



# Инжиниринговая компания Метсбытсервис



## Модификация проводов нового поколения

# АНВП

Простые решения сложных проблем



РОССЕТИ



ОТ НОВЫХ ИДЕЙ ДО УМНЫХ СЕТЕЙ

## Энергопрорыв

Проект - Победитель 2021

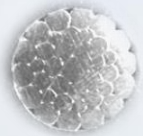


Deutsches  
Patent- und Markenar



РОССТАТ





# Провод АНВП

Сочетание нового сплава 6101 - Т4, разработанного ОК РУСАЛ сплава, и конструкции ООО «Метсбытсервис» позволило разработать абсолютно уникальный

(2 патента РФ и Патент ФРГ (DE102014101833)), российский продукт:

- ▶ Провод АНВП, успешно заменяющий серийный провод АС, со значительно лучшими электромеханическими характеристиками.
- ▶ Электромеханические характеристики АНВП, позволяют оптимизировать ремонтный запас и реконструкцию ВЛ.

Провод АНВП обладает значительными преимуществами:

- не имея стального сердечника, сплав и конструкция обеспечивают большую механическую прочность, чем провода АС тех же, и даже больших диаметров;
- благодаря свойствам сплава 6101 - Т4, в отличие от других, повышение прочности не влечёт значительный рост электрического сопротивления;
- конструкция снижает гололёдообразование (максимальная крутильная жёсткость);
- провод обеспечивает снижение целого ряда типов нагрузок на все элементы ВЛ;
- провод упрощает проблему реконструкции ВЛ без замены старых опор;
- расширяет возможности при новом строительстве;



# Провод АНВП

Сечение мм <sup>2</sup>	Ø, мм	Вес, Кг/км	R, ОМ/ 1 км	Разрывное усилие провода (МПР), Н	Длительно допустимый ток, А
44,54	8,0	124,2	0,73	13400	260
59,06	9,2	164,7	0,55	17600	312
69,67	10,0	194,3	0,466	20500	345
83,59	11,0	233	0,389	24500	386
107,97	12,5	301,2	0,301	31200	455
118,55	13,0	330,7	0,274	33900	488
135,88	14,0	379	0,239	37100	531
157,79	15,0	440	0,206	43000	584
164,40	15	460	0,198	49400	625
180,61	16,0	502	0,18	52400	641
201,59	17,0	561	0,161	58500	683
240,72	18,5	670	0,135	69300	772
309,35	21,0	860	0,105	83000	908
354,29	22,5	988	0,092	93200	986

- Модуль упругости  $E$ , Н/мм<sup>2</sup> - 65 000
- Модуль нач. растяжения  $F$ , Н/мм<sup>2</sup> – 53 000
- Мод. пред. (конеч.) растяжения  $D$ , Н/мм<sup>2</sup> - 65 000

\* - Провода АНВП и его модификации (СИП), были представлены в рамках Конкурса «Энергопрорыв-2021» (Проект вошёл в число победителей, поддержан ПАО «Россети» (Приказ №130 от 17.03.22)

# Материал не важен!

## Преимущества конструкции подтверждены на изделиях из стали, меди и алюминия

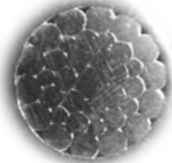


Провод АНВП являясь абсолютно инновационным продуктом одновременно является модификацией конструкции серийно применяемой с 2008г. – грозозащитного троса МЗ.

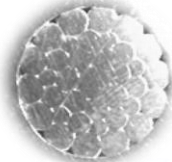
Все механические особенности конструкции прошли экспериментальную, но и проверку более чем на 22 000 км ВЛ.

### Экспериментально подтверждены, на изделиях из трёх материалов:

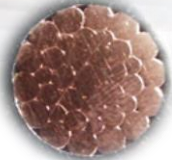
- значительное увеличение прочности, без увеличения диаметра;
- снижение аэродинамической нагрузки (20-35%);
- гололёдообразования (25-40%);
- самопогашение колебаний и предотвращение раскручивания;
- в несколько раз снижается эксплуатационная вытяжка;



Сталь



AL



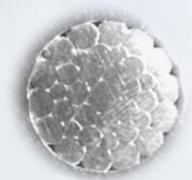
Cu



Аналогичная конструкция произведённая из меди, после года испытаний по стандартному регламенту, и двух лет испытаний, по специально разработанному для этого проекта АО РЖД, регламенту (включая ОПЭ) устанавливается с 2015г. на главном пути наиболее нагруженных Западно Сибирской, Восточно Сибирской, Свердловской и Южно-Уральской ЖД (Распоряжение АО РЖД №3148р).

### Дополнительно подтверждены:

- Увеличение длительно допустимого тока без увеличения диаметра;
- Значительное снижение термической потери прочности и температурной ползучести, относительно стандартных конструкций.




## Провод пластически деформированный, из сплава Т4 Сравнение АНВП с некоторыми возможными аналогами

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Тяжение, кН	Макс. напряжение Бг кН/мм кв	R при 20С, ом/км	Диаметр, мм	Вес 1 км, кг	Ток, А (75°С)
АНВП 240,72 (Метсбытсервис)	73,901	33,26	0,1381	0,135	18,5	670	658
AERO-Z 242-2Z	80	36	0,1463	0,1362	18,9	678	596
АНВП 309,35 (Метсбытсервис)	92,805	41,76	0,135	0,1051	21	860	773
AERO-Z 301-2Z	99,5	44,78	0,1462	0,1094	21	844	683
АНВП 240,72 (Метсбытсервис)	69,8	31,41	0,1305	0,135	18,5	670	658
АНВП 309,35 (Метсбытсервис)	86,62	38,98	0,126	0,1051	21	860	773
АС 240/32	75,05	33,77	0,1225	0,1182	21,6	921	635

### Провод Ø16,0мм АНВП 180,6 - Т4, Опыт применения

ВЛ 110 Голутвин – Рубин, филиала  
ПАО «Россети Московский регион» -  
«Восточные электрические сети», с  
линейной арматурой производства  
АО «ЭССП».

### Провод Ø15,0мм АНВП 164,4 - Т4, Опыт применения Электрификация объектов ПАО «Полюс-Золото».

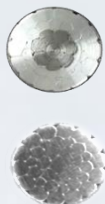
	Суммарное разрывное усилие всех проволок в проводе, Н, не менее	Площадь сечения всех Al проволок в проводе, мм <sup>2</sup>	Масса 1000м не смазанного провода, кг	Электрическое сопротивление Ом/км
<b>АНВП Ø16,0мм</b>	<b>59000</b>	<b>201,59</b>	<b>500</b>	<b>0,180</b>
АС 159/19, Ø16,8мм	46307	159	554	0,2046
АС 159/24, Ø17,1мм	52279	159	599	0,2039
АС 185/29, Ø18,8мм	62055	185	728	0,1591
АААС-Z177-1Z, Ø16,8мм	57070	179	507	0,18501



# Пример возможного эффективного импортозамещения - замена АААС Z148 -1Z

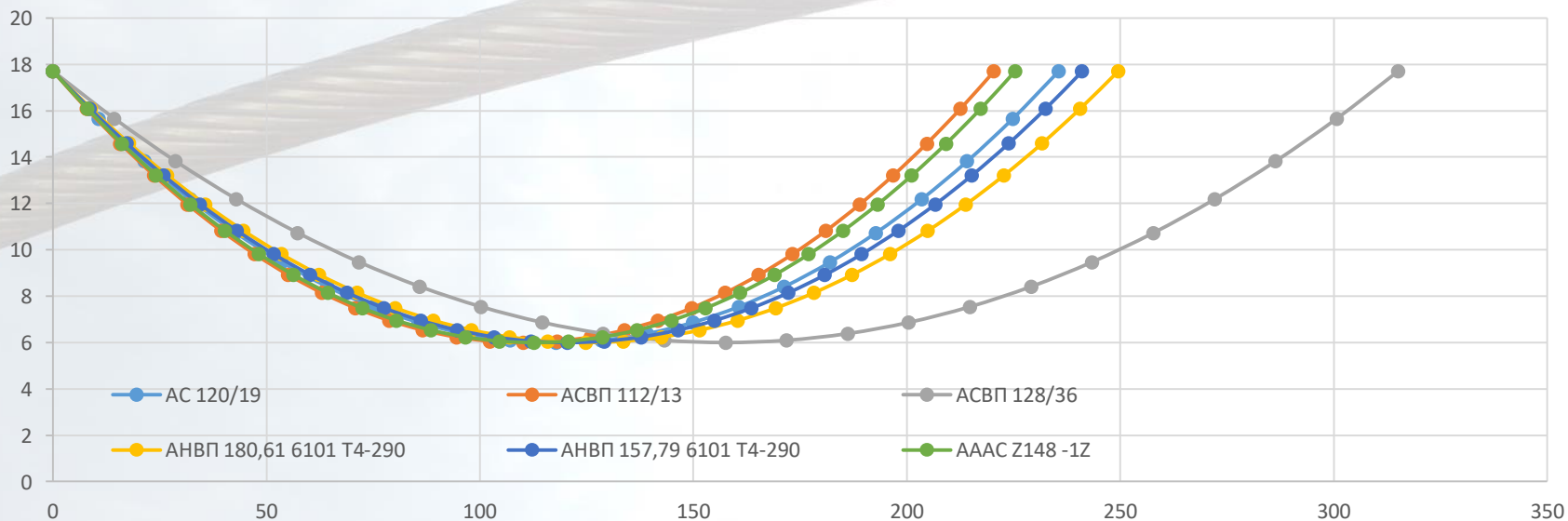
ВЛ 110 кВ ВЛ 110 кВ Оленья-Ямбург

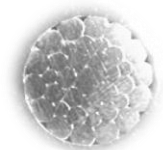
Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Максимальное напряжение, Бг(Б-) даН/мм <sup>2</sup>	Макс. напряжени е, Бэ, даН/мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	Длина габаритного пролета, м
АС 120/19	41,521	1868,41	13,658	9,105	15,2	471	236
АСВП 112/13	35,8	1611	12,888	8,592	13,5	404	220
АСВП 128/36	77,067	3468,04	21,108	14,072	15,2	645,9	315
АНВП 180,61 6101 Т4-290	52,38	2095,26	11,601	8,701	16	502	250
АНВП 157,79 6101 Т4-290	42,95	1932,77	12,249	8,166	15	440	241
АААС Z148 -1Z	42,96	1718,41	11,526	8,644	14,7	477,9	225



При реконструкции и замене провода АААС Z148 -1Z на действующих ВЛ оптимален провод АНВП 157,79 6101 Т4-290 или АНВП 180,61 6101 Т4-290. Снижаются ветровые, гололёдные и вибрационные нагрузки на старые опоры, увеличивая надёжность и срок службы всех элементов действующих ВЛ. При значительно меньшей (чем АААС Z148 -1Z) цене, обеспечит значительный рост пропускной способности, снижение потерь.

При новом строительстве оптимальной альтернативой АААС Z148 -1Z является АСВП 128/36, обеспечивая снижение стоимости строительства и жизненного цикла ВЛ.





# АНВП

## мобильность технических решений при ремонтах и реконструкции

(возможность замены 2х типов провода **одним**, с минимизацией нагрузок на опоры)

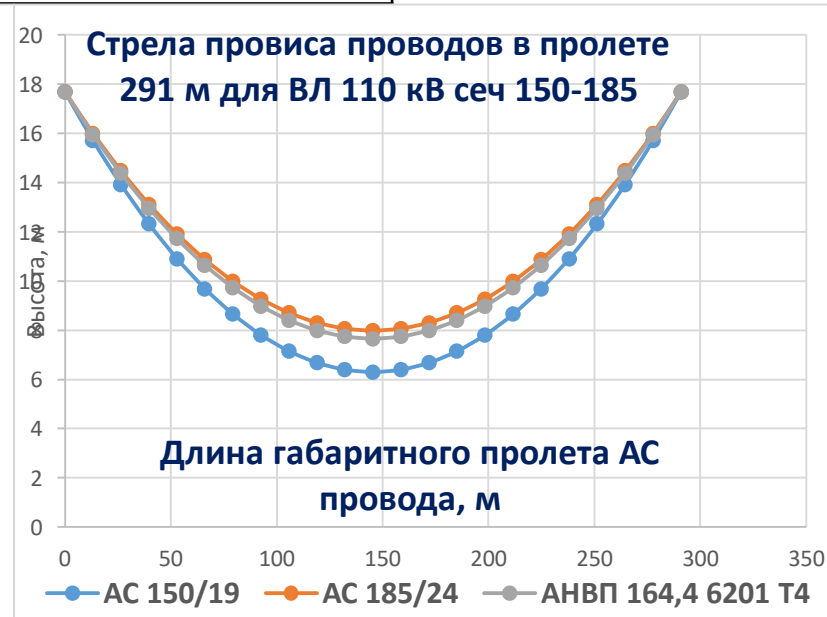
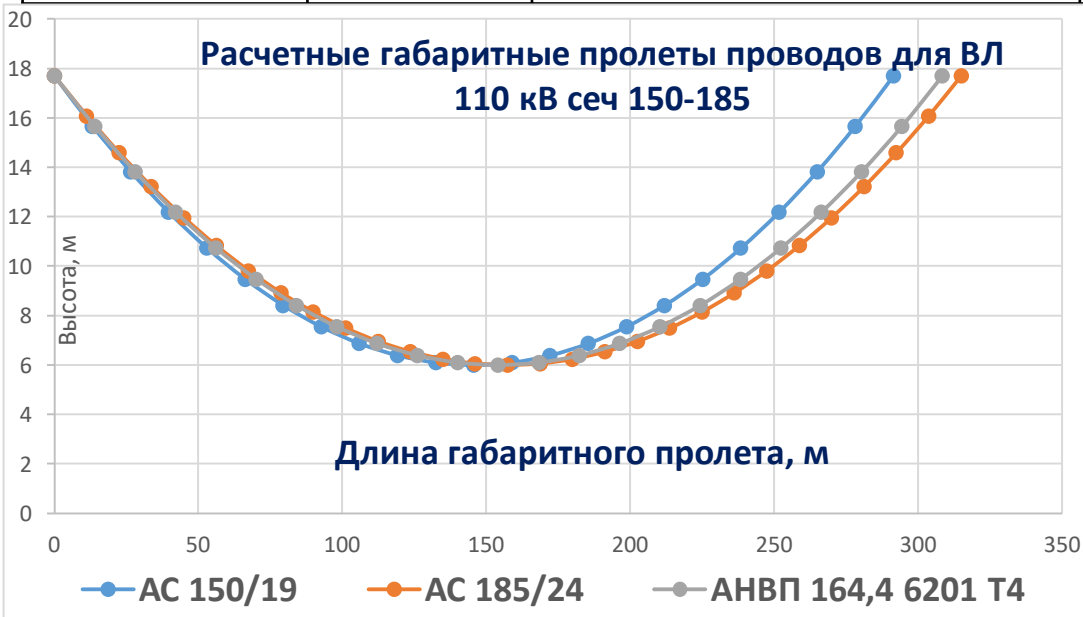
ВЛ 110кВ <u>сечение АС 150-185</u> Сравнение проводов по величине расчетных габаритных пролетов								Температура, 50° С, Стрела провиса, м/ Б, даН/мм <sup>2</sup>						
Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Макс. напряжение, Бг(Б-) даН/мм <sup>2</sup>	Макс. напряжение, Бэ, даН/мм <sup>2</sup>	Диаметр мм	Вес 1 км, кг	Длина пролета, м	tmin	tr+b+b	tэ	tmax			Max
								-50	-5	-1	50	70	90	150
АС 150/19	46,3	2083,8	12,5	8,3	16,80	554,0	291	8,5	11,7	10,1	11,5	12,0	12,5	13,9
								4,1	12,5	3,5	3,1	2,9	2,8	2,5
АС 185/24	58,1	2613,4	12,4	8,2	18,90	705,0	315	8,2	11,6	10,0	11,6	12,2	12,7	14,3
								5,1	12,4	4,2	3,6	3,4	3,3	2,9
<b>АНВП 164,4</b>	<b>49,4</b>	<b>2223,0</b>	<b>13,5</b>	<b>9,0</b>	<b>15,00</b>	<b>460,0</b>	<b>308</b>	7,1	11,7	9,2	11,1	11,8	12,4	14,2
								4,7	13,5	3,6	3,0	2,8	2,7	2,3

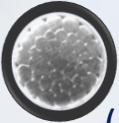
Основные заданные параметры для расчета габаритных пролетов проводов: Габаритный пролет определен при условии нагрева провода до максимальной температуры = tmax (50,0°С). Габаритная стрела провиса 11,7 м. Высота подвеса проводов на 110 кВ -17,7 м, наименьшее допустимое расстояние до земли - 6,0 м. Опора типа П110-3.

Климатические условия: ветер - 65 даН/мм<sup>2</sup>(III зона), при гололеде - 16,25 даН/мм<sup>2</sup>, гололед 20 мм (III зона). Допустимый ток рассчитан для t воздуха = 25 °С.

Название провода	Сечение Al, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Длительно допустимый ток, А
АС 150/19	148	0,2046	486
АС 185/24	187	0,154	564
<b>АНВП 164,4 6201 Т4</b>	164,4	0,198	<b>625</b>

Внешние условия для расчета допустимых токов: ветер со скоростью 0,6 м/с перпендикулярно проводу, Интенсивность солнечной радиации 1000 Вт/м<sup>2</sup>, воздух «ч», пост. поглощения - 0,6, излучения - 0,6





## Тот же АНВП может быть выполнен в варианте СИП-3

(сравнение модификации провода АНВП 164,4 6201 Т4 в варианте СИП-3 и СИП-3-ГОСТ 31946)

Наименование	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Вес кг/км	Наружный диаметр, мм	Сопротивление при 20°С, Ом/км	Сопротивление (в сравнении с СИП-3-АНВП)	Разрывная нагрузка жилы, кН	Разрывн. нагрузка ( <u>увеличение</u> в сравнении с СИП-3-АНВП)	Допустимый ток, А (согласно документации производителя)	Допустимый ток, А ( <u>увеличение</u> в сравнении с СИП-3-АНВП)
СИП 3 (ГОСТ 31946)	150	618	22	0,236	+16,10%	43,4	-13,82%	485	-12,58%
<b>СИП 3 (АНВП-15)</b>	<b>164,4</b>	<b>584</b>	<b>19,6</b>	<b>0,198</b>	-	<b>49,4</b>	-	<b>546</b>	-
СИП 3 (ГОСТ 31946)	185	808	24	0,188	-5,32%	53,5	7,66%	560	2,50%

При **ВОЗМОЖНОСТИ** замены:

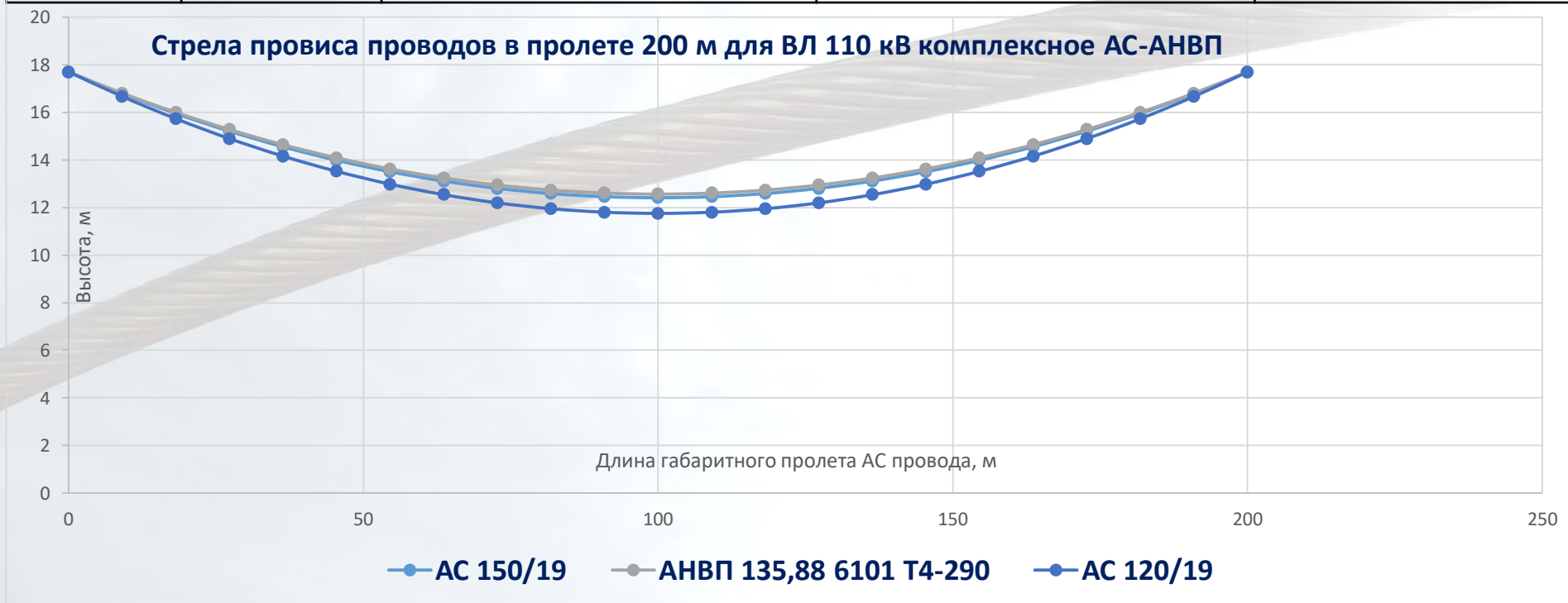
1. **Значительное** улучшение параметров относительно СИП3(ГОСТ 31946) того же сечения.
2. Рост  $I_{дл. доп}$  и снижение сопротивления при минимуме изменений других параметров, в сравнении с проектным СИП-3-1х150(ГОСТ 31946).
3. Пересмотра пролётов не требуется, т.к. вес меньше, разница в тяжении не существенна относительно СИП-3-1х150 и 1х180(ГОСТ 31946).
4. Возможность замены СИП-3(ГОСТ 31946) большего сечения при минимуме изменений параметров, в сравнении с проектным.

- ✓ Опыт применения – ПАО «Россети Московский регион» и электрификация объектов АО «Полюс Золото», со стандартной линейной арматурой.
- ✓ Любой типа-размер АНВП может быть выполнен в варианте СИП– 3. Класс напряжения до 110кВ



ВЛ 110 кВ Альтернатива одновременно АС 120 и 150 (Сравнение проводов в пролёте 200м)							Температура, 40°С, Стрела провиса, м/б, даН/мм <sup>2</sup>							
Провода	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Макс. напряжение, Бг(б-) даН/мм <sup>2</sup>	Макс. напряжение, Бэ, даН/мм <sup>2</sup>	Ø мм	Вес 1 км, кг	tmin	tr+в+в	tr	tэ				Max
							-50	-5	-5	-1	50	70	90	150
АС 150/19	46,3	2083,8	12,5	8,3	16,80	554,0	2,5	5,5	5,3	4,0	5,4	5,9	6,3	7,6
							6,8	12,5	11,2	4,2	3,1	2,8	2,6	2,2
АС 120/19	41,5	1785,2	13,1	8,7	15,20	471,0	3,3	6,2	5,9	4,7	6,0	6,4	6,8	7,9
							5,2	13,1	11,5	3,7	2,9	2,7	2,5	2,2
АНВП 135,88	42,9	1930,5	14,2	9,5	14,00	379,0	1,5	5,5	5,1	3,0	4,8	5,4	5,9	7,4
							9,1	14,2	12,7	4,6	2,9	2,6	2,4	1,9

Провода	Сечение Al, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Ток в ном. режиме при J=1,1 А/мм <sup>2</sup> , А	Длительно допустимый ток, А
АС 150/19	148	0,2046	162,8	486
АС 120/19	118	0,244	129,8	418
АНВП 135,88	135,88	0,239	149,5	530

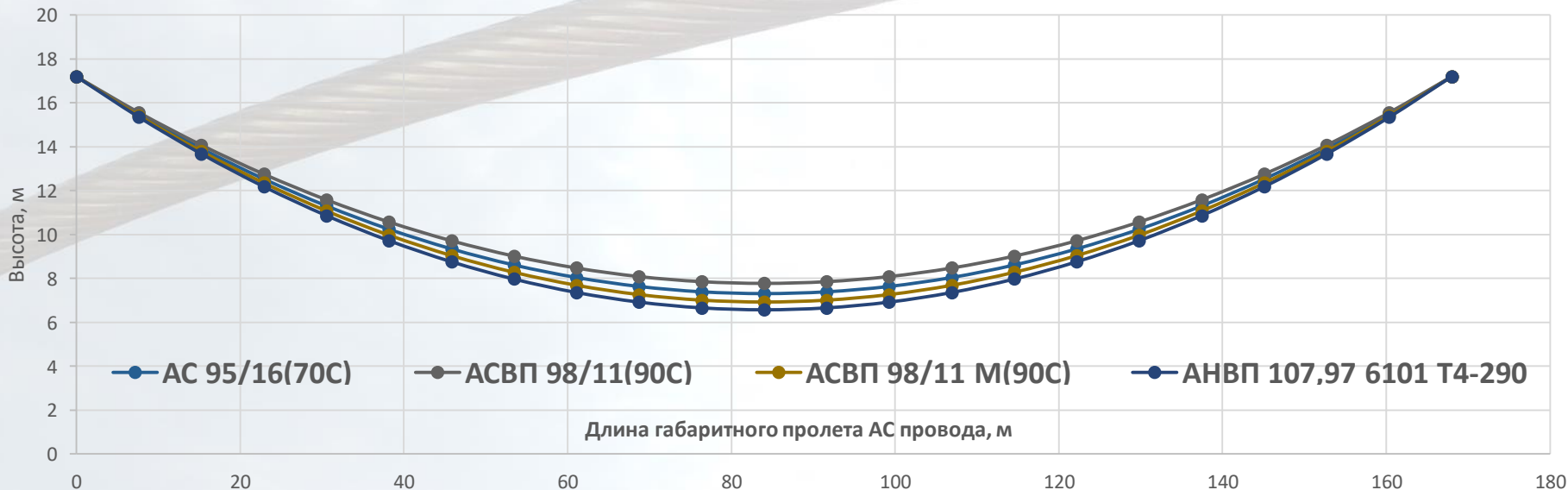


**ВЛ 110 кВ Альтернатива одновременно **АС 95** (Сравнение проводов в пролёте 168м)**

 Температура, 42°С, Стрела провеса, м/ Б, даН/мм<sup>2</sup>

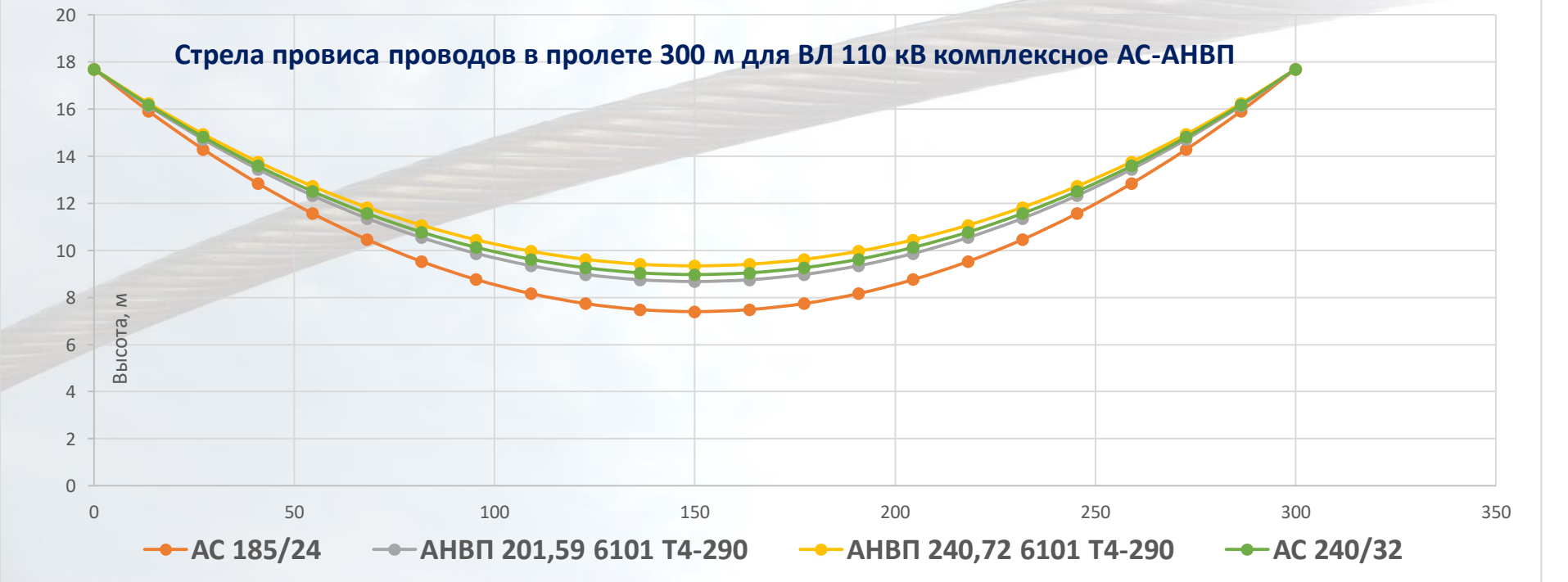
Провода	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Макс. напряжение, Бг(Б-) даН/мм <sup>2</sup>	Макс. напряжение, Бэ, даН/мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	t <sub>min</sub>	t <sub>r+B</sub>	t <sub>r</sub>	t <sub>э</sub>				Max
							n	+B						
							-39	-5	-5	6	42	70	90	150
<b>АС 95/16</b>	33,4	<b>1334,7</b>	12,0	9,0	<b>13,50</b>	<b>385,0</b>	8,7	9,8	9,7	9,2	9,6	9,9		
							1,4	12,0	10,1	1,3	1,3	1,2		
АСВП(Т) 98/11	31,4	1413,4	12,9	8,6	12,60	354,0	7,8	9,2	9,1	8,4	8,9	9,2	9,4	10,1
							1,5	12,9	10,9	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
АСВП(Т) 98/11 М (Сечение AL-95мм <sup>2</sup> )*	32,5	1301,3	12,3	9,2	12,23	350,0	8,8	10,0	9,9	9,3	9,8	10,1	10,3	10,9
							1,3	12,3	10,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
<b>АНВП 107,97 6101 Т4-290</b>	31,2	1246,0	11,5	8,7	<b>12,50</b>	<b>301,2</b>	9,0	10,3	10,2	9,6	10,1	10,4	10,6	
							1,1	11,5	9,7	1,0	1,0	1,0	0,9	

Название провода	Сечение Al, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Длительно допустимый ток при t <sub>провода</sub> до 90°С	Длительно допустимый ток высокотемпературного исполнения при t <sub>провода</sub> до 150°С
<b>АС 95/16</b>	<b>95,4</b>	0,3007	<b>330</b>	
АСВП98/11М	95,06	0,303	383	518
АСВП 98/11	98,17	0,293	392	531
<b>АНВП 107,97</b>	<b>107,97</b>	<b>0,301</b>	<b>454</b>	

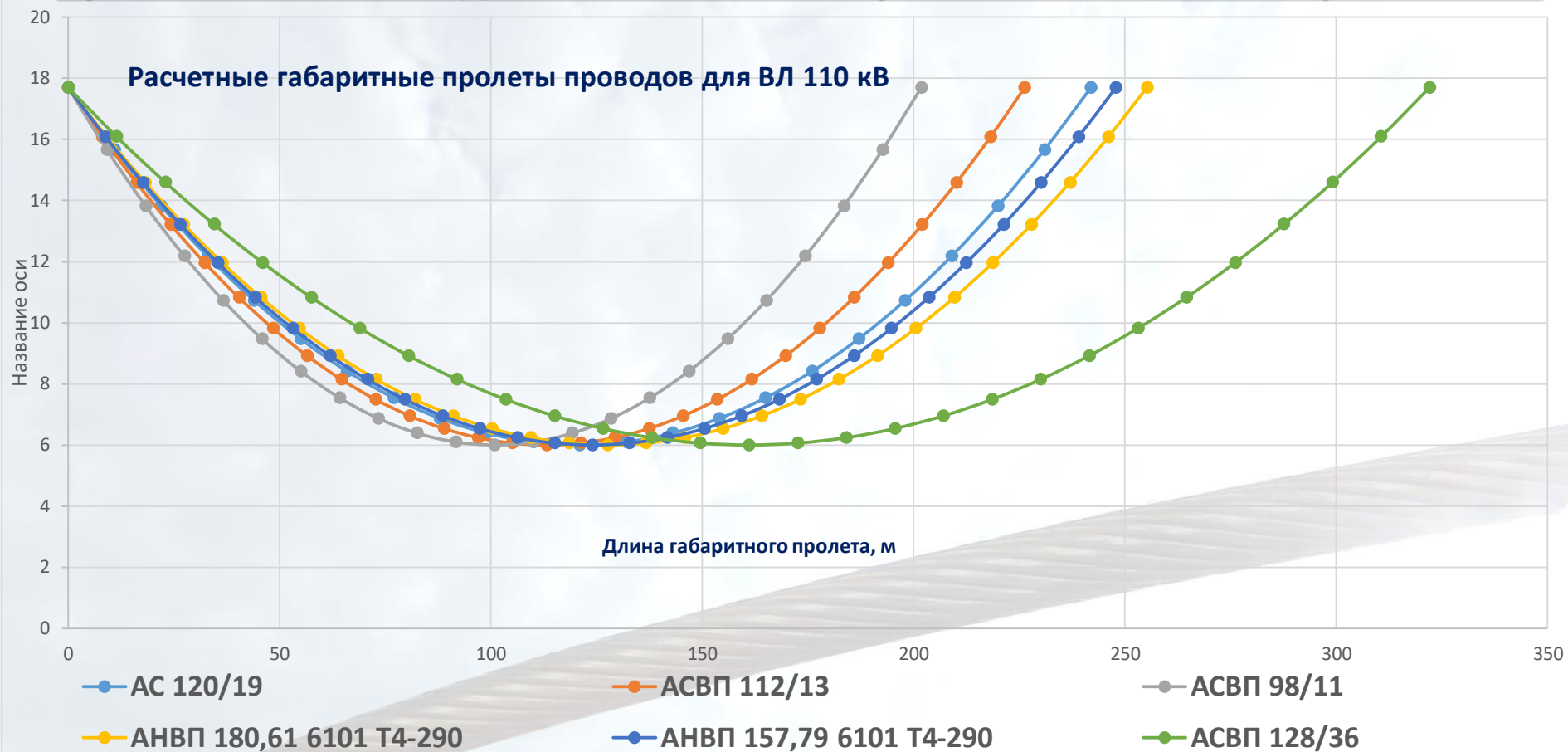


ВЛ 110 кВ Альтернатива одновременно <b>АС 185 и 240</b> (Сравнение проводов в пролёте 300м)								Температура, 40°С, Стрела провиса, м/ б, даН/мм <sup>2</sup>							
Наименование провода	Разрыв нагрузка кН	Макс. тяжение, даН	Макс. напряжение, бг(б-) даН/мм <sup>2</sup>	Макс. напряжение, бэ, даН/мм <sup>2</sup>	Диаметр мм	Вес 1км кг	Длина пролета, м	tmin	tr+в+в	tr	tэ				Max
								-50	-5	-5	-1	50	70	90	150
АС 185/24	58,1	2613,4	12,4	8,2	18,90	705	300	7,1	10,6	10,3	8,9	10,5	11,1	11,7	13,2
								5,3	12,4	11,1	4,2	3,6	3,4	3,2	2,8
АС 240/32	75,1	3377,3	12,3	8,2	21,60	921	300	5,3	9,0	8,7	7,3	9,1	9,7	10,3	12,1
								7,1	12,3	11,3	5,2	4,1	3,9	3,6	3,1
АНВП 240,72	69,3	3118,5	13,0	8,6	18,50	670	300	3,9	8,7	8,4	6,2	8,4	9,2	9,9	12,0
								8,0	13,0	11,8	5,1	3,7	3,4	3,2	2,6
<b>АНВП 201,59</b>	<b>61,0</b>	<b>2745,1</b>	<b>13,6</b>	<b>9,1</b>	<b>17,00</b>	<b>561</b>	<b>300</b>	4,4	9,4	9,0	6,7	8,9	9,6	10,4	12,3
								7,1	13,6	12,3	4,7	3,5	3,3	3,0	2,5

Провода	Сечение Al, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Ток в ном. режиме при J=1,1 А/мм <sup>2</sup> , А	Длительно допустимый ток, А
АС 185/24	187	0,154	205,7	564
<b>АНВП 201,59</b>	<b>201,59</b>	<b>0,161</b>	<b>221,7</b>	<b>683</b>
АНВП 240,72	240,72	0,135	264,8	772
АС 240/32	244	0,1182	268,4	670



# Сравнительные модели возможного применения АНВП на разных ВЛ

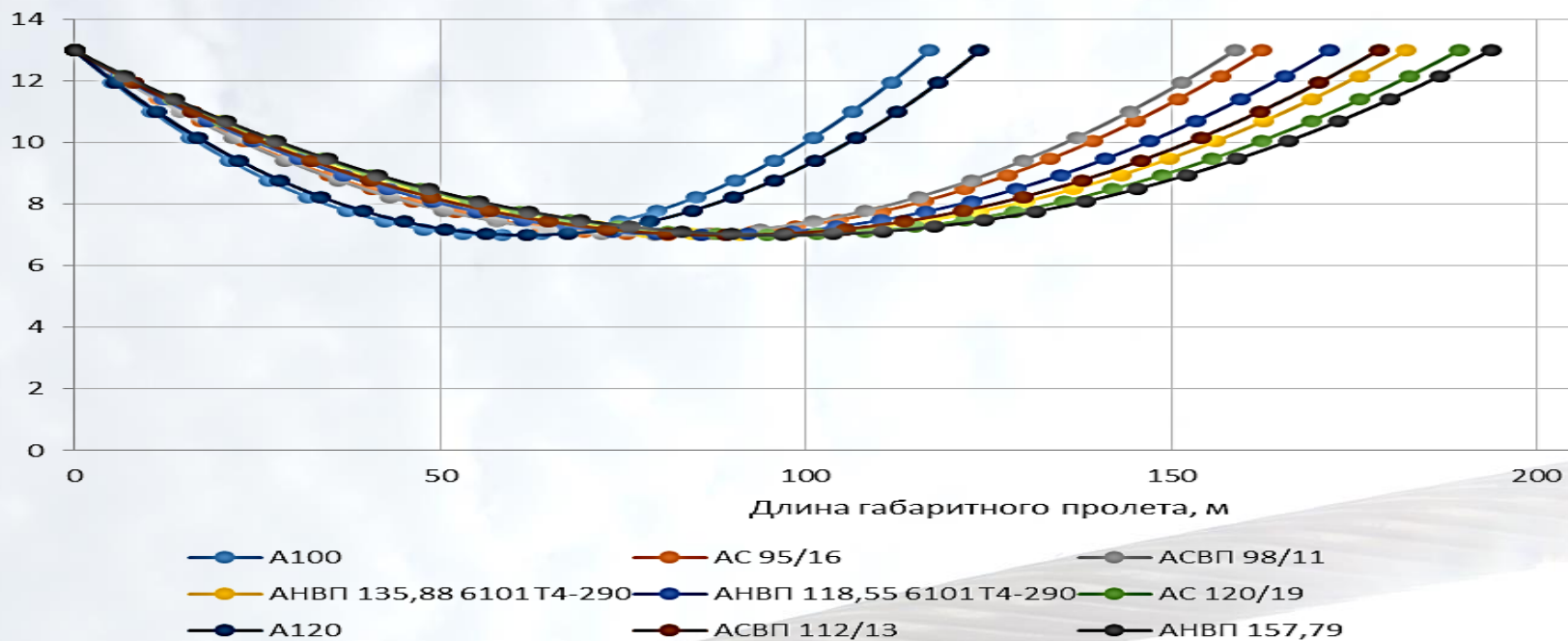
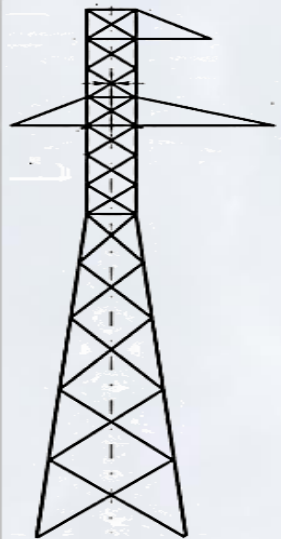


**Все рассматриваемые провода вписываются по стрелам провиса в габарит опоры ПБ110-5 для IV зоны по климатике.**

**Провод АС 120/19 можно заменять проводами АНВП 157,79 и АНВП 180,61 с существенным выигрышем в пропускной способности. Подходят, как на замену на старых ВЛ под существующие опоры, так и для новых ВЛ.**

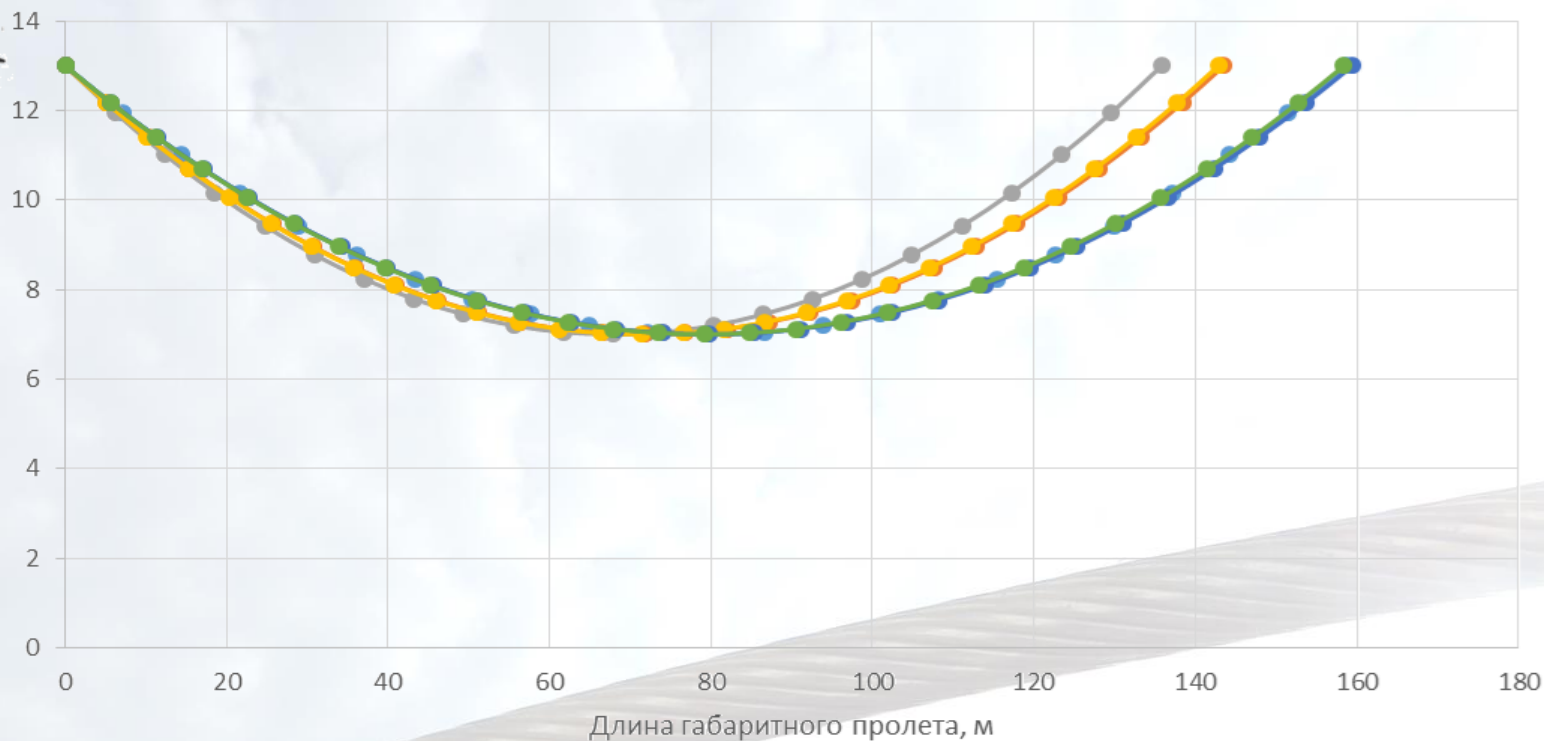
**Провод АС 120/19 можно заменять проводами АСВП 128/36 на новых строящихся ВЛ с увеличением длин пролетов.**

## Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 35 кВ Байкал 4



1. Провода АНВП намного лучше по механике проводов А одного сечения и, тем более, с большим сечением. Так что замена оправдана увеличением пролетов на 40% и более.
2. При замене, на старых опорах, провода АС на провод АНВП того же диаметра достигается увеличение пропускной способности на 15-20% и снижение электрического сопротивления на 17 – 20%. При этом снижаются ветровые, вибрационные и гололёдные нагрузки, что обеспечит больший срок службы всех элементов ВЛ.
3. При новом строительстве провода АС и АСВП можно также заменять проводами АНВП, но сечение провода АНВП должно быть немного больше (например, АНВП 118,55 на АС 95/16 и АСВП 98/11, а АНВП 135,88 на АСВП 112/13). В этом случае провода АНВП будут немного лучше по механике, и будет существенный выигрыш в пропускной способности, электрическом сопротивлении и в меньшей нагрузке на опоры за счет меньшего веса АНВП.
4. Провод АС 120/19 можно с небольшим выигрышем по механике, со снижением веса и громадным увеличением пропускной способности и электрическом сопротивлении заменить проводом АНВП 157,79.

## Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 35 кВ Франция 3



*АНВП, обладают большим длительно допустимым током и меньшим сопротивлением, имея сопоставимые механические характеристики в сравнении с аналогичными иностранными проводниками*

— ASHS 98/11 — Aster 75,5 — ASHS 68/8 — ANHS 83,59 6101 T4-290 — ANHS 107,97 6101 T4-290 — Aster 93,3

Название провода	Сечение Al, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление при 20°C, Ом/к	Ток на номинальном режиме А/мм <sup>2</sup> , А	Ток при 70°C	Ток при 90°C
АСВП 98/11	98,2	0,293	108,02	343	407
Aster 75,5	75,54	0,438	83,1	285	
АСВП 68/8	67,63	0,4258	74,4	271	320
АНВП 83,59	83,59	0,389	91,9	338	400
АНВП 107,97	107,97	0,301	118,8	398	471
Aster 93,3	93,27	0,354	102,6	322	