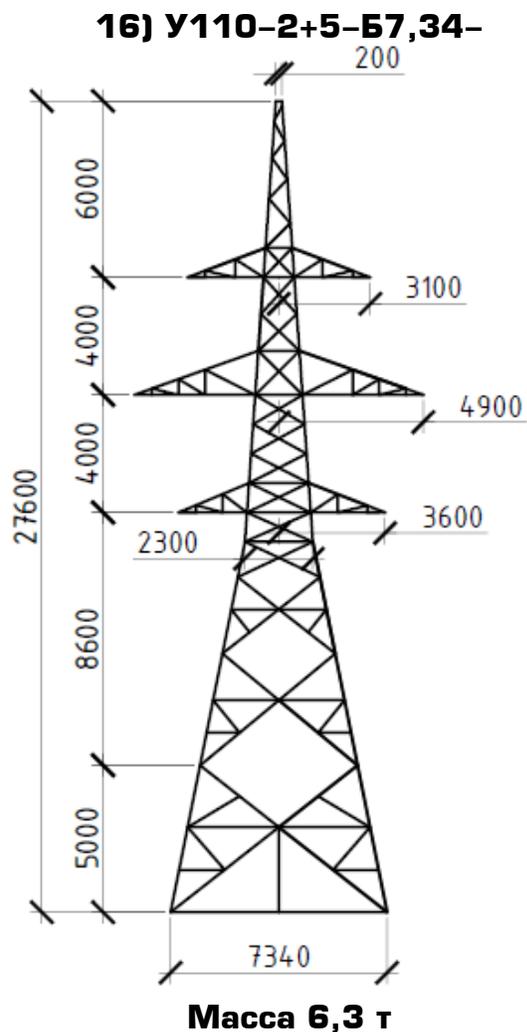
1У110-2У+5



1У110-8У+5

Анкерно-угловая опора с широкой базой

Критерием оптимальности анкерных опор (в том числе ответвительной) является минимизация их массы и стоимости монтажа с учетом затрат на фундаменты



Для сокращения нагрузок на основание
(уменьшения затрат на свайные закрепления)

- увеличено расстояние между осями фундаментов с 4,95 м у типовой опоры до 7,34 м у новой опоры 16) У110-2+5-Б7,34-СБ-С345.

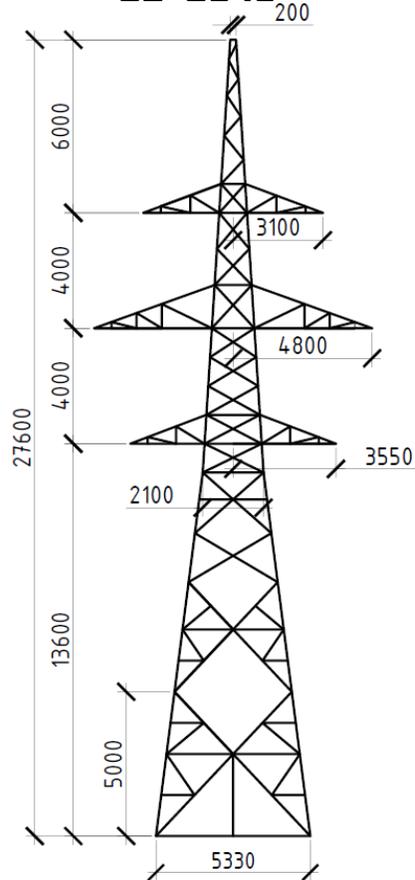
В результате нагрузки сократились:

- сжимающие с 41,4 т до 33,3 т (**20%**),
- выдергивающие – с 34 т до 25,6 т (**25%**).

Масса сократилась на 1,6%

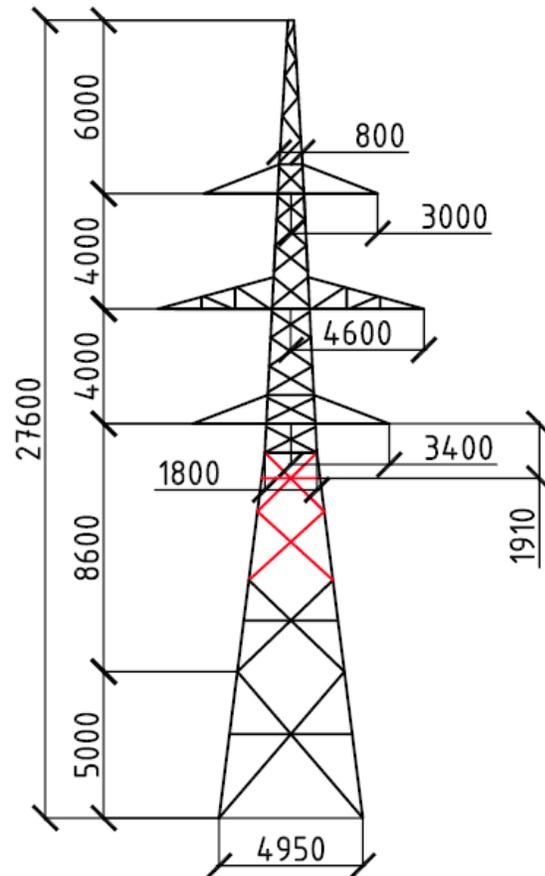
Анкерно-угловая опора с уменьшенной массой

17) У110-2+5-Б5,33-СБ-С345



Масса 5,7 т

**Типовая усиленная
1У110-2+5**



Масса 6,4 т

Для сокращения массы

- использована шпренгельная решетка
- расстояние между осями фундаментов (относительно опоры 16) сокращено до 5,33 м

Масса опоры меньше массы типовой усиленной опоры (на 700 кг) **на 11%**

Нагрузки на фундаменты под опору и их стоимость сопоставимы с затратами на закрепление типовой усиленной опоры

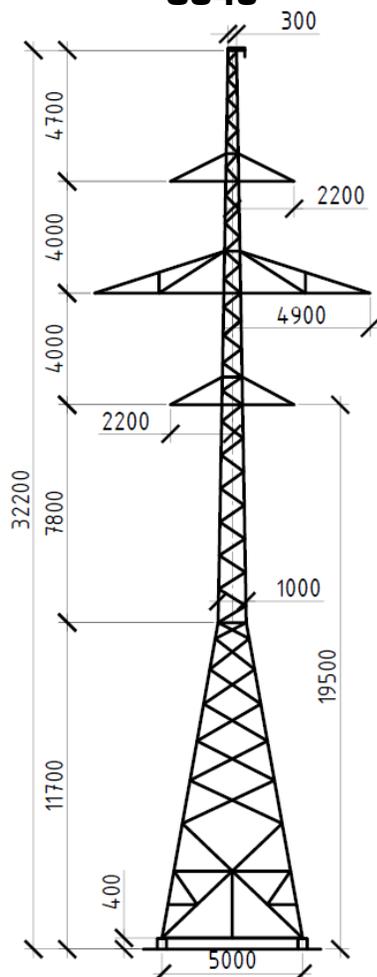
Итоговые эффекты по промежуточным и анкерным опорам

	Типовая промежуточная усиленная		Предлагаемая промежуточная	
	Для АС120/19	Для «тяжелых» проводов	Для АС120/19	Для «тяжелых» проводов (модернизированная)
Марка опоры	1П110-6У	1П110-6М	9) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345	12) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345-М
Масса опоры, т	4,3	4,4	3,4	4,0
Эффект по массе			21%	9%
Эффект по стоимости фундаментов			77%	75%
Эффект по удельной стоимости			59%	50%

	Типовая анкерная/ответвительная усиленные		Предлагаемая анкерная/ответвительная	
	Для АС 120/19			
Марка опоры	1У110-2У+5	1У110-8У+5	17) У110-2+5-Б5,33-СБ-С345	19) У110-8+5-Б5,33-СБ-С345
Масса опоры, т	6,4	12,1	5,7	9,0
Эффект по массе			11%	26%
Максимальные нагрузки на фундаменты, Нсж / Нвыр, т	46,3 / 38,6	56 / 50,3	44 / 35,5	51,7 / 46,8
Эффект по нагрузкам на фундаменты			5% / 8%	7,6 / 7,0%

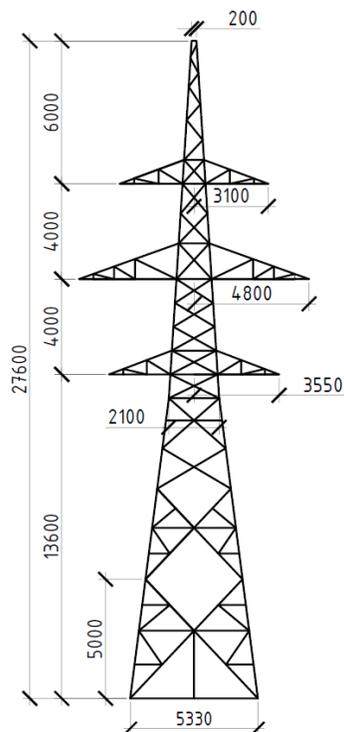
Опоры для разработки конструкторской документации

Промежуточные
8) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345



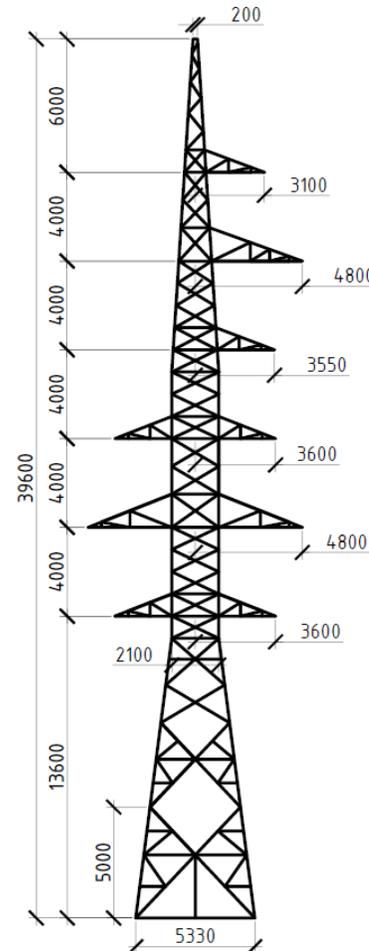
Масса 3,4 т

Анкерно-угловые
17) У110-2+5-Б5,33-СБ-С345



Масса 5,7 т

Ответвительные
19) У110-8+5-Б5,33-СБ-С345



Масса 9,0 т

Дополнительный эффект от применения атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ взамен 09Г2С + горячее цинкование составляет 12%.

Промежуточные и анкерно-угловые опоры подлежат испытаниям



РОСНЕФТЬ

ООО «НК «Роснефть-НТЦ» ООО «Энергожелезобетонинвест»

Поверенный Юрий Сергеевич

uspoverenniy@ntc.rosneft.ru

+7(909) 45-0000-8



Касаткин Сергей Петрович

s.p.kasatkin@nilkes.ru

+7(921) 39-51-461