



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 атмосферо- стойких 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 ($\rho_{\text{э}} = 20$ мм)
- Расчётная температура (минимальная): минус 53 °С
- 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
- ОКРН типа ДПТ-032Е06-06-20,0/0,4-Х

Оптимизационные расчеты выполняются для условий, чаще всего встречающихся на объектах

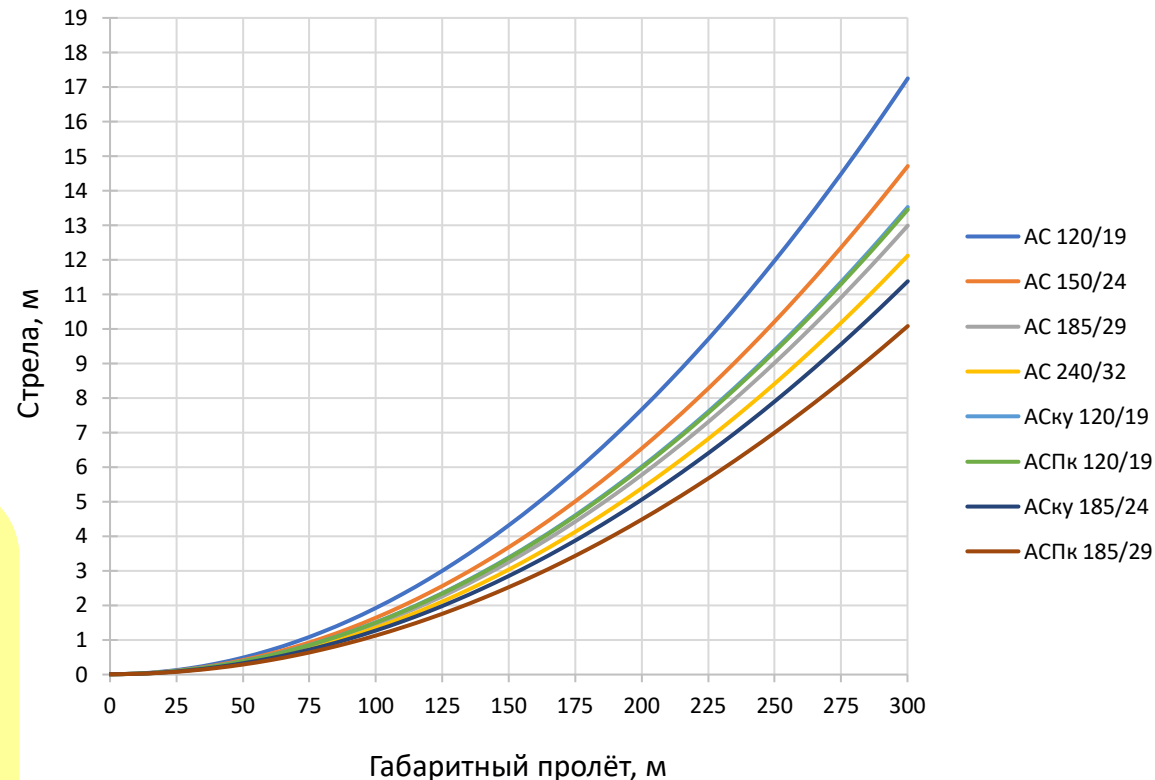
ООО «РН-Уватнефтегаз»:

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:

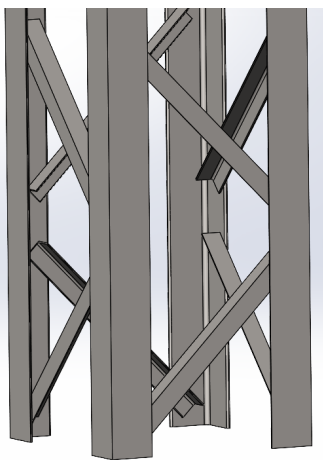
- из стали С345 или 09Г2С с горячим цинкованием
- из атмосферостойкой стали (14ХГНДЦ) без нанесения дополнительных покрытий

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

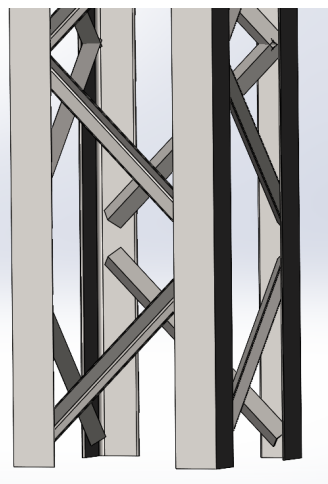
Наименование параметра	Обычная сталь	Атмосферостойкая сталь
Цена металла	-	+25%
Изготовление опоры	Одинаково	
Оцинкование	+37%	-
Транспортировка к месту монтажа	Одинаково	
Монтаж	Одинаково	
ИТОГО	Экономия 12%	

Анализ сварных соединений, подлежащих оцинковке

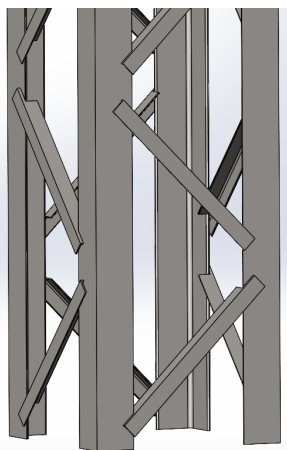
Варианты приварки раскосов к поясам



«Полкой» (внахлест)
Нельзя цинковать



«Домиком»
Максимальная
материалоемкость

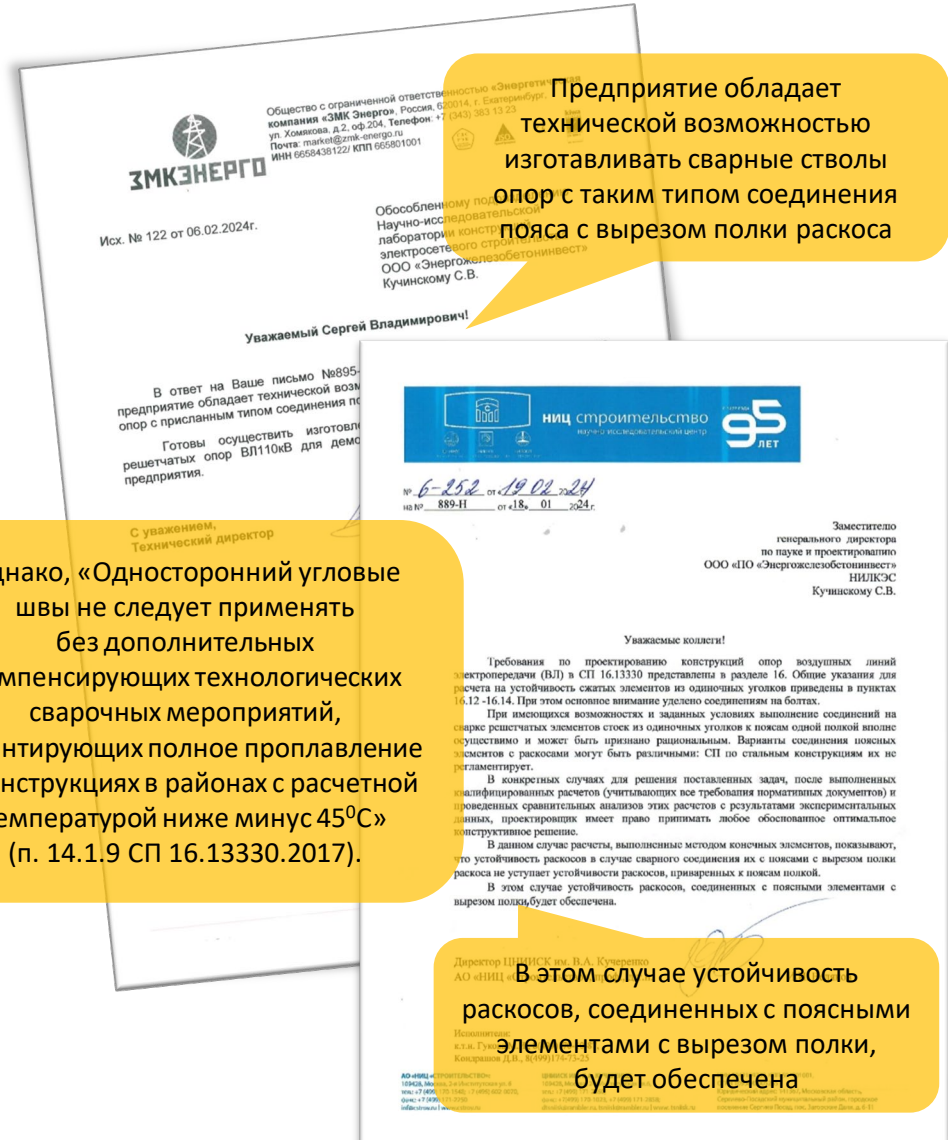


«В разрез»
Минимальная
материалоемкость

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

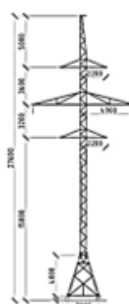
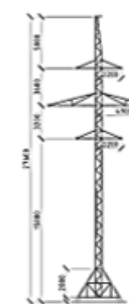
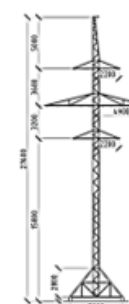
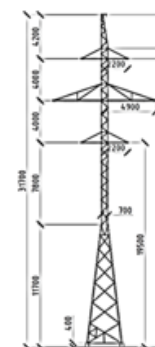
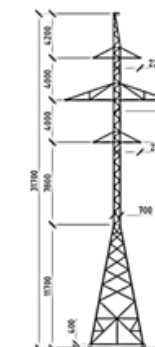
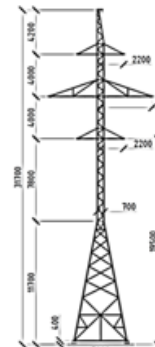
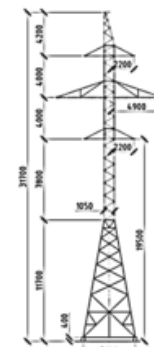
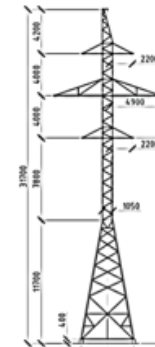
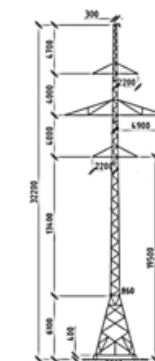
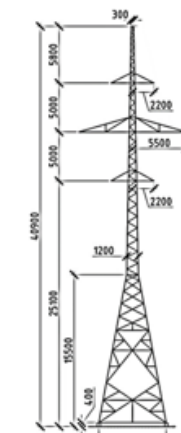
Однако, «Односторонний угловые швы не следует применять без дополнительных компенсирующих технологических сварочных мероприятий, гарантирующих полное проплавление в конструкциях в районах с расчетной температурой ниже минус 45°С» (п. 14.1.9 СП 16.13330.2017).

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

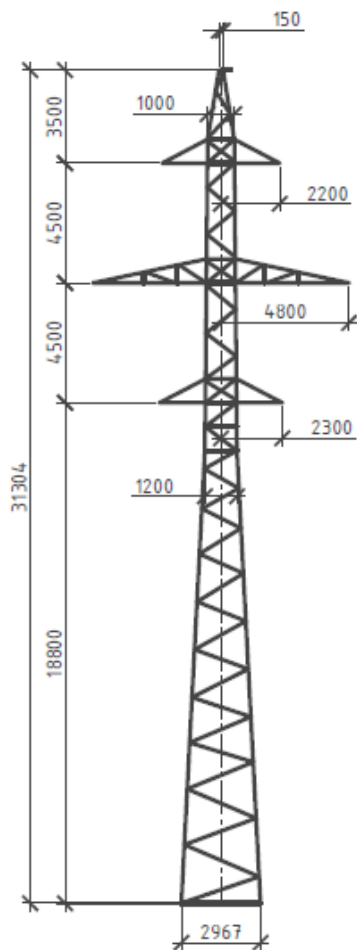
5) П110-2-19,5-Б5-СБ-0,7×0,7-С345

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,
СС – 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

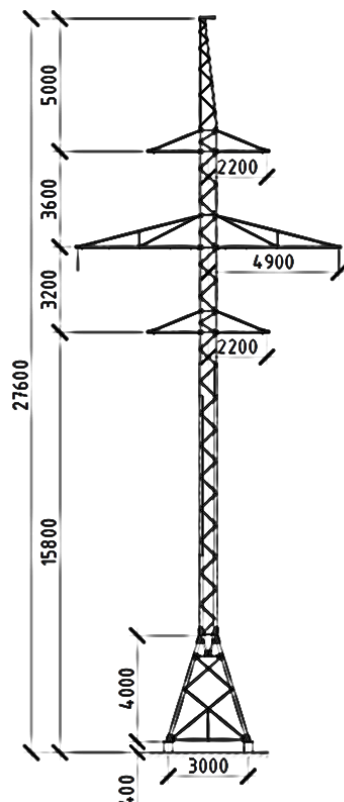
Типовая усиленная
1П110-6У-3,2



Масса 3,67 т

1) П110-2-15,8-Б3-СС-0.7x0.7-С345

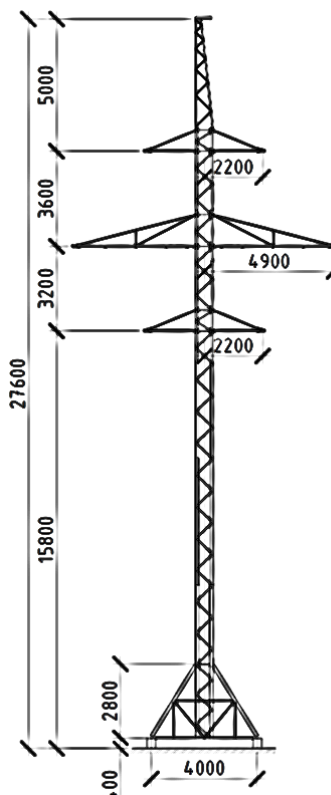
База – 3 м
Нагрузки на фундаменты, т
Nсж/Nвыр – 17,6/15,4
Qx/Qy – 0,7/1,0



Масса 2,65 т

2) П110-2-15,8-Б4-СС-0.7x0.7-С345

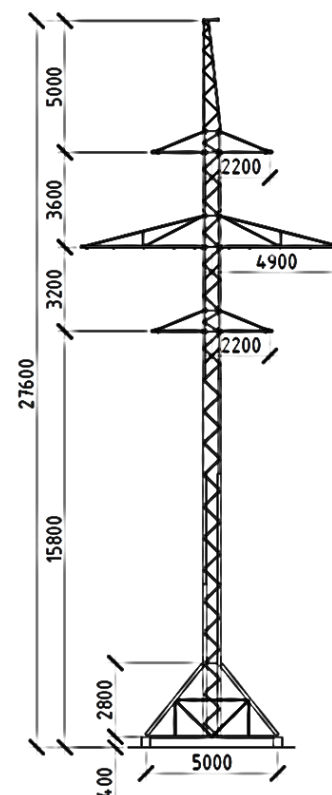
База – 4 м
Нагрузки на фундаменты, т
Nсж/Nвыр – 13,8/11,2
Qx/Qy – 0,9/1,1



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

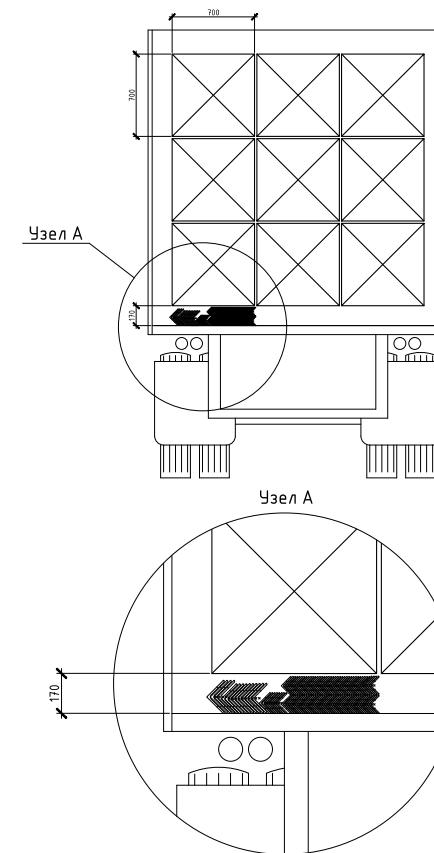
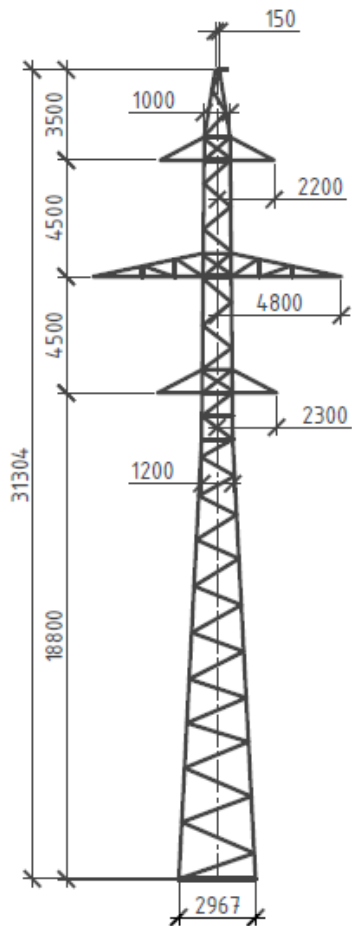


Схема погрузки ствoлов
0.7x0.7 м
Загрузка ~ 13,5 т

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

Типовая усиленная
1П110-6У-3,2



Масса 3,67 т

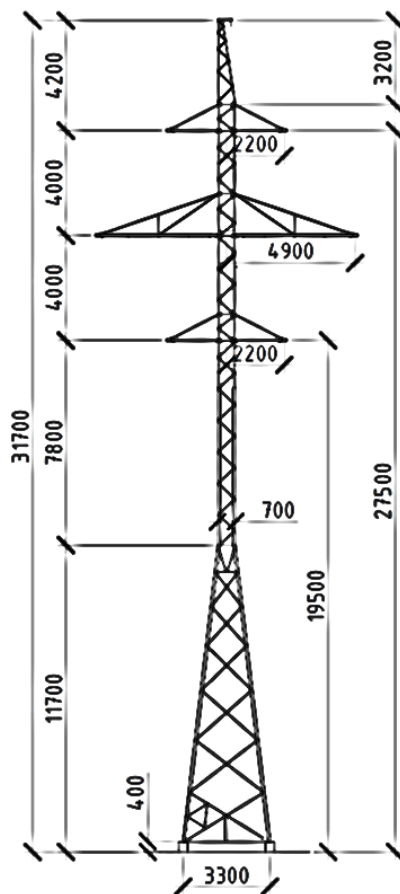
4) П110-2-19,5-**Б3.3**-СС-0.7х0.7-С345

База – 3,3 м

Нагрузки на фундаменты, т

Нсж/Нвыр – 17,6/15,4

Qx/Quy – 0,7/1,0



Масса 3,15 т

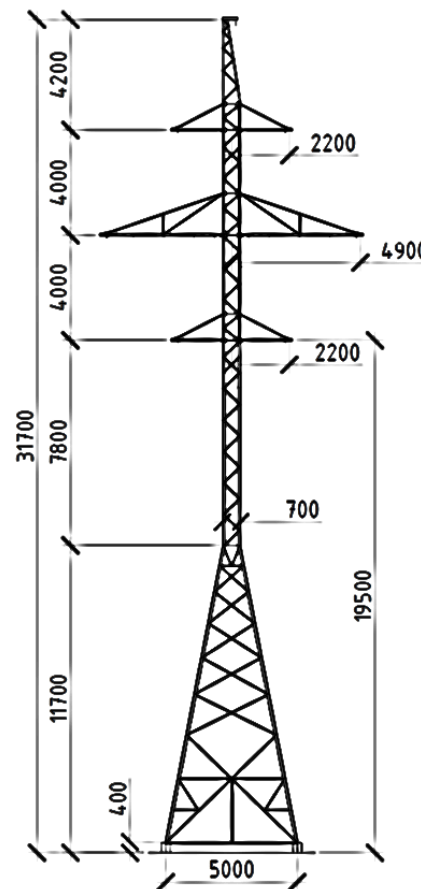
5) П110-2-19,5-**Б5**-СС-0.7х0.7-С345

База – 5,0 м

Нагрузки на фундаменты, т

Нсж/Нвыр – 15,5/13,0

Qx/Quy – 1,0/1,3

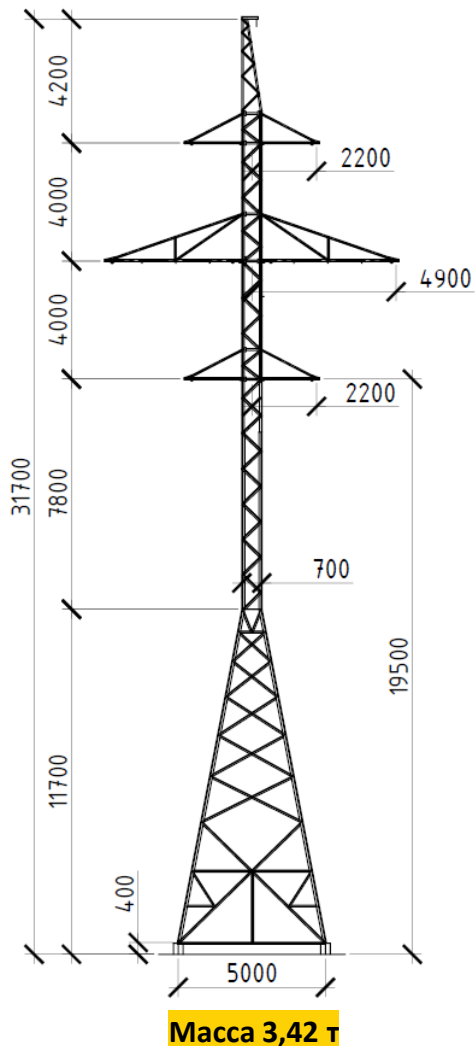


Масса 3,42 т

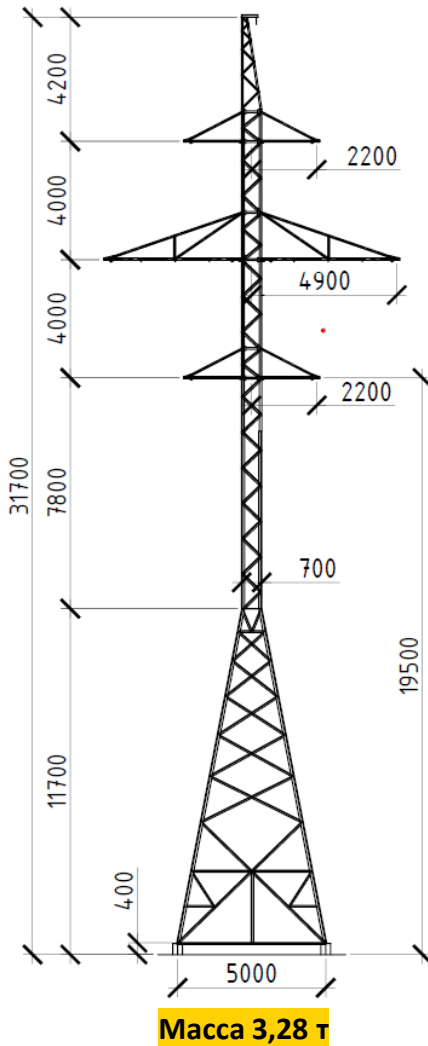
При увеличении **базы** опоры с 3,3 до 5 м, **масса** опоры возрастает на **7,9%**, **нагрузки** на фундаменты сокращаются на **28,6%**.

Сравнение металлоемкости опор, выполненных из сталей С345 и С390

5) П110-2-19,5-Б5-СС-0.7х0.7-**С345**



6) П110-2-19,5-Б5-СС-0.7х0.7-**С390**



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%**.

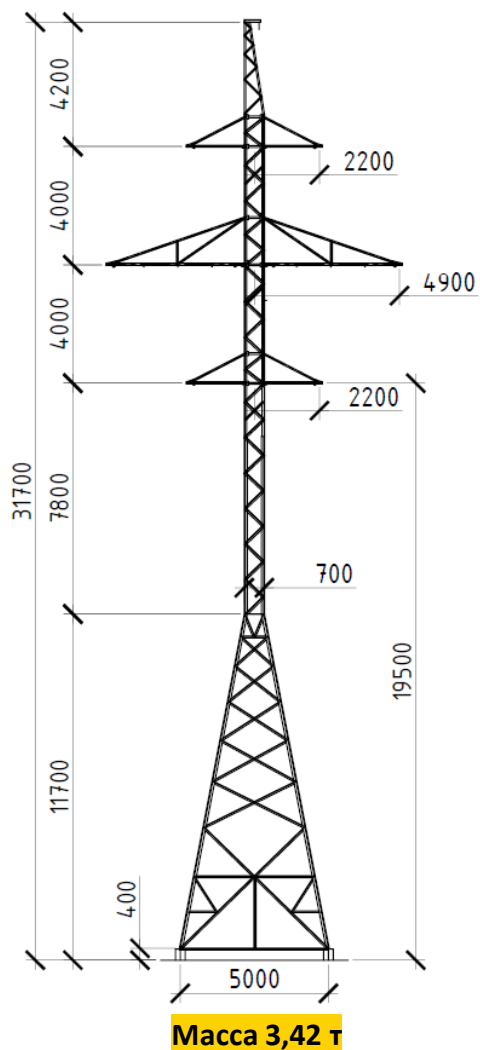
Применение стали класса прочности 390 не целесообразно как с точки зрения получаемого экономического результата, так и по причине труднодоступности проката (наличие углового проката из стали С390 только у одного производителя)

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

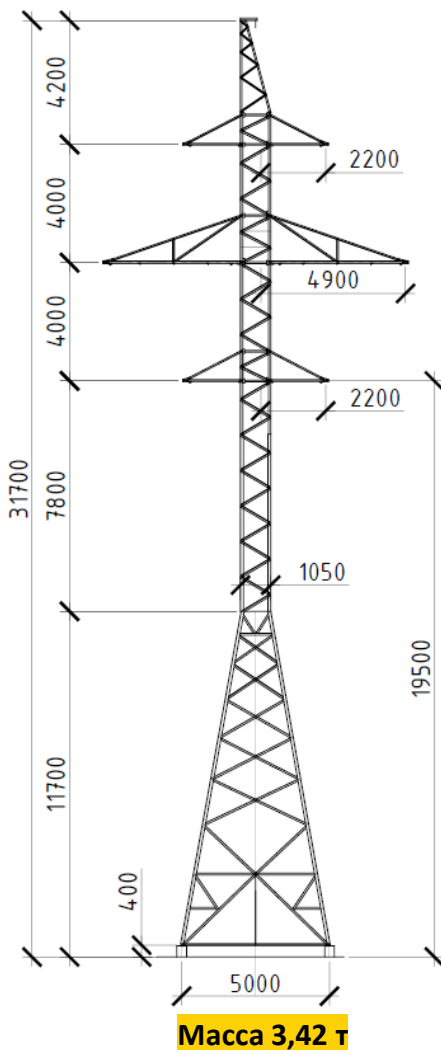
- цинкование конструкций или
- применение атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ

Анализ массы опоры при использовании прямоугольного сечения ствола

5) П110-2-19,5-Б5-СС-0.7x0.7-С345



7) П110-2-19,5-Б5-СС-0.7x1.05-С345



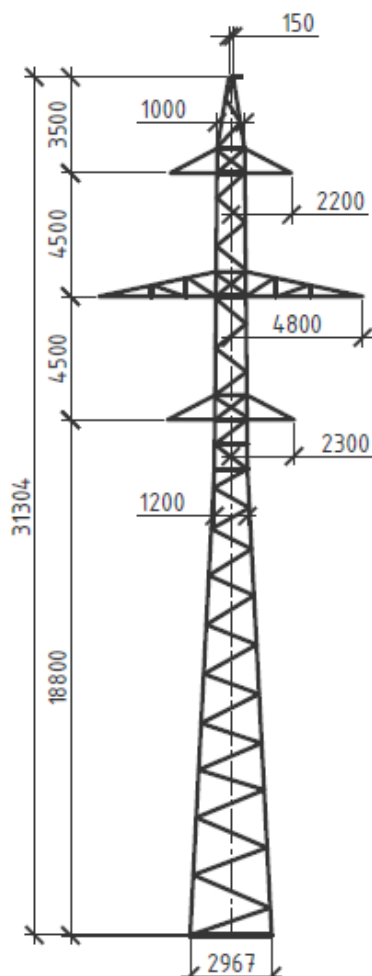
Для использования факта, что нагрузки на опору вдоль и поперек ВЛ существенно отличаются рассмотрен вариант **прямоугольного сечения 0.7x1.05** с большей стороной, расположенной поперек ВЛ (вдоль оси траверс).

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

Масса опоры осталась прежней

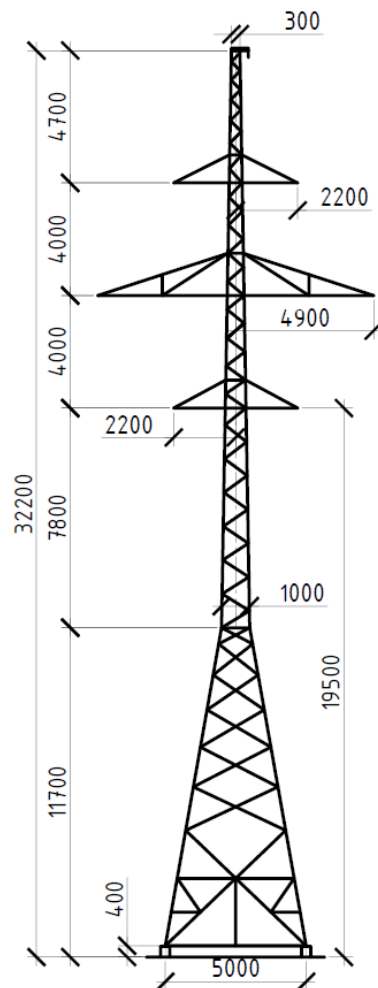
Опоры с болтовым вариантом всех элементов, высота подвески 19,5 м

Типовая усиленная
1П110-6У-3,2



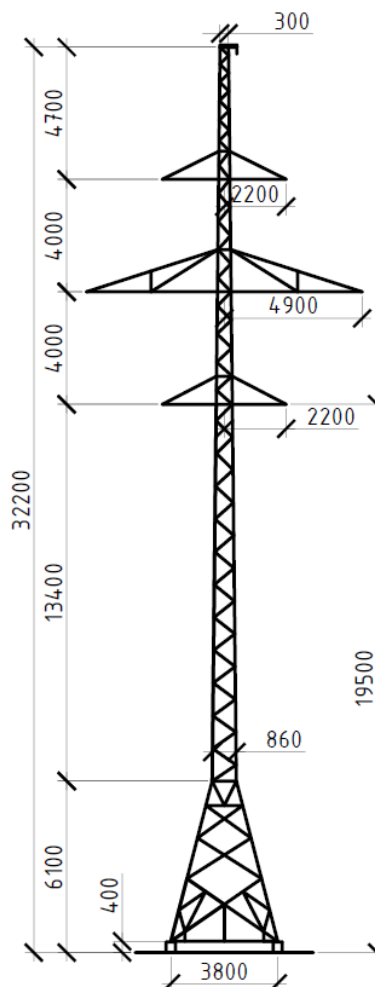
Масса 3,67 т

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

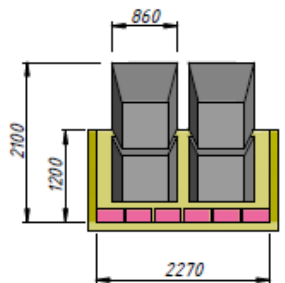
до 80% от высоты опоры

2. Возможность **сборки секций** ствола опоры на заводе

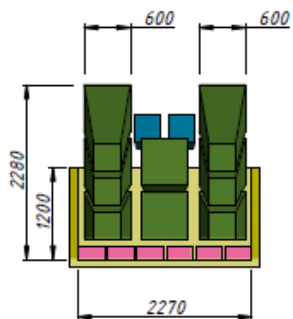
3. Использование шпренгельных элементов сократило их расчетную длину, увеличило устойчивость и **уменьшило** их сечение (**массу**) относительно типовых опор

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) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345

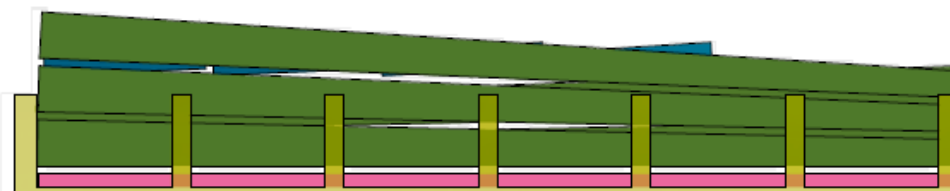
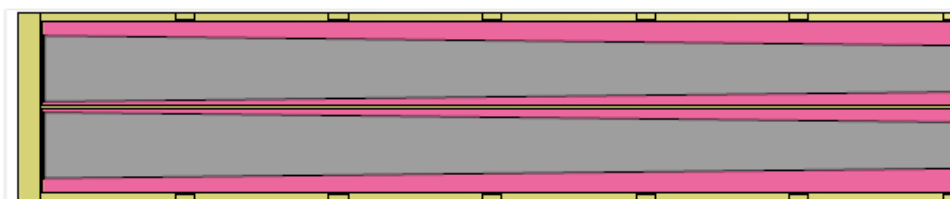
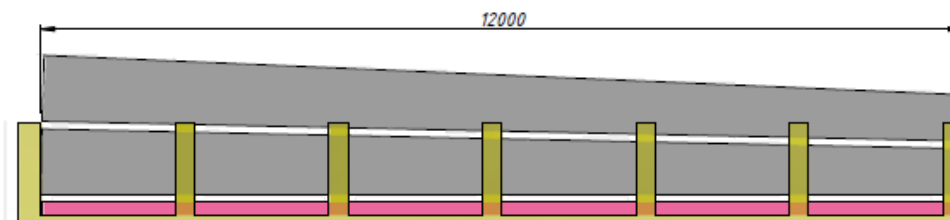


4 нижних секции
для опоры №9
(2 машины)



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 $8 \cdot 3,5 = 28$ 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

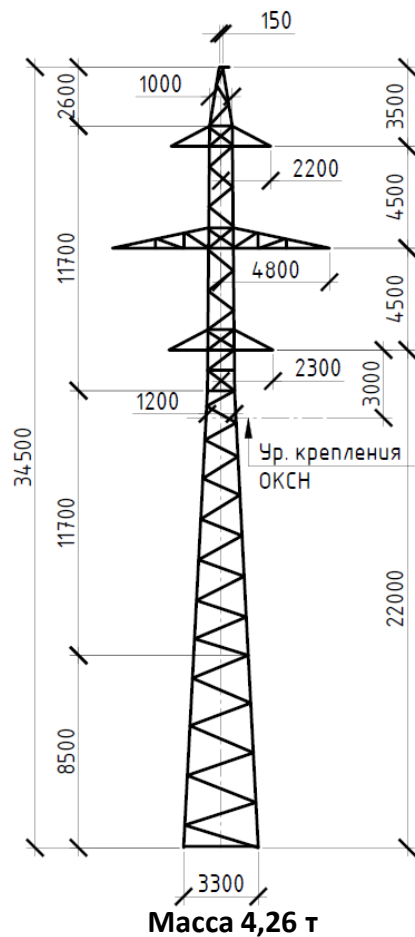
Грузоподъемность машины 20 т может быть

использована полностью

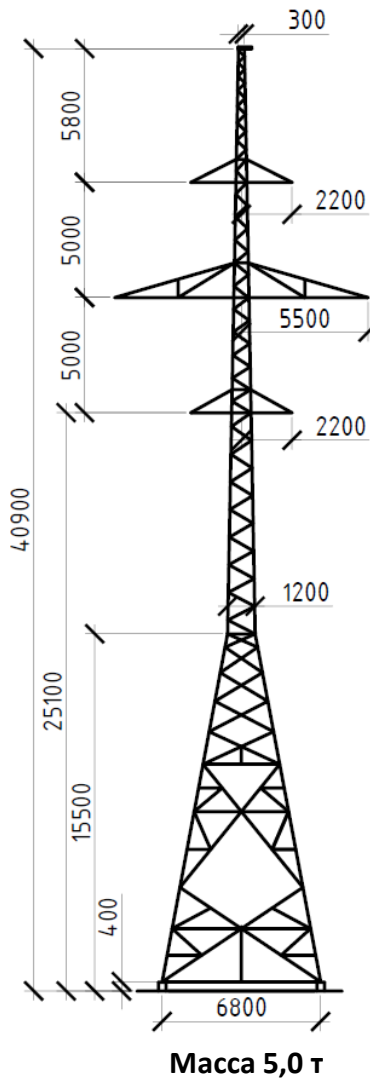
не менее 5 опор (3,5 т) на 1 машину

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)

Расчеты:

- **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

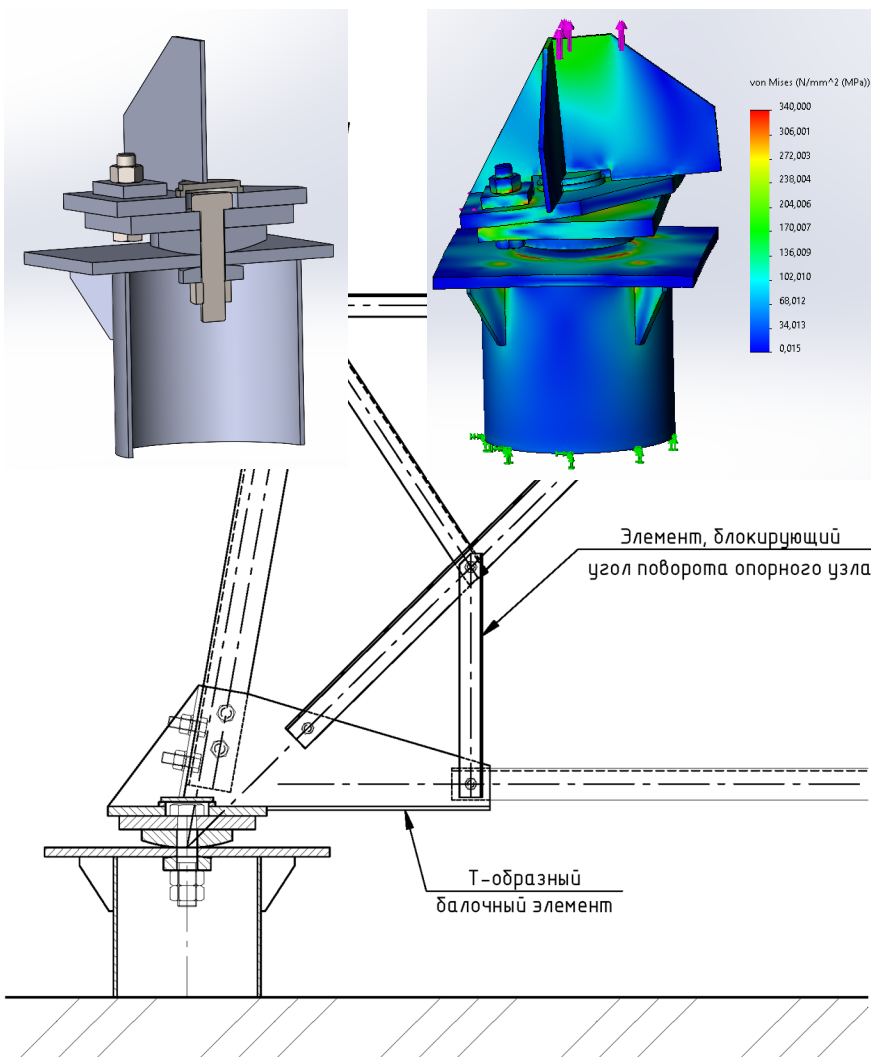


Схема закрепления опоры при соблюдении точности забивки свай в плане

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

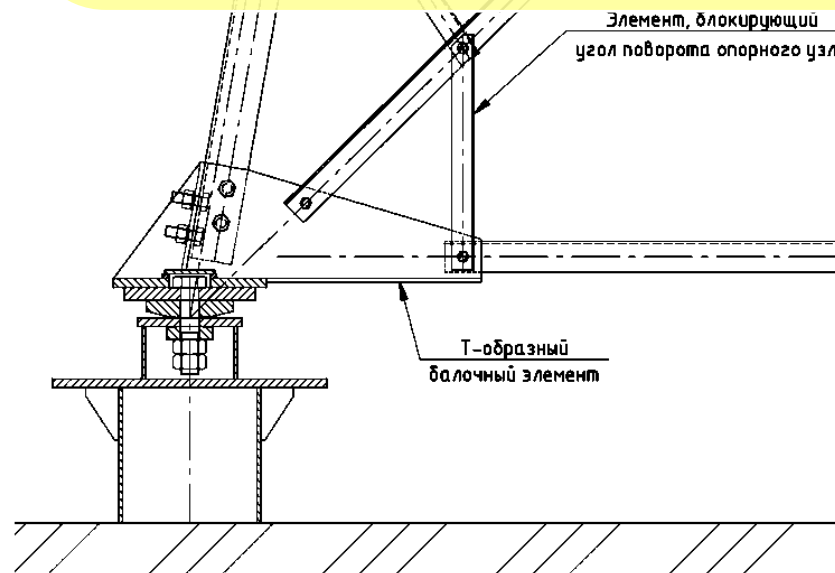
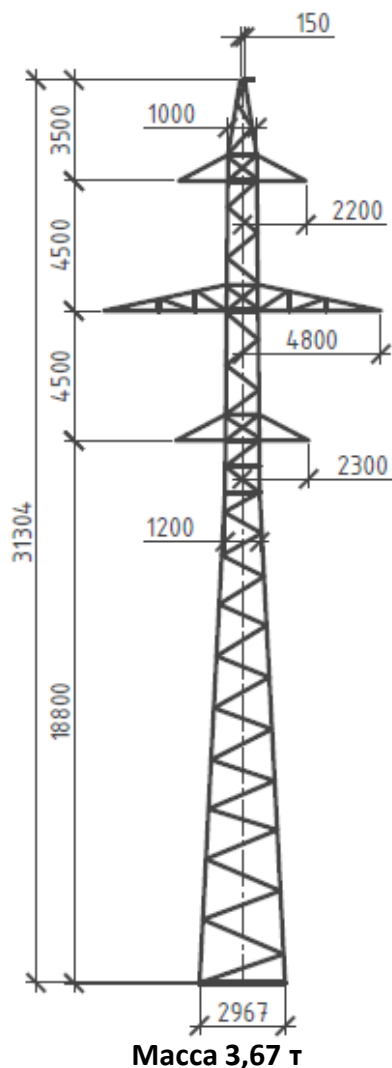


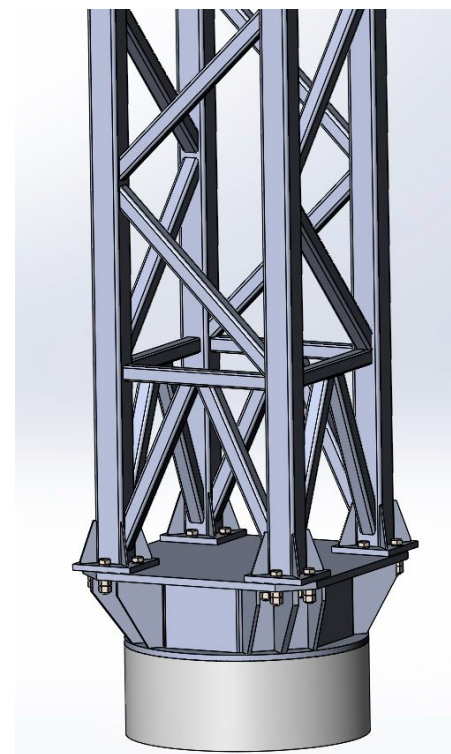
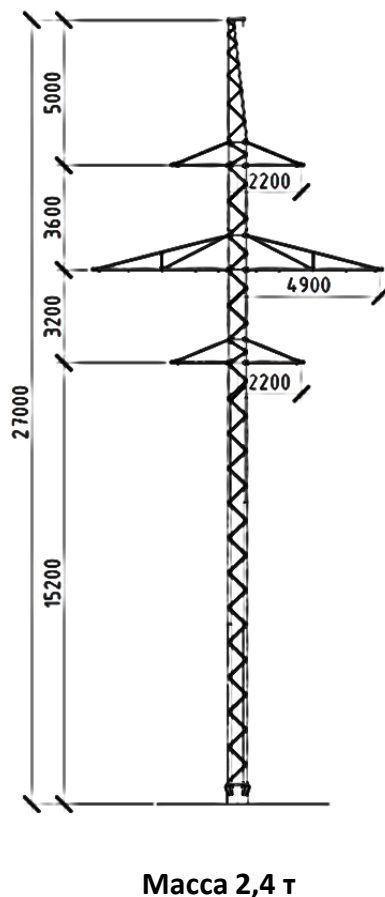
Схема шарнирного закрепления опоры с возможностью корректировки места установки «столика» на свае

Узкобазая опора на одиночной трубе диаметром 720 мм

Типовая усиленная
1П110-6У-3,2



15) П110-2-15,2-ТР-СС-0.7х0.7-С345



Конструктивные особенности:

1. Размер ствола 0.7х0.7

определяется необходимостью оптимальной загрузки автомобиля

2. Максимальная несущая способность ствола 70 тм

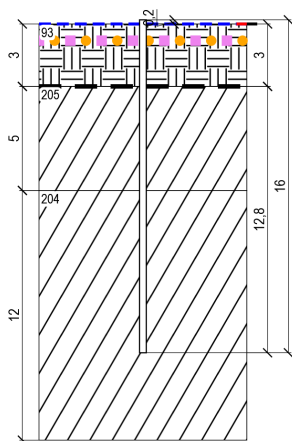
позволяет закрепить опору на трубе диаметром 720 мм

3. Возможность выбора глубины заделки трубы

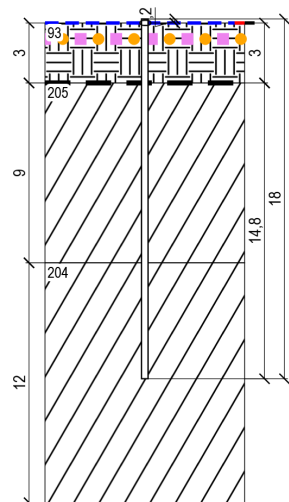
позволяет закрепить опору в большинстве грунтов (кроме глубоких болот и очень слабых грунтов)

Закрепление опор в различных грунтовых условиях

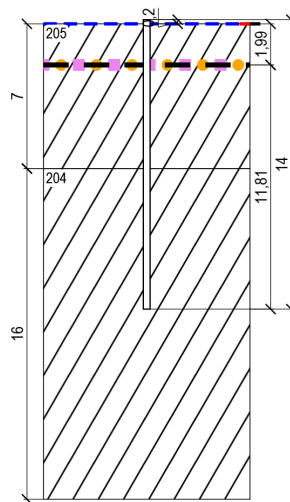
Подбор свайных фундаментов произведен специалистами ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» в программе «Свая-САПР Про» для трех типов грунтовых условий:



«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.	lp, 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

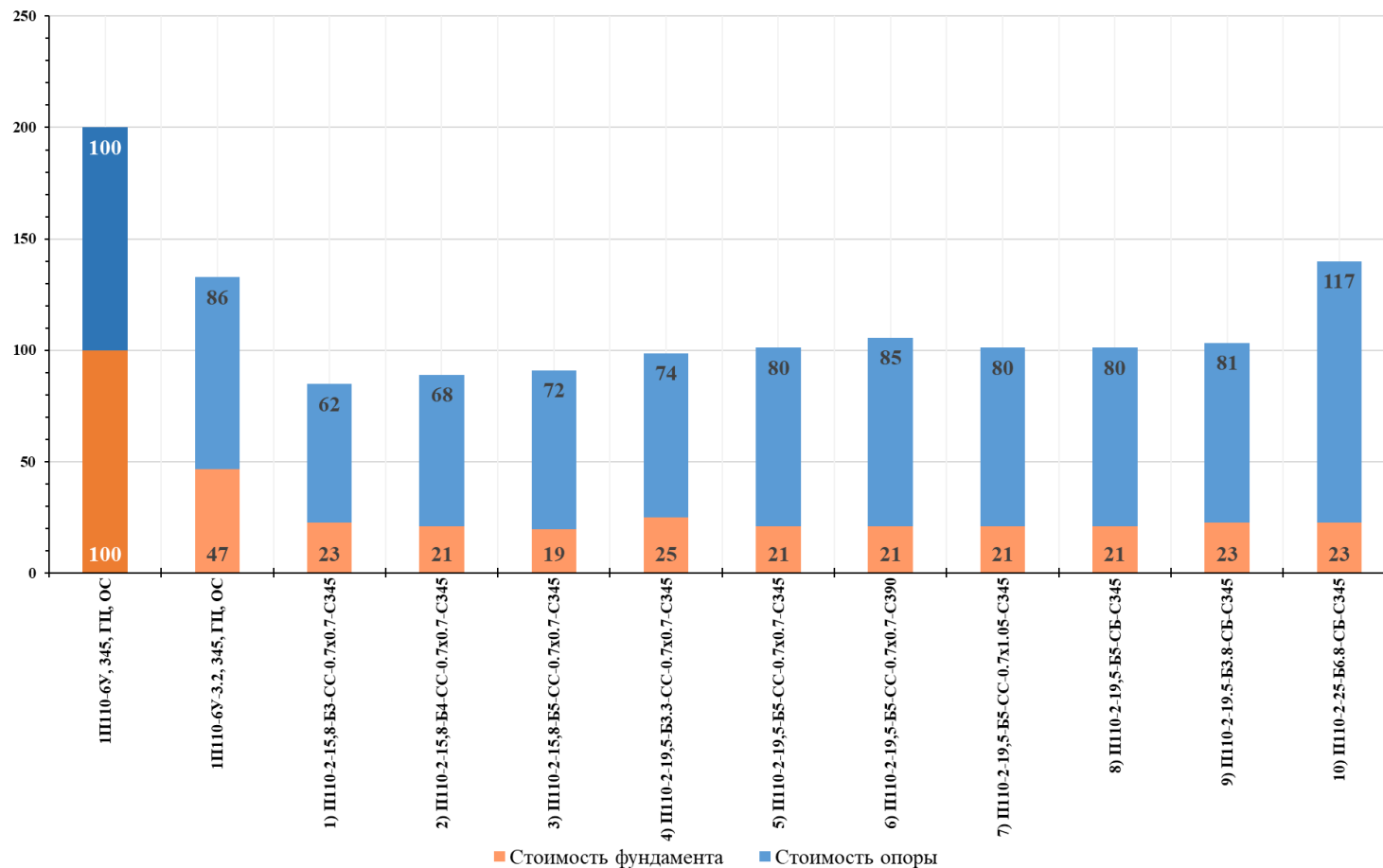
- для провода АС 120/19 выполнено 39 вариантов расчетов: 13 типов опор (2 типовые и 11 новых) для 3-х вариантов грунтовых условий
- для каждого «тяжелого» провода – по 12 вариантов расчетов: 4 типа опор (2 типовых и 2 новых модернизированных) для 3-х типов грунтовых условий
- Типовые опоры рассчитаны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

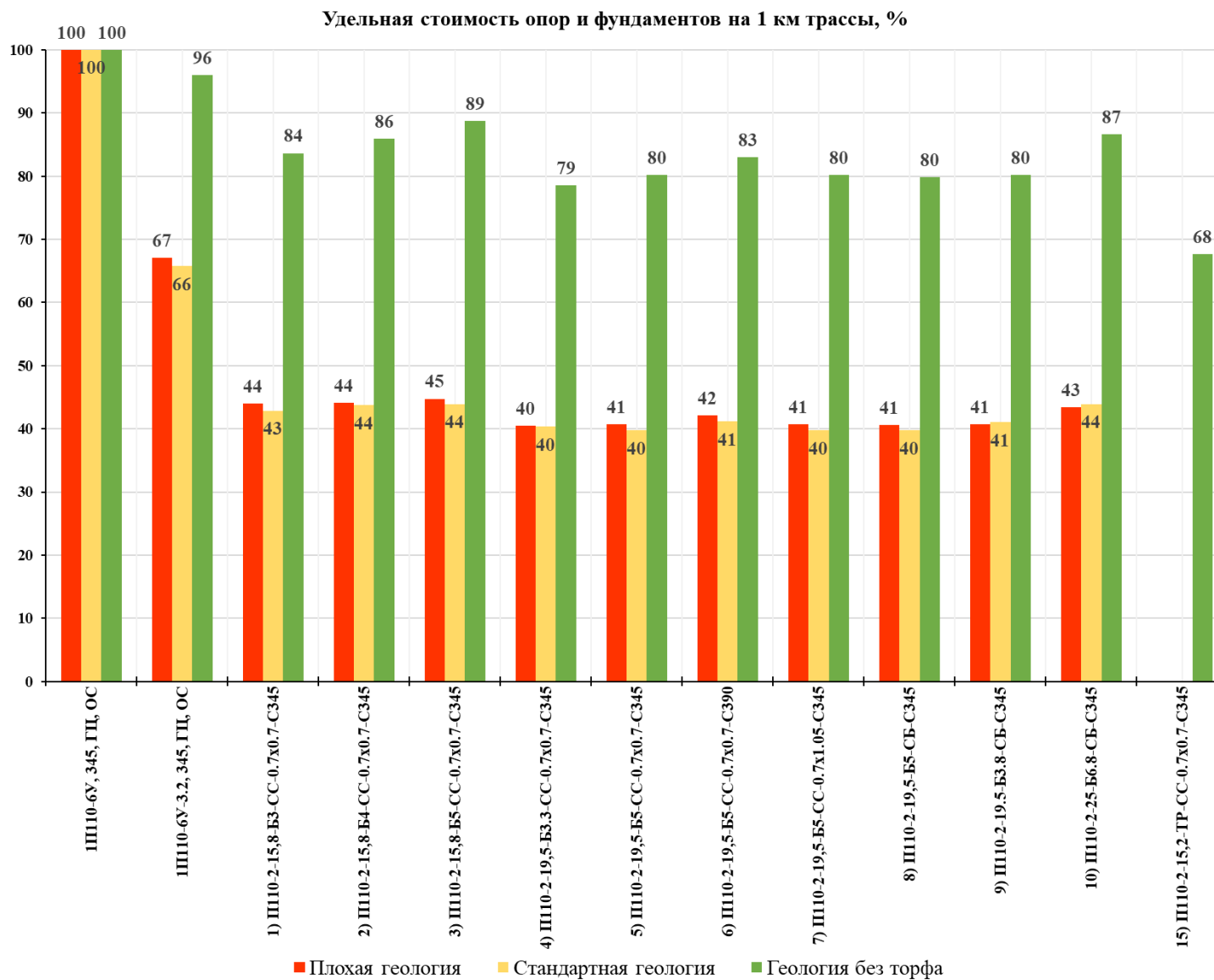
Суммарная стоимость опор и фундаментов для всех новых опор ниже, чем для типовых

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

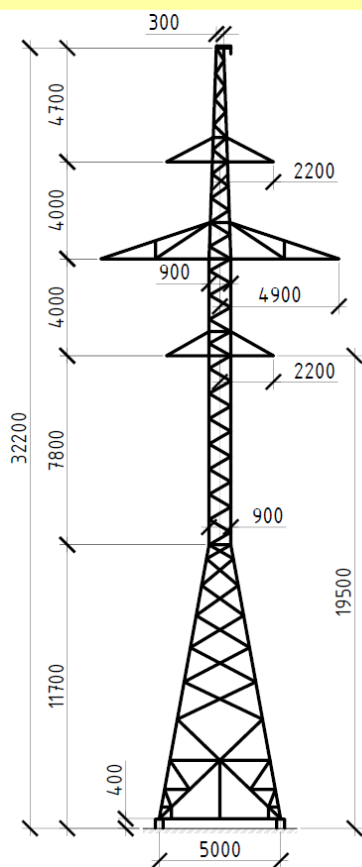
11) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345-М

12) П110-2-19,5-Б3.8-СБ-С345-М

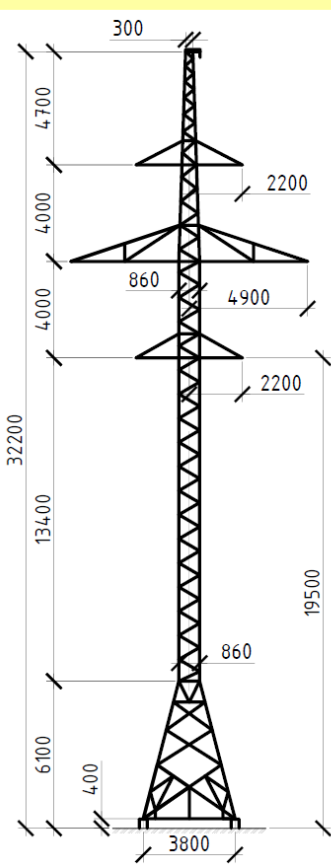
13) Типовая модернизированная 1П110-6М

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

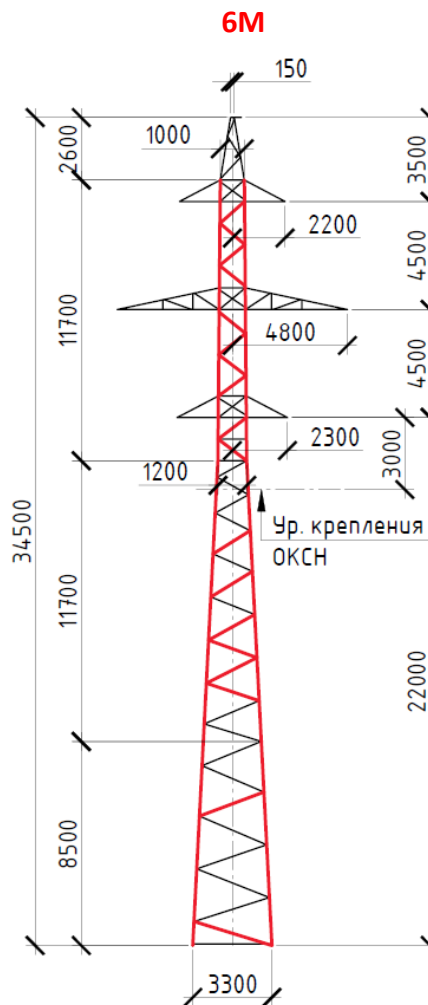
Размеры ствола сокращены, база опор увеличена – нагрузки на опору и фундаменты уменьшены



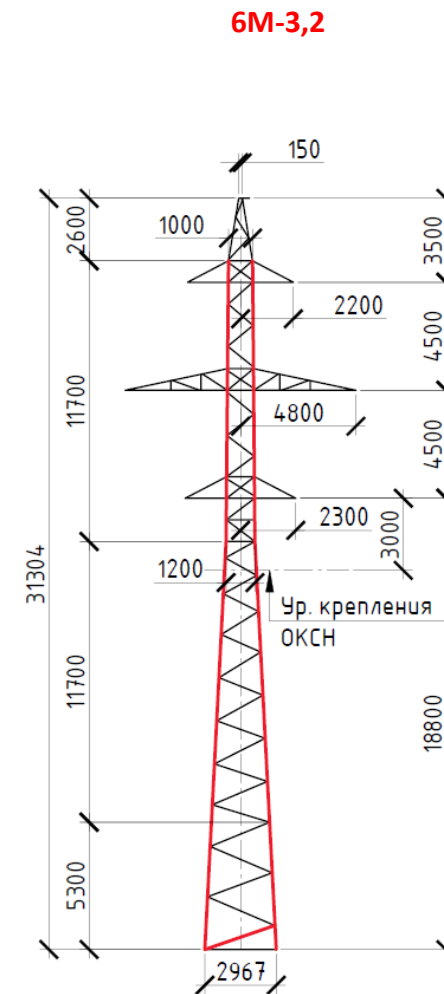
Масса 3,91 т



Масса 3,95 т



Масса 4,37 т



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

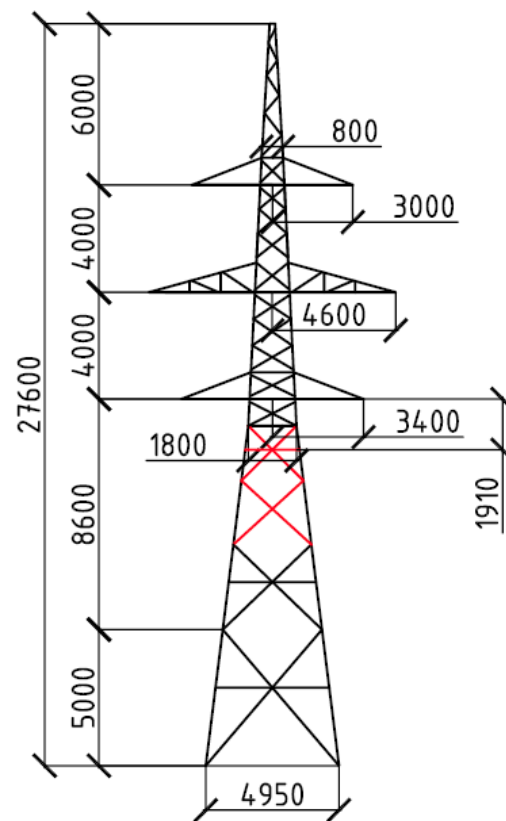
ПУЭ-7

Усиленная типовая опора 1У110-2У+5:

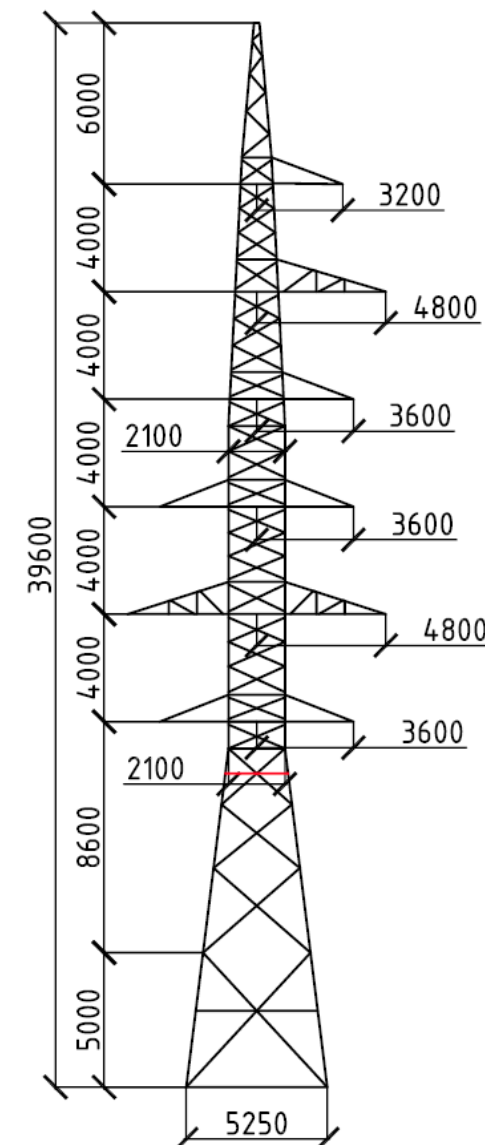
▶ Масса опоры для поворота оси ВЛ на 60°: 6400 кг

Усиленная типовая ответвительная опора 1У110-8У+5

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



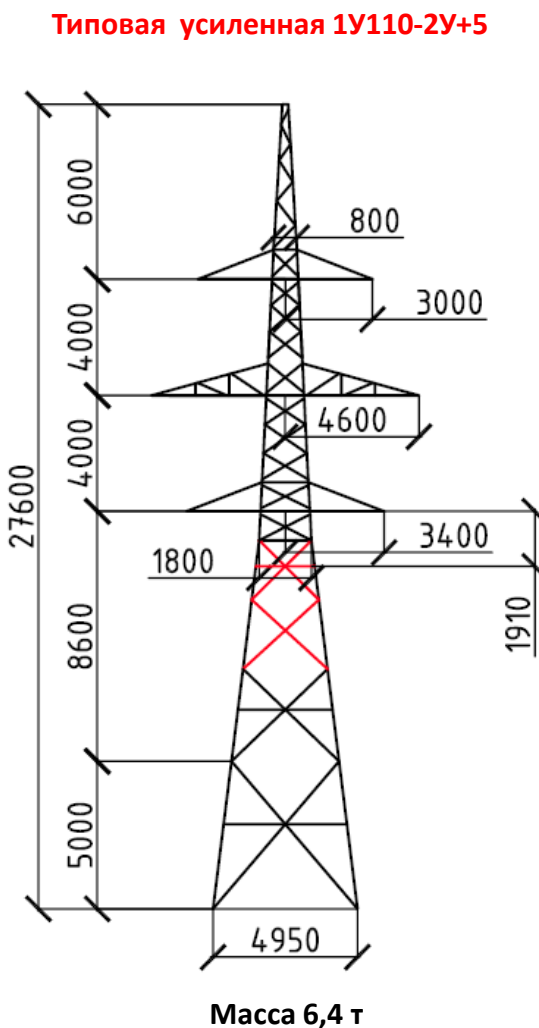
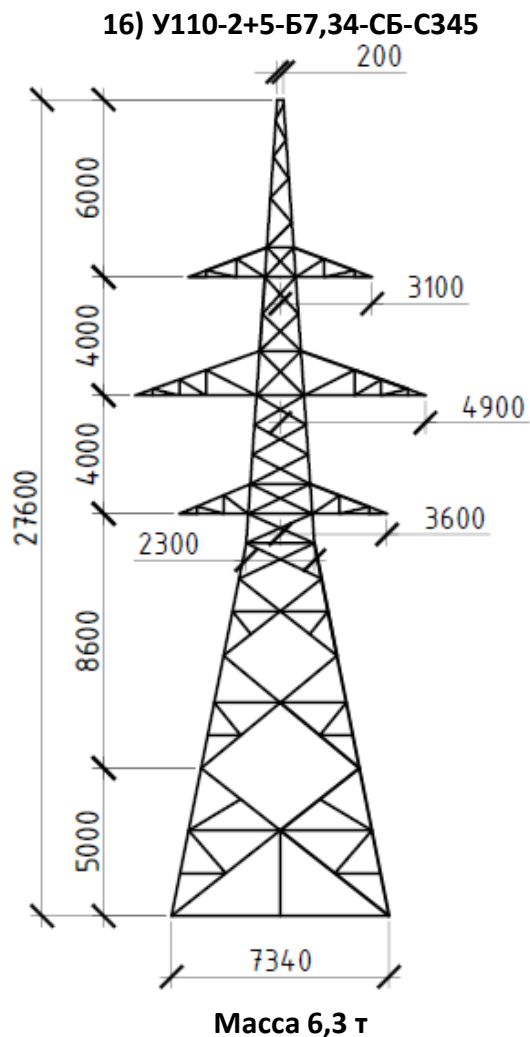
1У110-2У+5



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 крепления)

- 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.

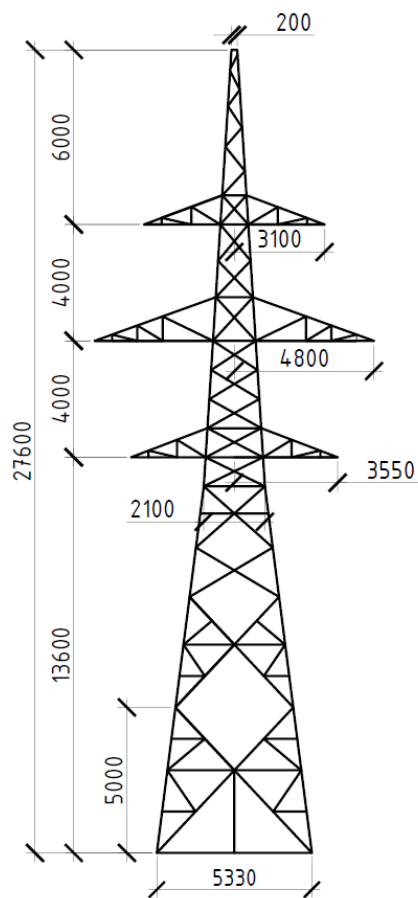
В результате нагрузки сократились:

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

Масса сократилась на 1,6%

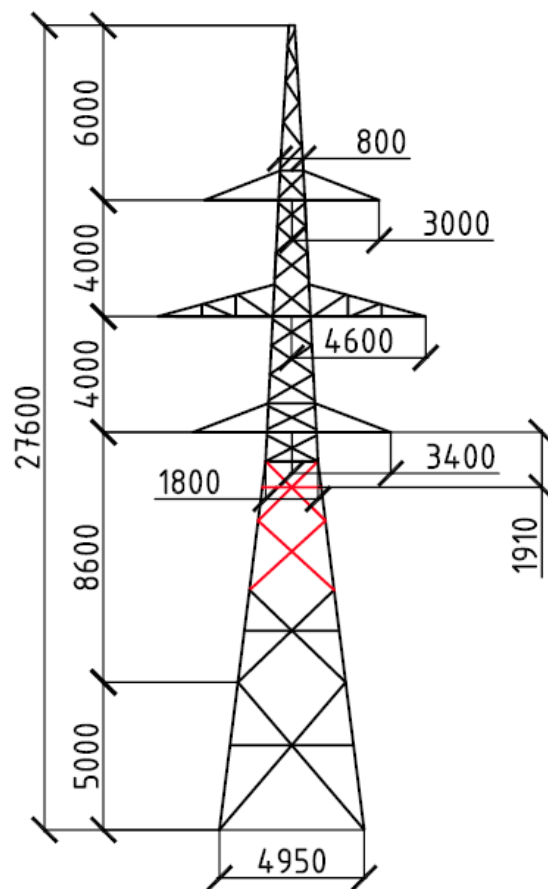
Анкерно-угловая опора с уменьшенной массой

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

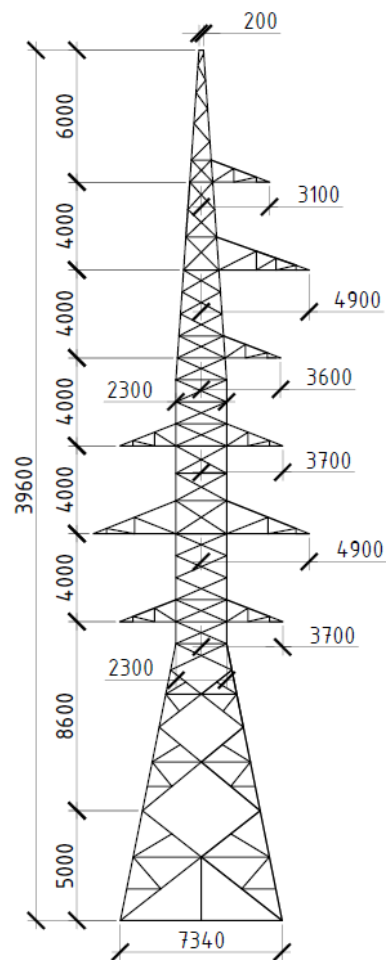
Масса опоры меньше массы

типовой усиленной опоры (на 700 кг) **на 11%**

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

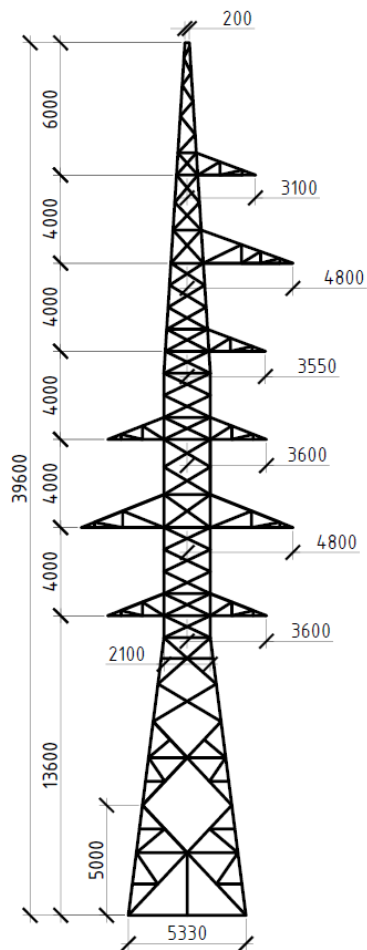
Ответвительные опоры

18) У110-8+5-Б7,34-СБ-С345



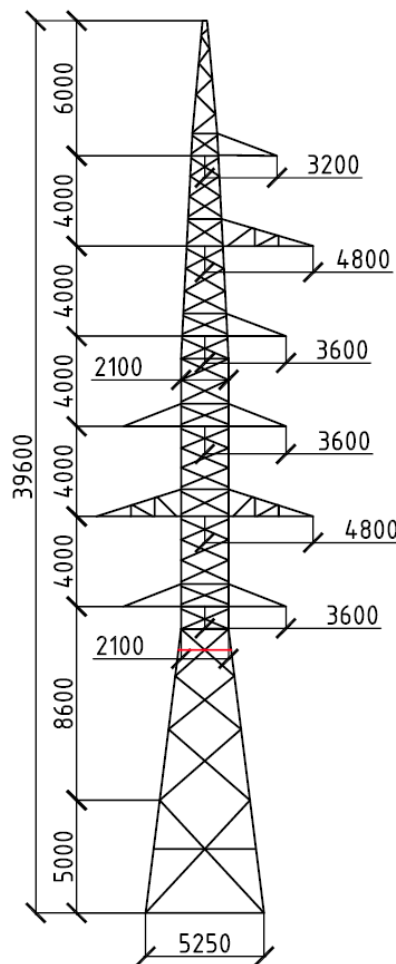
Масса 9,9 т

19) У110-8+5-Б5,33-СБ-С345



Масса 9,0 т

Типовая усиленная 1У110-8У+5



Масса 12,1 т

Для сокращения массы

- использована шпренгельная решетка

Масса опоры уменьшилась

в опоре 18 на 18%;

в опоре 19 на 26%

Для сокращения нагрузок на основание

(уменьшения затрат на свайные закрепления)

в опорах увеличено расстояние между осями

фундаментов с 5,25 м у типовой

до 7,34 в опоре 18 и 5,33 м в опоре 19

Для разработки рекомендуется 2 модификации

19) У110-8+5-Б5,33-СБ-С345 для «легких» и

У110-8+5-Б5,33-СБ-С345М для «тяжелых»

проводов

Испытаний ответвительных опор не требуется

Итоговые эффекты по промежуточным и анкерным опорам

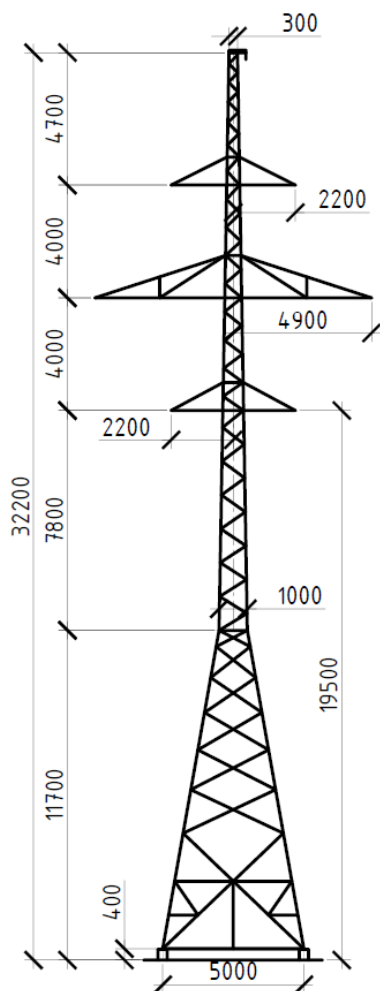
	Типовая промежуточная усиленная		Предлагаемая промежуточная	
	Для АС120/19	Для «тяжелых» проводов	Для АС120/19	Для «тяжелых» проводов (модернизированная)
Марка опоры	1П110-6У	1П110-6М	9) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345	12) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345-М
Масса опоры, т	4,3	4,4	3,4	4,0
Эффект по массе			21%	9%
Эффект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

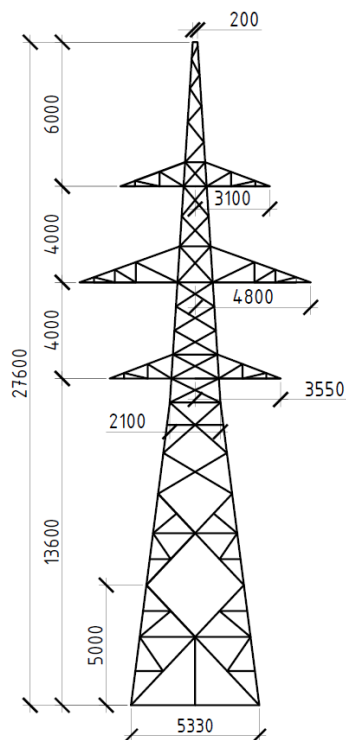
8) П110-2-19,5-Б5-СБ-С345



Масса 3,4 т

Анкерно-угловые

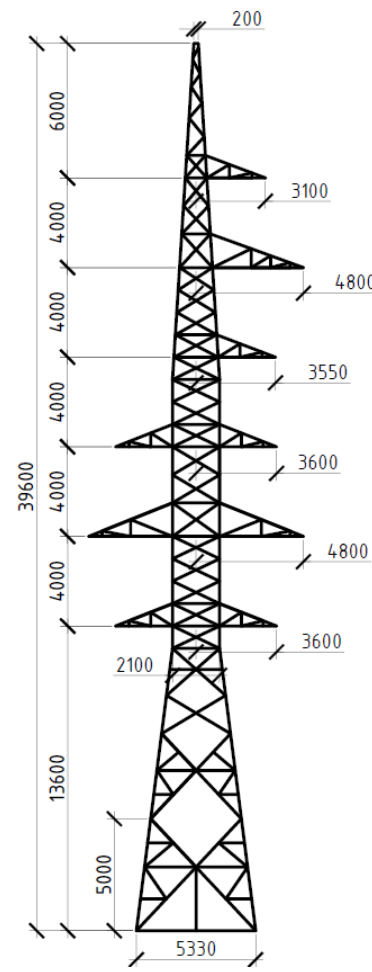
17) У110-2+5-Б5,33-СБ-С345



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