



## **Устройство контактной сети и воздушных линий**

Преподаватель Санкт –Петербургского  
подразделения Октябрьского УЦПК  
Кантерина Г.В.

14.01.2022г.



# Вопросы для повторения пройденного материала



**Контактная сеть  
- совокупность проводов,  
конструкций и  
оборудования,  
обеспечивающих  
передачу электрической  
энергии от тяговых  
подстанций к  
токоприемникам  
электроподвижного  
состава**

# Вопросы для повторения пройденного материала

1. Виды контактных подвесок.
2. Эластичность контактной подвески.
3. Простая контактная подвеска – назначение, область применения.
4. Виды цепных контактных подвесок.
5. Стрела провеса контактного провода
6. Жесткость контактной подвески.

# **Провода контактной сети и воздушных линий**

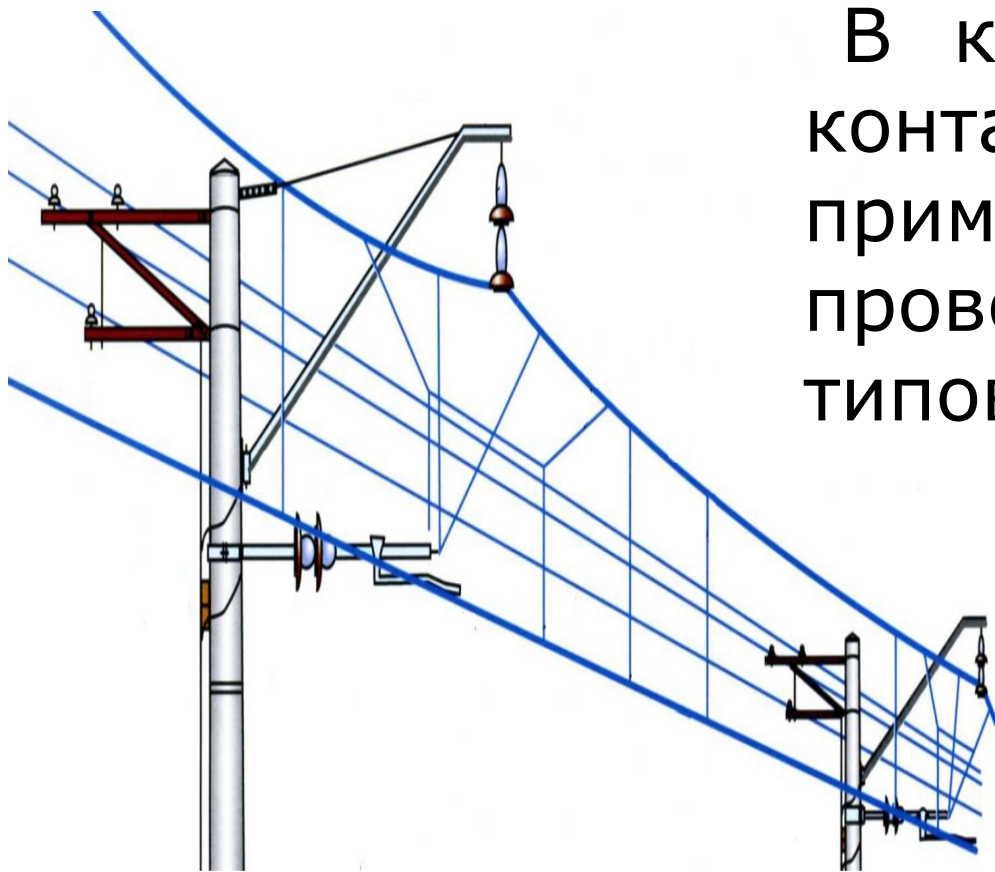
1. Контактные провода
2. Провода несущих тросов
3. Провода воздушных линий  
электропередачи

## ЦЕЛЬ УРОКА

- Знакомство с проводами, применяемыми в устройствах контактной сети и воздушных линиях, предъявляемые к ним требования, типы, маркировка.
- Изучение технических характеристик, назначения и области применения проводов и тросов контактной сети и воздушных линий.

# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

В качестве проводов контактной сети применяются фасонные провода различных типов и сечений



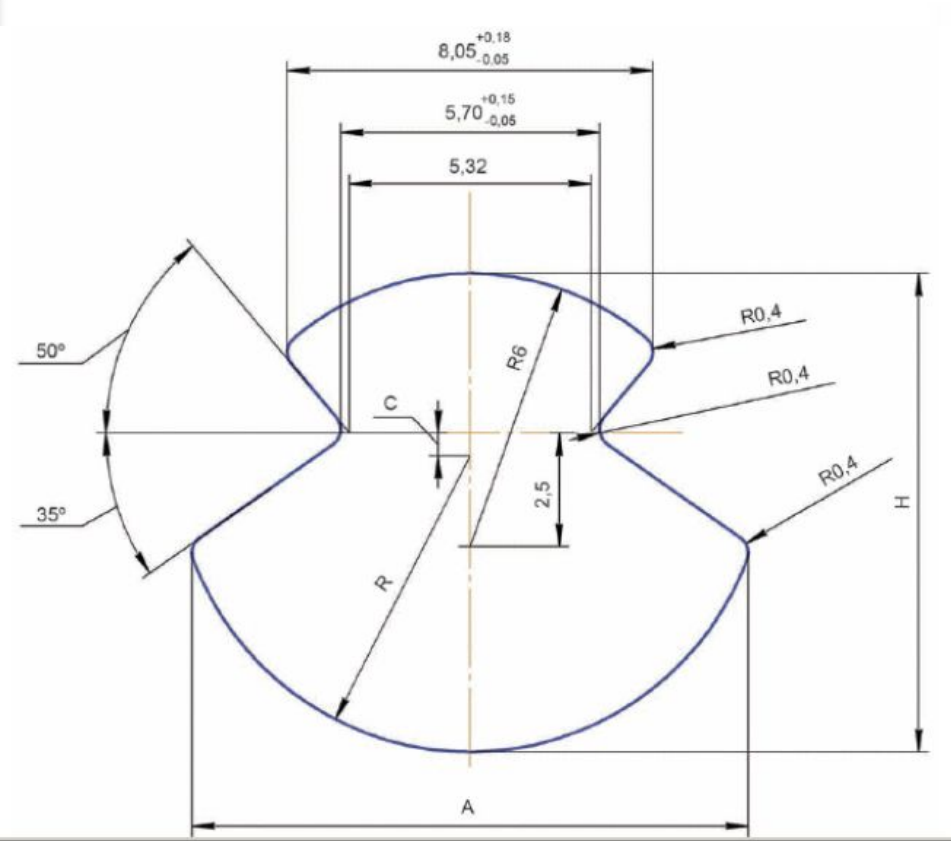
# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА



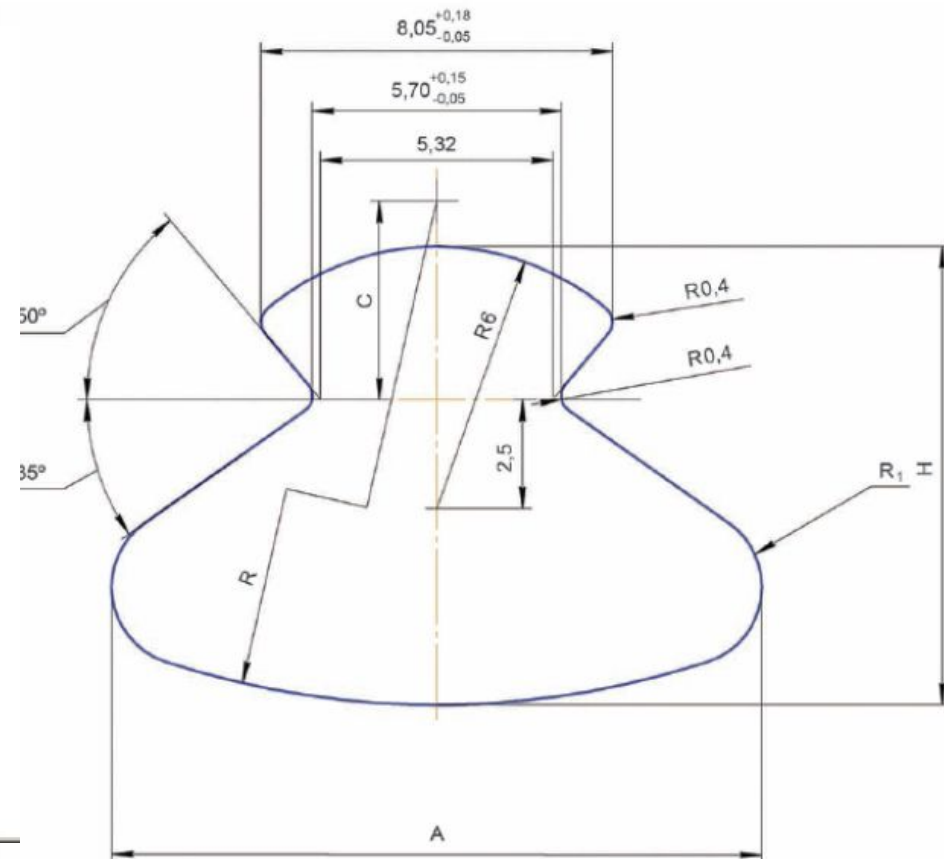
## **Основные требования, предъявляемые к контактным проводам:**

- высокая прочность,
- высокая износостойкость,
- высокая проводимость;
- высокая коррозионная стойкость.

# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА ГОСТ Р 55647-2018



Размеры фасонного провода



Размеры фасонного овального провода

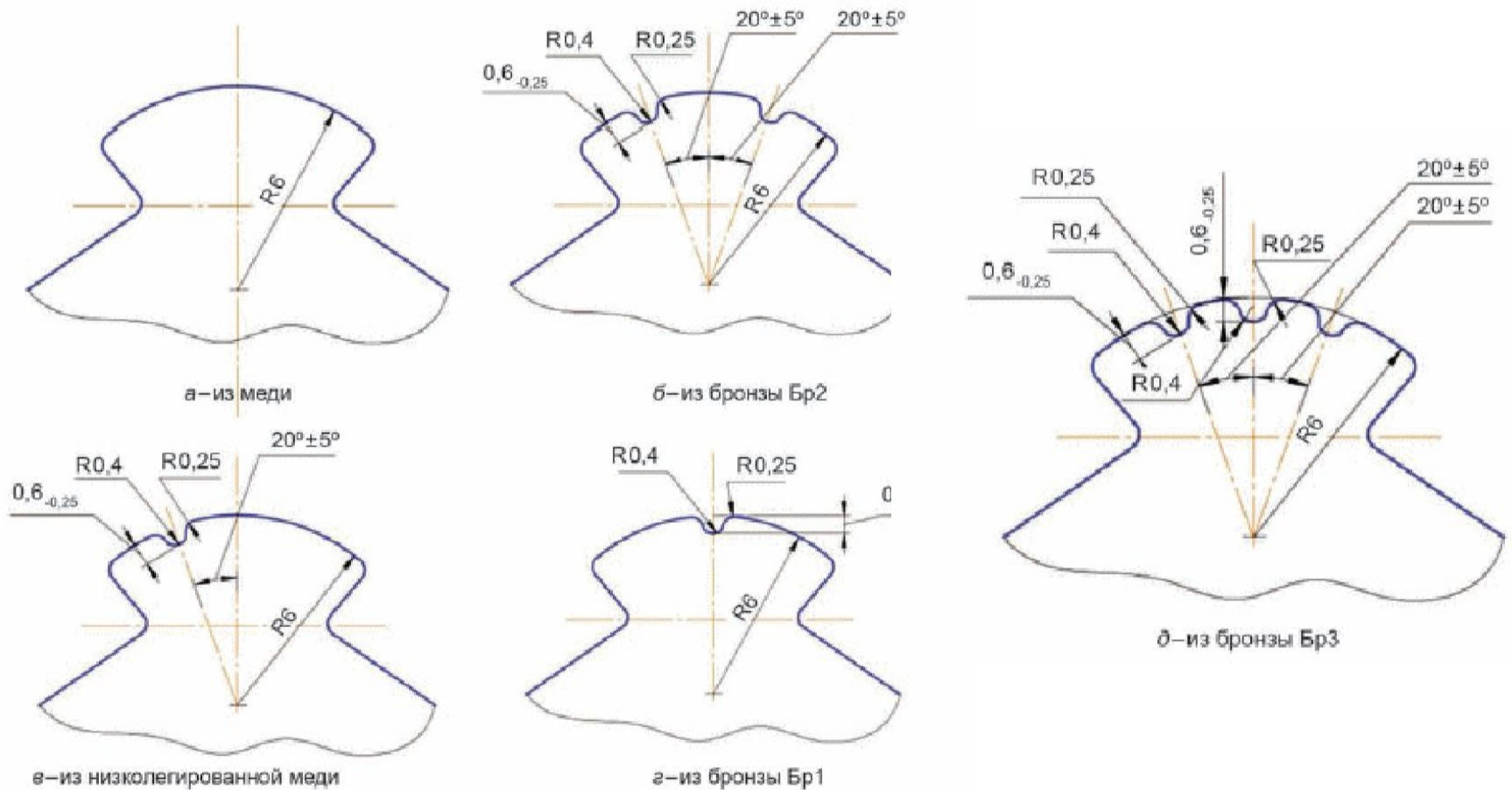


# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА ГОСТ Р 55647-2018

Номи- наль- ное сече- ние, мм <sup>2</sup>	Размеры провода, мм									Расчет- ная масса 1 км прово- да, кг
	фасонного				фасонного овального					
	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>R<sub>1</sub></i>	
85	11,76±0,22	10,80±0,10	1,3	6,0	-	-	-	-	-	755
100	12,81±0,25	11,80±0,11	1,8	6,5	14,92±0,30	10,50±0,10	13	20	1,8	890
120	13,90±0,30	12,90±0,12	2,4	7,0	16,10±0,32	11,50±0,11	17	25	2,3	1068
150	15,50±0,32	14,50±0,13	3,2	7,8	18,86±0,35	12,50±0,12	27	36	2,3	1335
Примечание - Размеры <i>C</i> , <i>R</i> и <i>R<sub>1</sub></i> справочные.										

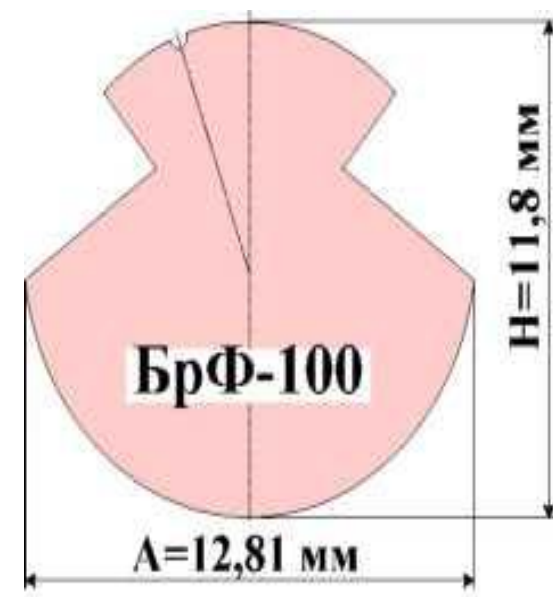
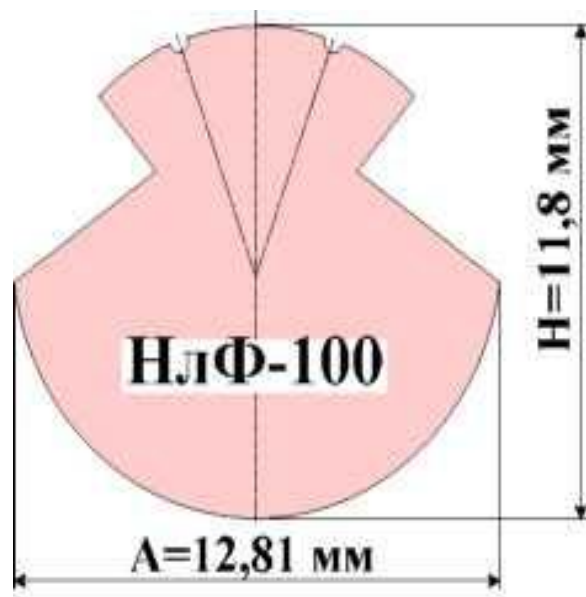
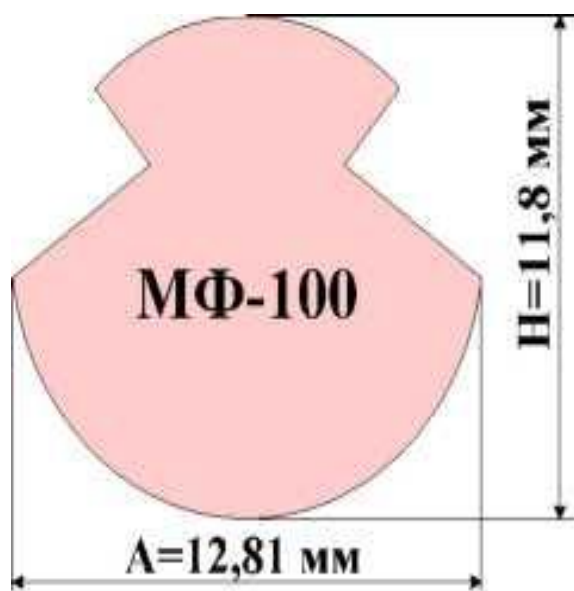
Поперечное сечение провода в зависимости от материала

# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА ГОСТ Р 55647-2018



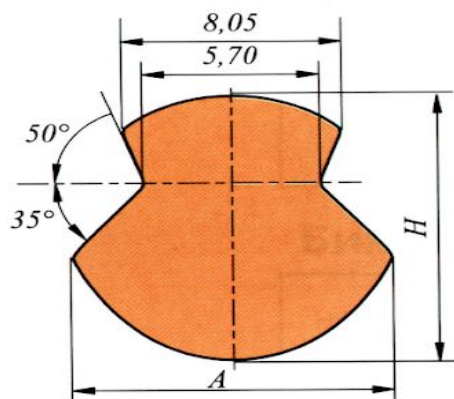
Поперечное сечение провода в зависимости от материала

# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

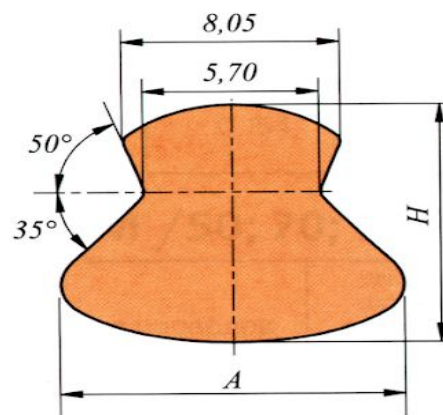


# ТИПЫ КОНТАКТНЫХ ПРОВОДОВ

Профиль фасонного контактного провода марок МФ, НЛФ и БрФ



Профиль фасонного овального контактного провода марок МФО, НЛФО и БрФО



Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Размеры проводов, мм				Расчетная масса 1 км провода, кг
	фасонных		фасонных овальных		
	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>H</i>	
85	11,76	10,80			755
100	12,81	11,80	14,92	10,50	890
120	13,90	12,90			1068
150	15,50	14,50	18,86	12,50	1335

# ТИПЫ КОНТАКТНЫХ ПРОВОДОВ ГОСТ Р 55647-2018

## **По материалу :**

- из меди;
- из низколегированной меди;
- из бронзы.

## **По форме поперечного сечения:**

- на фасонный;
- фасонный овальный.

## **По назначению :**

- для участков со скоростью движения до 200 км/ч;
- для участков со скоростью движения свыше 200 км/ч.

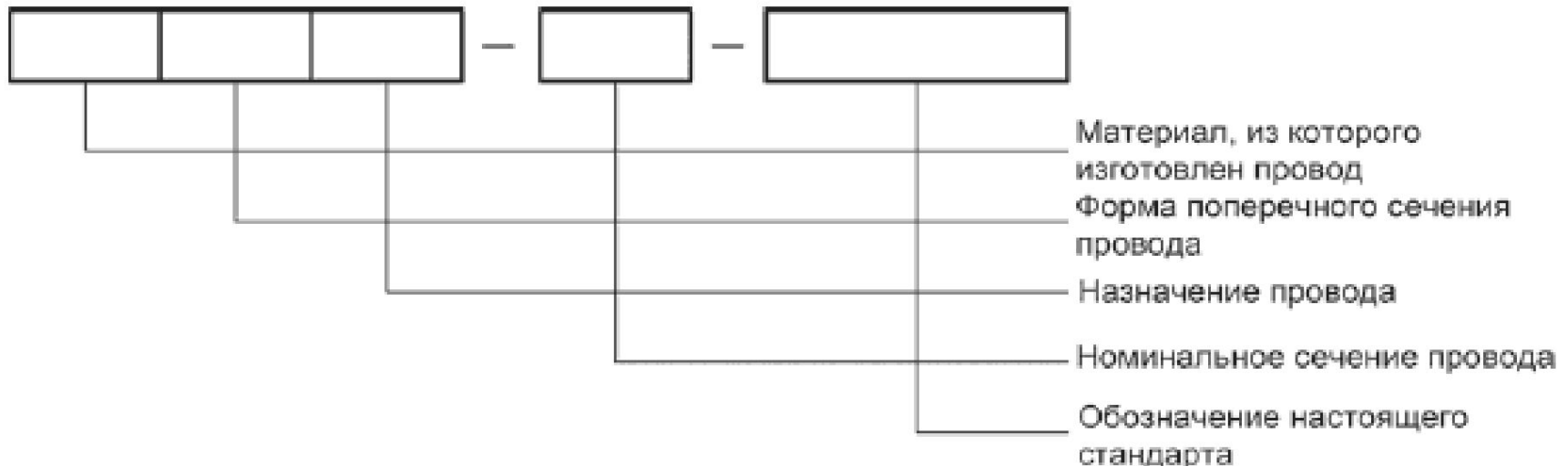
**По номинальному сечению:** 85 мм<sup>2</sup>; 100 мм<sup>2</sup>; 120 мм<sup>2</sup>; 150 мм<sup>2</sup>

# УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ПРОВОДОВ ГОСТ Р 55647-2018

## Условные буквенные обозначения:

- М - провод из меди;
- Нл - провод из низколегированной меди;
- Бр1 - провод из бронзы первой условной группы;
- Бр2 - провод из бронзы второй условной группы;
- Бр3 - провод из бронзы третьей условной группы;
- Ф - фасонный провод;
- ФО - фасонный овальный провод;
- В - для участков со скоростью движения свыше 200 км/ч.

## Структурная схема условного обозначения проводов



# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

Кроме марок МФ, НлФ и БрФ существуют также овальные контактные провода повышенной ветроустойчивости марок **МФО, НлФО, БрФО**.

## **Расшифровка марок контактных проводов:**

МФ-85 - медный фасонный сечением  $85 \text{ мм}^2$ ,

МФ-120 - медный фасонный сечением  $120 \text{ мм}^2$ ,

МФО-120 - медный фасонный овальный сечением  $120 \text{ мм}^2$ ,

НлОл0,04Ф-100 – низколегированный, фасонный сечением  $100 \text{ мм}^2$ , содержание олова 0,04%;

НлМг0,05Ф0-100 - низколегированный фасонный овальный сечением  $100 \text{ мм}^2$ , содержание магния 0,05%,

НлЦр0,05Ф-150 - низколегированный фасонный сечением  $150 \text{ мм}^2$ , содержание циркония 0,05%,

БрКд1,0Ф-100 - бронзовый фасонный сечением  $100 \text{ мм}^2$ , с содержанием кадмия 1%,

БрМгЦр0,15-0,15Ф-100 - бронзовый фасонный сечением  $100 \text{ мм}^2$ , содержание магния 0,15% и циркония 0,15%.

*БрЗФВ-120* ГОСТ Р 55647-2018 - провод из бронзы фасонный номинальным сечением  $120 \text{ мм}^2$ , предназначенный для участков со скоростью движения

<sup>15</sup>свыше 200 км/ч

# Механические и электрические параметры контактных проводов из меди и низколегированной меди

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Временное сопротивление при растяжении провода, МПа, не менее		Относительное удлинение, %	Удельное электрическое сопротивление провода, мкОм·м, при температуре 20°С, не более		Число перегибов, не менее	Число скручиваний, не менее	Расчетное электрическое сопротивление провода, Ом/км, при температуре 20°С, не более	
	из меди	из низколегированной меди		из меди	из низколегированной меди			из меди	из низколегированной меди
85	367,5	377,3	От 3 до 10	0,0177	0,0179	3	4	0,2082	0,2106
100	363,6	377,3						0,1770	0,1790
120	357,7	367,5						0,1475	0,1492
150	352,8	362,6						0,1180	0,1193



# Механические и электрические параметры контактных проводов из бронзы

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Временное сопротивление при растяжении провода, МПа, не менее			Относительное удлинение, %	Удельное электрическое сопротивление провода, мкОм·м, при температуре 20°С, не более			Число перегибов, не менее	Число скручиваний, не менее	Расчетное электрическое сопротивление, Ом/км, при температуре 20°С, не более		
	Бр1	Бр2	Бр3		Бр1	Бр2	Бр3			Бр1	Бр2	Бр3
85	432,0	509,6	588,0	От 3 до 10	0,0208	0,0278	0,0314	3	4	0,2447	0,3271	0,3694
100	420,0	499,8	578,2							0,2080	0,2780	0,3140
120	420,0	490,0	563,5							0,1733	0,2317	0,2617
150	410,6	474,0	543,9							0,1387	0,1853	0,2094

# Предельные значения среднего износа контактного провода

Показатель износа контактного провода	Значение износа при номинальном сечении, мм <sup>2</sup>			
	85	100	120 (100*)	150 (120*)
Средний износ на анкерном участке, мм <sup>2</sup>	25	30	35	45

\* Бронзовый контактный провод.

Примечание - Для участков со скоростью движения свыше 200 км/ч предельный средний износ контактного провода менее указанных в таблице на 5 мм<sup>2</sup>.

Провода, предназначенные для участков со скоростью движения свыше 200 км/ч, должны быть стойкими к воздействию вибрации частотой 12 Гц амплитудой 300 Н.

Срок службы контактных проводов не менее 50 лет  
Гарантийный срок эксплуатации проводов - 20 лет со дня ввода их в эксплуатацию

# Основные марки контактных проводов и их характеристика

Марка провода	Удельное электрическое сопротивление, не более, мОм-м	Относительное удлинение, не менее, %	Временное сопротивление при растяжении, не менее, кгс/мм <sup>2</sup>	Число перегибов до полного разрушения, не менее	Число скручиваний до разрушения, не менее	Расчётная масса 1 км, кг
МФ-85	0,0177	3,5	37,5	3	4	755
МФ-100	0,0177	4	37	3	4	890
МФ0-100	0,0177	4	37	3	4	890
МФ-120	0,0177	4	36,5	3	4	1068
МФ-150	0,0177	4	36	3	4	1335
Нл0л0,04Ф-100	0,0179	3,5	38,5	3	4	890
Нл0л0,04Ф-120	0,0179	3,5	37,5	3	4	1068
Нл0л0,04Ф-150	0,0179	3,5	37	3	5	1335
Бр0л0,15Ф-100	0,0220	3,5	42	3	5	890
Бр0л0,15Ф-120	0,0220	4	41	3	5	1068

# ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ КОНТАКТНЫХ ПРОВОДОВ

Тип провода	Допустимая установившаяся температура нагрева, °С, не более	Допустимое механическое напряжение $\sigma_{доп}$ , МПа, не более
М	80	120
Нл	90	130
Бр 1	120	200
Бр 2	120	220
Бр 3	130	270

## Допустимая температура нагрева контактных проводов при максимальной температуре воздуха и наибольших токовых нагрузках

Тип контактного провода	Допустимая температура нагрева, °С, при длительности протекания тока		
	20 мин и более	3 мин	1 мин
Медный	95	120	140
Низколегированный	110	130	150
Бронзовый	120	140	160

# КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

**Задание - расшифровать маркировку  
контактных проводов**

**МФ-150,**

**МФО-85,**

**НлОл0,04Ф-140**

**НлМг0,05Ф0-150**

**НлЦр0,05Ф-150**

**БрКд1,0Ф-100**

**БрМгЦр0,15-0,15Ф-120**

# ПРОВОДА НЕСУЩИХ ТРОСОВ

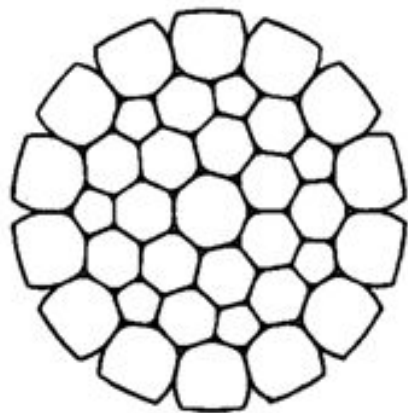


**Несущие тросы** предназначены для передачи электрического тока и подвешивания к нему на струнах контактных проводов.

Представляют собой многопроволочные провода, свитые из 7 или 19 проволок. Каждый последующий ряд проволок навивают в обратном направлении по отношению к предыдущему, при этом наружный покров всегда делают правым.

Провода несущих и вспомогательных тросов цепных подвесок должны обладать высокой **механической прочностью** и **антикоррозийной стойкостью**.

# ПРОВОДА НЕСУЩИХ ТРОСОВ



МК-120



М-95  
М-120



ПБСМ-70  
ПБСМ-95





# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОВОДОВ НЕСУЩИХ ТРОСОВ ГОСТ 32697-2019

## **По материалу :**

- медные;
- бронзовые, условной группы - Бр1, Бр2, Бр3.

## **По форме поперечного сечения проволок :**

- круглые, содержащие центральную проволоку, внутренний повив из шести, внешний повив из 12 проволок (скрутка повивов должна быть выполнена в противоположные стороны, причем наружный повив должен иметь правое направление скрутки);
- компактированные, содержащие центральную проволоку, первый внутренний повив из семи проволок, второй внутренний повив с чередованием семь проволок одного диаметра и семь проволок второго диаметра, третий наружный повив из 14 проволок (все три повива выполнены с одинаковым шагом скрутки, в одном направлении, с линейным касанием проволок).

**По номинальному сечению** - 70, 95, 120, 150 мм<sup>2</sup>.

**Срок службы** - медных не менее 40 лет; бронзовых не менее 45 лет  
Трос должен выдерживать вибрацию с частотой от 8 до 18 Гц и амплитудой от 3 до 10 мм. Предельным состоянием тросов считают обрыв трех и более проволок на длине 10 м.

# УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОВОДОВ НЕСУЩИХ ТРОСОВ ГОСТ 32697-2019

X	X	-	X	XXXXX-XXXX	
					Материал, из которого изготовлен трос: медные – М; бронзовые, условной группы – Бр1, Бр2, Бр3
					Форма поперечного сечения проволок: круглые – без обозначения; компактированные – К
					Значение номинального сечения троса
					Обозначение настоящего стандарта

Пример условного обозначения бронзового компактированного несущего троса условной группы Бр2:

**Несущий трос Бр2К-95,0** ГОСТ 32697-2019.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДОВ НЕСУЩИХ ТРОСОВ ГОСТ 32697-2019

Номи- наль-  ное  сече- ние троса, мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие тросов, кН, не менее					Удельное электрическое сопротивление тросов, Ом/км, при температуре 20°C, не более				
	медных		бронзовых			медных		бронзовых		
	круг- - лых	компак- - тиро- ванных	Бр1 круг- - лых	Бр2 круг- - лых	Бр3 круг- - лых	круг- - лых	компак- - тиро- ванных	Бр1 круглых	Бр2 круг- - лых	Бр3 круг- - лых
70,0	27,1	32,9	32,5	38,6	44,1	0,2723	0,2209	0,3077	0,4107	0,4635
95,0	37,6	45,7	46,1	54,8	62,6	0,1944	0,1533	0,2210	0,2958	0,3338
120,0	46,8	55,5	56,7	67,6	77,5	0,1560	0,1380	0,1780	0,2376	0,2682
150,0	55,1	67,0	72,3	86,4	98,7	0,1238	0,1008	0,1408	0,1879	0,2120

# ДОПУСТИМЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА НЕСУЩИХ ТРОСОВ ГОСТ 32697-2019

Тип троса	Допустимая температура, °С, не более	Допустимое механическое напряжение, МПа, не более
М	100	180
Бр1	120	210
Бр2	120	250
Бр3	150	270

Гарантийный срок эксплуатации тросов со дня ввода их в эксплуатацию:

- 5 лет - для медных;
- 10 лет - для бронзовых.

# КОМПАКТИРОВАННЫЕ ПРОВОДА НЕСУЩИХ ТРОСОВ ГОСТ 32697-2019

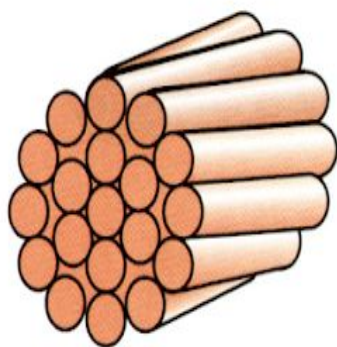
Широко применяются в настоящее время **компактированные**, пластически деформированные несущие тросы марки МК в качестве не только несущего троса, но и усиливающих проводов, электрических соединителей контактной подвески и проводов фидерных линий.

Принципиально новый медный несущий трос большей прочности без использования сплавов, увеличивающих потери, обладает целым рядом преимуществ:

- снижает амплитуду и интенсивность пляски;
- снижает вероятность обрыва при нанесении тросу повреждений в результате внешних воздействий;
- снижает уровень усталости металла в тросе;
- увеличивает жизненный цикл за счет самогашения колебаний;
- уменьшает налипание снега и образование наледи за счет уникальной конструкции;
- обладает высокой механической прочностью;
- обладает незначительно изменяющейся длиной при колебаниях температуры;
- устойчив к коррозии;
- имеет достаточную электрическую проводимость;
- имеет лучшие аэродинамические характеристики;
- имеет стандартные диаметры;
- достаточно технологичный при серийном производстве

# МЕДНЫЕ ПРОВОДА

## Монометаллический М /95; 120/



Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Расчетные данные проводов марки М				Строительная длина, км, не менее
		Сечение, мм <sup>2</sup> ; диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20°, Ом/км	Разрушающая нагрузка, кН	Масса 1 км, кг	
95	19 × 2,51	94,0; 12,6	0,191	39,85	850	1,2
120	19 × 2,80	117,0; 14,0	0,154	44,46	1058	1,0

Медные многопроволочные провода марки М-95 и М-120 изготавливают из медной твердотянутой проволоки. Применяются в качестве несущих тросов на электрифицированных участках. Временное сопротивление разрыву этой проволоки при растяжении должно быть не менее 390 МПа, а относительное удлинение — не менее 1 %.

# БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СТАЛЕМЕДНЫЕ ПРОВОДА

На второстепенных путях в качестве несущих тросов цепных подвесок допускается применять провода ПБСМ-70 и ПБСМ-95, скрученные из 19 сталемедных проволок. При использовании биметаллического провода в качестве несущего троса следует применять провод ПБСМ1, имеющий первый класс проводимости. Провод ПБСМ2 для этих целей применять не рекомендуется. Провода ПБСМ используют также в качестве поперечных несущих и фиксирующих тросов гибких и жестких поперечин и провода группового заземления опор контактной сети. На главных путях не применяются.

Номинальная площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Число и номинальный диаметр проволок, мм	Диаметр, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Масса 1 км ПБСМ1, кг	Электрическое сопротивление постоянному току при 20°C, Ом/км, не более		Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее
					ПБСМ1	ПБСМ2	
25	7x2,2	6,6	26,6	223	1,994	2,502	18,0
35	7x2,5	7,5	34,4	288	1,530	1,913	23,2
50	7x3,0	9,0	49,5	415	1,044	1,325	33,4
<b>70</b>	<b>19x2,2</b>	<b>11,0</b>	<b>77,2</b>	<b>606</b>	<b>0,731</b>	<b>0,921</b>	<b>48,7</b>
<b>95</b>	<b>19x2,5</b>	<b>12,5</b>	<b>93,3</b>	<b>783</b>	<b>0,563</b>	<b>0,704</b>	<b>62,9</b>
120	19x2,8	14,0	117,0	983	0,445	0,543	79,0

# СТАЛЬНЫЕ КАНАТЫ

Стальные канаты ранее применялись для несущих тросов контактных подвесок, фиксирующих тросов, оттяжек опор контактной сети и в качестве троса грузокompенсатора (С-70). Стальные канаты имеют высокую механическую прочность, однако ввиду того, что они сильно подвержены атмосферной коррозии, требуется обязательно смазывать.

Номинальная площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Разрушающая нагрузка каната, кН, при прочности проволок на растяжение, МПа			Масса 1 км смазанного каната, кг
				1200	1400	1600	
50	<b>7x3,0</b>	50,4	9,2	55,56	64,95	74,23	438
50	<b>19x1,8</b>	48,6	9,1	—	61,20	70,00	418
60	<b>19x2,0</b>	60,0	10,1	—	75,60	86,40	515
70	<b>19x2,2</b>	72,6	11,1	78,30	91,35	104,00	623
85	19x2,4	86,3	12,1	93,15	108,00	124,00	741
100	19x2,6	101,7	13,2	109,5	127,50	146,00	873



# ПРОВОДА НЕСУЩИХ ТРОСОВ

## **Расшифровка марок несущих тросов и проводов ВЛ:**

М-95 - провод медный сечением 95 мм<sup>2</sup>,

МК-120- провод медный компактированный сечением 120 мм<sup>2</sup>

МГ-95 - провод медный гибкий сечением 95 мм<sup>2</sup>,

А-185 - провод алюминиевый сечением 185 мм<sup>2</sup>,

АС-35 - провод сталеалюминиевый сечением 35 мм<sup>2</sup>,

АС-50 - провод сталеалюминиевый сечением 50 мм<sup>2</sup>,

ПС-25 - провод стальной сечением 25 мм<sup>2</sup>,

ПБСМ-70 - провод биметаллический сталеалюминиевый сечением 70 мм<sup>2</sup>,

ПБСА-50/70 - провод биметаллический сталеалюминиевый сечением 50 мм<sup>2</sup> по стали и 70 мм<sup>2</sup> по алюминию,

МСН-95 - многопроволочный биметаллический сечением 95 мм<sup>2</sup>.

## Допустимая температура нагрева тросов и проводов при максимальной температуре воздуха и наибольших токовых нагрузках

Тип несущего троса или провода ВЛ	Допустимая температура нагрева, °С, при длительности протекания тока		
	20 мин и более	3 мин	1 мин
Медный многопроволочный (М)	100	120	140
Сталемедный биметаллический многопроволочный (ПБСМ)	120	140	150
Алюминиевый и сталеалюминиевый многопроволочный, в т.ч. биметаллический (А, АС, ПБСА)	90	100	110

## ПРОВОДА МСН

Биметаллические сталемедные провода МСН применялись в контактных подвесках переменного тока 25кВ и постоянного тока 3кВ, в том числе на линиях скоростного и высокоскоростного движения поездов. Толщина никелевого покрытия стальных проволок не менее 100мкм.

Марка провода	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Диаметр проволок, мм	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Электрическое сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/км, не менее	Масса 1 км, кг
МСН-70	70	11	2,2	41-45	0,487	624,4
МСН-95	95	12,5	2,5	50-59	0,378	806,3
МСН-120	120	14	2,8	60,8	0,301	1111,5

## МЕДНЫЕ ГИБКИЕ ПРОВОДА

Различные электрические соединения и шлейфы, предназначенные для подключения секционных разъединителей, разрядников, ОПН и других аппаратов к проводам контактной сети, стыковые электрические соединители рельсовой цепи выполняют из медных гибких неизолированных многопроволочных проводов марки МГ.

Провода марки МГ свивают из нескольких прядей, свитых в свою очередь из нескольких тонких медных проволок диаметром 0,52—0,97 мм. Этим обеспечивается большая гибкость проводов марки МГ по сравнению с проводами марки М.

## МЕДНЫЕ ГИБКИЕ ПРОВОДА

Номиналь- ная площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Число и номи- нальный диаметр проволок, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диа- метр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/км, не более	Масс а 1 км, кг	Строительн ая длина про- вода, км, не менее
10	49x0,52	10,40	4,68	1,76	95	2,0
10*	140x0,30	9,89	4,77	1,89	91	2,0
16	49x0,64	15,75	5,76	1,15	144	2,0
16*	224x0,30	15,83	6,03	1,18	145	2,0
25	98x0,58	25,88	7,67	0,707	237	2,0
35	133x0,58	35,12	8,70	0,521	322	1,0
50	133x0,68	48,28	10,20	0,375	442	1,0
70	189x0,68	68,60	12,55	0,264	629	1,0
95	259x0,68	94,01	14,28	0,193	861	0,5
120	259x0,77	120,55	16,77	0,150	1104	0,5

## СТАЛЕМЕДНЫЕ ПРОВОЛОКИ

Звеньевые струны цепных подвесок изготавливают из сталемедной проволоки БСМ1 или БСМ2 диаметром 4мм. Рессорные струны выполняют из сталемедной проволоки диаметром 6мм или из провода МГ-35.

Диаметр проволоки, мм	Наименьшая толщина медной оболочки проволоки, мм		Временное сопротивление разрыву, МПа	Масса 1 км, кг	
	БСМ1	БСМ2		БСМ1	БСМ2
2,2	0,11	0,08	750	31,5	31,0
2,5	0,12	0,09	750	41,0	40,4
2,8	0,14	0,10	750	50,5	49,7
3,0	0,15	0,11	750	59,0	58,0
4,0	0,20	0,14	750	104,3	102,8
6,0	0,20	—	650	236,0	—

# КАПРОНОВЫЕ КАНАТЫ

В конце прошлого столетия на электрифицированных линиях нашли применения капроновые (полимерные) канаты, которые использовались в качестве рессорных струн, звеньевых струн и до настоящего времени находятся в эксплуатации.

Длина окружности, мм	Диаметр, мм	Число каболок	Разрывное усилие, кН, не менее	Масса 100м, кг	Область применения
—	4	3	3,9	1,6	Струны контактной подвески
25	7,9	12	11,8	4,3	Рессорные струны, полиспасты грузо подъемностью 0,5 т
30	9,6	15	14,5	5,4	Средняя анкеровка
35	11,1	21	20,1	7,5	
40	12,7	21	27,2	10	
50	15,9	39	42,7	15,7	Полиспаст грузо подъемностью 2 т

# КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ПРОВОДОВ

**Коэффициент запаса механической прочности** - отношение разрывного усилия(завода изготовителя) к максимальному рабочему новым проводом должен быть не менее:

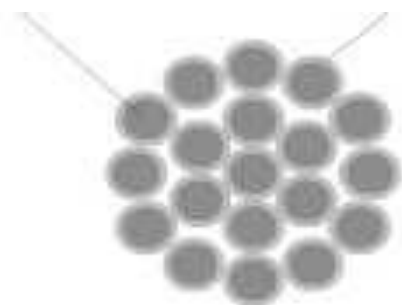
- а ) для стальных тросов компенсаторов — 4;**
- б ) для биметаллических продольных несущих, фиксирующих тросов и поперечных несущих тросов — 3;**
- в ) для контактных проводов, сталеалюминиевых многопроволочных проводов из биметаллической сталемедной и сталеалюминиевой проволоки — 2,5;**
- г) для других многопроволочных проводов — 2.**



# ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Стальная  
серцевина

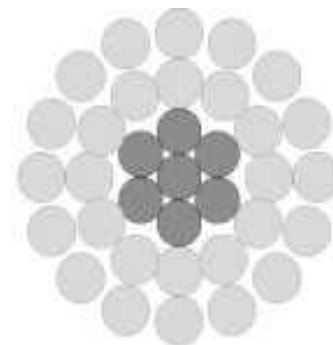
Алюминевая  
оболочка



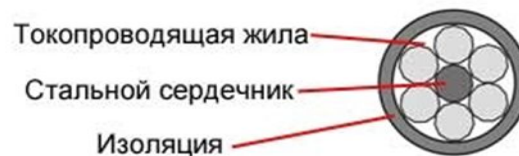
ПЛСА-50/70  
ПЛСА-120



АС-35  
АС-50



АС-120  
АС-150



СИП-3

# ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В качестве усиливающих, питающих и отсасывающих линий применяют алюминиевые провода площадью сечения 150 или 185 мм<sup>2</sup> из твердотянутых алюминиевых проволок. Проводимость алюминия в 1,65 раза меньше, чем проводимость меди, но алюминий легче меди примерно в 3 раза. Алюминиевые провода, эквивалентные по проводимости медным, примерно в 2 раза легче медных.

Максимальная допустимая температура нагрева алюминиевых проводов +90 °С.

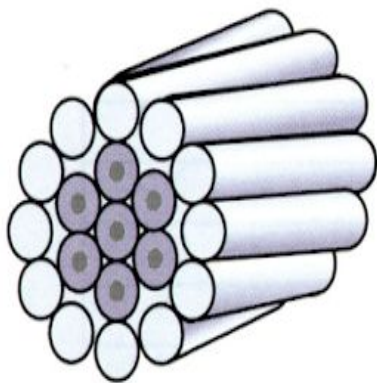
Временное сопротивление разрыву алюминиевой проволоки (диаметром более 2,5 мм) при растяжении должно быть не менее 150 МПа.

# ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Срок службы проводов марки А составляет не менее 50 лет, а в зонах с повышенным загрязнением солевыми и щелочными компонентами — не менее 25 лет. Фактический срок службы проводов определяется техническим состоянием провода, местом его применения, натяжением и другими эксплуатационными факторами. В качестве проводов воздушных линий электропередачи, групповых заземлений опор в контактной сети применяют сталеалюминиевые провода, стальные многопроволочные.

Для всех сталеалюминиевых проводов введено единое буквенное обозначение АС и цифрами указывают номинальную площадь сечения алюминиевой (в числителе) и стальной (в знаменателе) частей провода. Провода АС 185/43 имеют номинальную площадь сечения алюминия  $185 \text{ мм}^2$ , стали  $43 \text{ мм}^2$

# АЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ



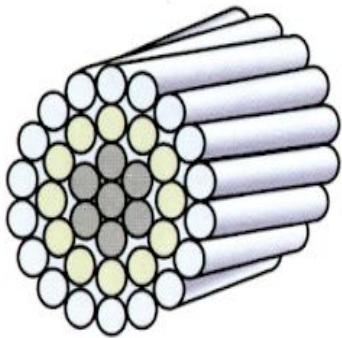
Марка провода и номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Число проволок и их диаметр, мм	Фактическое сечение провода, мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление, Ом/км	Масса 1 км, кг
A-16	7 × 1,70	15,9	5,1	1,800	43
A-25	7 × 2,13	24,9	6,4	1,140	68
A-35	7 × 2,50	34,3	7,5	0,830	94
A-50	7 × 3,00	49,5	9,0	0,576	135
A-70	7 × 3,55	69,2	10,7	0,412	189
A-95	7 × 4,10	92,4	12,3	0,308	252
A-120	19 × 2,80	117,0	14,0	0,246	321
A-150	19 × 3,15	148,0	15,8	0,194	406
A-185	19 × 3,50	183,0	17,5	0,157	502

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Номинальная площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрушающая нагрузка провода при растяжении, кН, не менее	Масса 1 км, кг	Строительная длина провода, км, не менее
35	7x2,5	34,3	7,5	0,850	—	—	—
50	7x3,0	49,5	9,0	0,64	7,75	94	3,50
70	7x3,55	69,2	10,7	0,46	10,85	191	2,50
95	7x4,1	93,3	12,4	0,34	14,05	257	2,00
120	19x2,8	117,0	14,0	0,24	18,34	322	1,50
150	19x3,15	148,0	15,8	0,20	23,20	407	1,20
185	19x3,50	183,0	17,5	0,16	28,68	503	1,00

# СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

## Комбинированные АС /120; 150; 185 /



Марка провода и номинальное сечение (алюминий/сталь), мм <sup>2</sup>	Число проволок и их диаметр, мм		Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление, Ом/км	Масса 1 км, кг
	стальных	алюминиевых			
АС-35/6,2	1 × 2,8	6 × 2,8	8,4	0,773	149
АС-50/8,0	1 × 3,2	6 × 3,2	9,6	0,592	194
АС-70/11	1 × 3,8	6 × 3,8	11,4	0,428	274
АС-70/72	19 × 2,2	18 × 2,2	15,4	0,420	755
АС-95/16	1 × 4,5	6 × 4,5	13,5	0,299	384
АС-95/15	7 × 1,65	26 × 2,12	13,5	0,314	370
АС-95/141	37 × 2,2	24 × 2,2	19,8	0,316	1357
АС-120/19	7 × 1,85	26 × 2,4	15,2	0,245	471

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Номинальная площадь сечения провода, мм <sup>2</sup> (алюминий/сталь)	Число и диаметр проволок, мм		Площадь сечения, мм <sup>2</sup>		Диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрушающая нагрузка провода при растяжении, кН, не менее	Масса 1 км провода (без смазки), кг	Строительная длина, км, не менее
	алюминиевых	стальных	алюминия	стали					
35/6,2	6x2,80	1x2,80	36,9	6,15	8,4	0,773	12,74	149	3,0
50/8,0	6x3,20	1x3,20	48,2	8,04	9,6	0,592	16,32	194	3,0
70/11	6x3,80	1x3,80	68,0	11,3	11,4	0,420	22,98	274	2,0
70/72	18x2,22	19x2,20	68,4	72,2	15,4	0,420	93,25	755	2,0
95/16	6x4,50	1x4,50	95,4	15,9	13,5	0,299	31,85	384	1,5
95/15	26x2,12	7x1,65	91,7	15,0	13,5	0,314	32,02	370	1,5
95/141	24x2,20	37x2,20	91,2	141,0	19,8	0,316	174,90	1357	1,5
120/27	30x2,22	7x2,20	116	26,6	15,5	0,249	48,85	528	2,0
150/34	30x2,50	7x2,50	147	34,3	17,5	0,204	60,86	675	2,0
185/43	30x2,80	7x2,80	185	43,1	19,6	0,154	76,52	846	2,0
185/128	54x2,10	7x2,10	187	128,0	23,1	0,155	176,49	1525	2,0

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЬНЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Марка провода	Число и номинальный диаметр проволок, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее	Масса 1 км, кг
ПС-25, ПМС-25	5x2,5	24,6	6,8	16,50	194
ПС-35, ПМС-35	7x2,5	34,4	7,5	24,00	272
ПС-50, ПМС-50	12x2,3	49,9	9,2	32,00	396
ПС-70, ПМС-25	19x2,3	73,9	11,5	51,00	632
ПС-95, ПМС-25	37x1,8	94,0	12,6	64,00	755
ПСО-4	1x4,0	12,6	4	11,70	99
ПСО-5	1x5,0	19,6	5	17,00	154



# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП

Для воздушных линий электропередач и уличного освещения применяются **самонесущие провода** двух типов: изолированные и защищенные. К первому относятся многожильные провода с несущим элементом, с помощью которого они подвешиваются или крепятся. Эту функцию может выполнять несущая нулевая N или PE-жила из алюминиевого сплава. Ко второму типу относится одножильный алюминиевый провод с экструдированной защитной оболочкой.

СИП расшифровка

С - самонесущий;

И - изолированный;

П - провод.

Самонесущий изолированный провод СИП для сетей напряжением 0,4/1 кВ состоит из многожильных основных токопроводящих жил и несущей нулевой жилой, или без нее в зависимости от модификации. Основные жилы скручиваются из алюминиевых проволок и уплотняются; вспомогательные жилы для освещения выполняются также, вспомогательные жилы для цепей контроля представляет собой одиночные медные проводники. Изоляция жил экструдирована из сшитого полиэтилена.

В несущие N или PE жилы скручиваются круглые проволоки из прочного и жесткого алюминиевого сплава. Усилие разрыва таких проволок до скрутки в жилу должно быть не меньше чем 295 Н/мм<sup>2</sup>, они должны удлиняться не менее, чем на 4 %. Прочность несущей жилы примерно в два с половиной раза превышает прочность токопроводящей жилы такого же сечения.

# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП

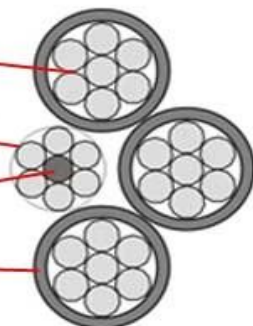


Фазная токопроводящая жила

Нулевая жила, несущая,  
неизолированная

Стальной сердечник

Изоляция



СИП-1

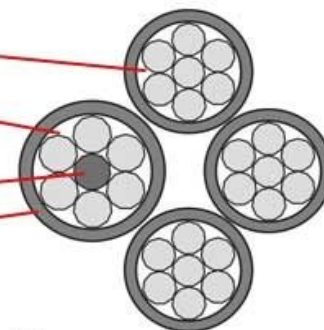


Фазная токопроводящая жила

Нулевая жила, несущая,  
изолированная

Стальной сердечник

Изоляция



СИП-2

# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП

## Марки провода СИП

СИП 1 - нулевая жила голая, без изоляционного слоя, остальные жилы имеют изоляцию выполненную из светостабилизированного термопластичного полиэтилена;

СИП 1А - тоже, что и СИП 1, но все жилы включая нулевую имеют изоляционный слой;

СИП 2 - нулевая жила голая, без изоляционного слоя, остальные жилы имеют изоляцию выполненную из сшитого светостабилизированного полиэтилена (данный вид полиэтилена обладает поперечными молекулярными связями);

СИП 2А - тоже, что и СИП 1, но все жилы включая нулевую имеют изоляционный слой;

СИП 3 - провод состоящий из одной токопроводящей жилы, выполняется из плотного сплава или сталеалюминовой структуры проволок, изоляционный слой выполнен из сшитого светостабилизированного полиэтилена;

СИП 4 - несущая жила отсутствует, в данной вариации в качестве несущих используются все жилы провода, все жилы имеют изолированные, изоляционный слой жил выполнен из светостабилизированного термопластичного полиэтилена;

СИП 5 - не имеет отдельной несущей жилы, может состоять как из одной, двух и более жил, изоляционный слой выполнен из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП

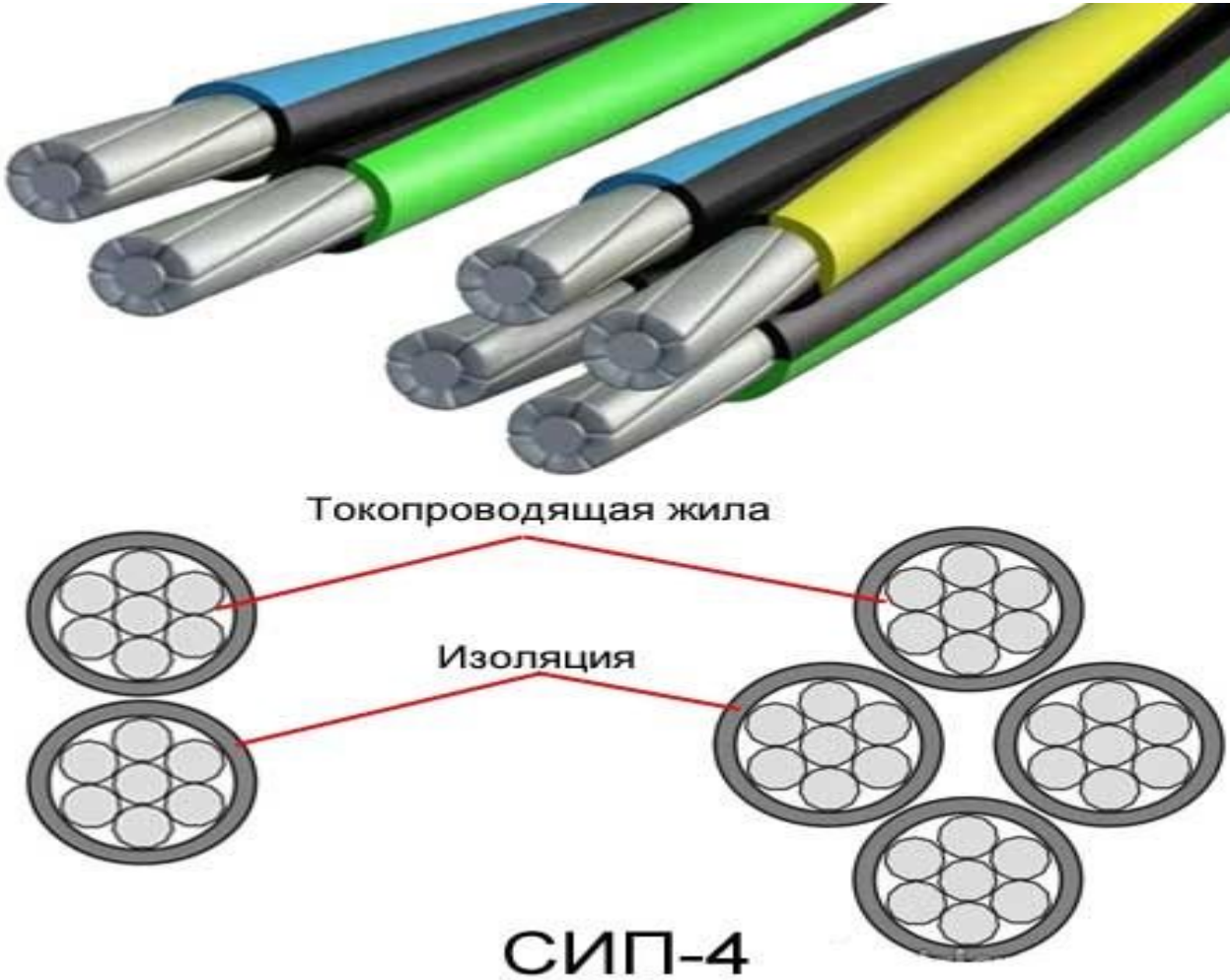


СИП-3



СИП-5

# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП



# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП

СИП-1 — кроме нулевой жилы все остальные изолированы специальным полиэтиленом;

СИП-1А — изолированы все нити;

СИП-2 — это уникальный кабель, у которого все жилы (за исключением нулевой) изолированы специальным покрытием из полиэтиленового материала с молекулярными поперечными соединениями;

СИП-2А — у этого провода все жилы, в том числе и нулевая, покрыты слоем молекулярного полиэтилена;

СИП-3 — на этот провод обязательно нужно проверять сертификат, его чаще всего используют для дома. Он выполнен из одной жилы, которая представляет собой плотный алюминиевый кабель, покрытый полиэтиленом со светостабилизированными частицами;

СИП-4 — уникальный электрический провод, у которого отсутствует нулевая несущая жила, но при этом остальные нити изолированы молекулярным полиэтиленом, благодаря чему обеспечивается прочное и герметичное соединение;

СИП-5 — производство этого провода довольно сложное, его используют в основном на предприятиях или для протяжки электрических сетей в городе или между населенными пунктами. Он состоит из изолированных жил с покрытием из полиэтилена, где каждая нить завернута в отдельную оболочку. Виды кабеля СИП-4 и СИП-5 не имеют несущей нулевой жилы и могут состоять из двух и более нитей (чаще всего 2 или 3).

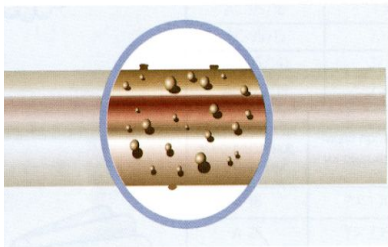
# САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА СИП



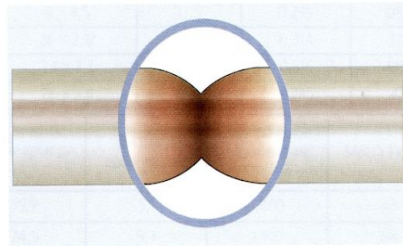
# ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОВОДОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

## Основные повреждения

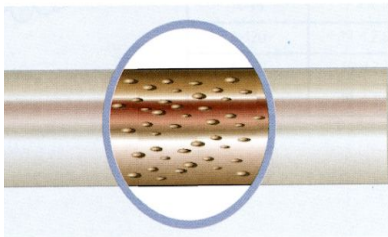
Наплывы



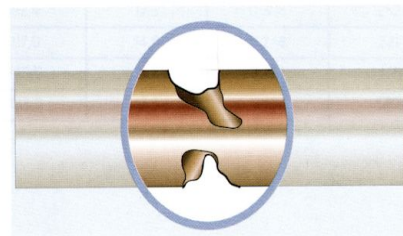
Шейка



Каверны и корольки

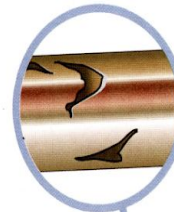


Выплавление

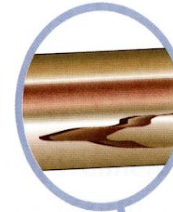


## Основные повреждения

Трещины



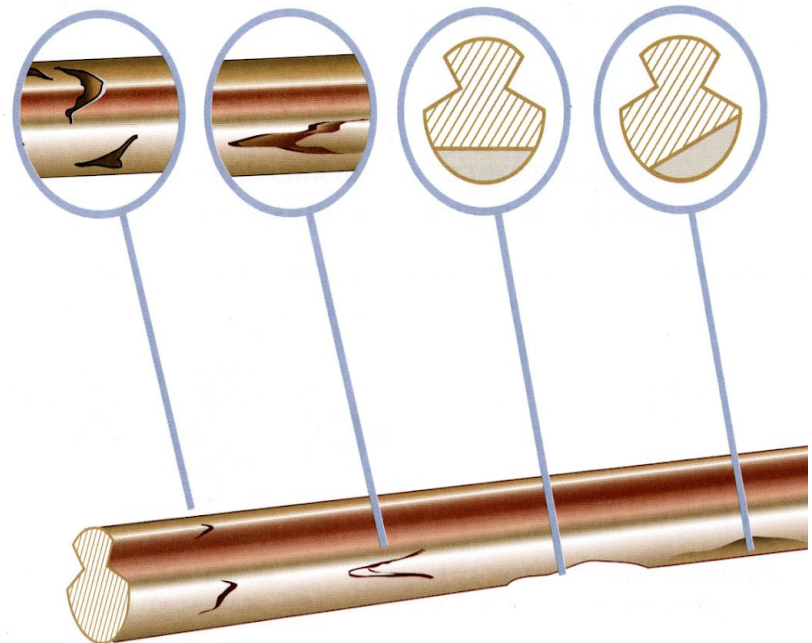
Расслоение



Износ



Боковой износ





Спасибо за внимание