

# **ПРОВОДА НЕИЗОЛИРОВАННЫЕ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА**

## **2.1. НОМЕНКЛАТУРА**

Провода неизолированные для воздушных линий предназначены для передачи электрической энергии в воздушных электрических сетях и линиях электрифицированного транспорта. В условиях эксплуатации эти провода изолированы от земли и между собой с помощью фарфоровых, стеклянных и других изоляторов, на которых они подвешиваются. Расстояние между проводами выбирается в зависимости от передаваемого напряжения. Расцепленные два - четыре провода находятся под одинаковым напряжением и подвешиваются на одной гирлянде подвесных изоляторов. Перечень, марок неизолированных проводов для линий электропередачи и контактных проводов для электрифицированного транспорта приведен в табл. 2.1, а сортамент - в табл. 2.2.

**Таблица 2.1. Номенклатура неизолированных проводов**

Марка	Код ОКП	Провод	ГОСТ, ТУ
Провода для воздушных линий электропередачи			
А	3511410100	Скручен из алюминиевых проводов АТ	ГОСТ 839-80
АКП	3511410200	То же, но межпроводочное пространство, за исключением внешней поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	То же
Ап	3511410300	Скручен из алюминиевых проволок АТп	”
АпКП	3511410500	То же, но межпроводочное пространство, за исключением внешней поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АЖ	3511910100	Скручен из проволок термообработанного алюминиевого сплава АВЕ	”
АЖКП	3511910400	То же, но межпроводочное пространство, за исключением внешней поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АН	3511910200	Скручен из проволок нетермообработанного алюминиевого сплава АВЕ	”
АНКП	3511910300	То же, но межпроводочное пространство, за исключением внешней поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АС	3511510100	Состоит из стального сердечника и алюминиевых проволок АТ	”
АСКС	3511510400	То же, но межпроводочное пространство стального сердечника заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АСК	3511510200	То же, но стальной сердечник изолирован двумя лентами ПЭТФ	”
АСКП	3511510300	То же, что марка АС, но межпроводочное пространство всего провода, за исключением внешней поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АпС	3511510700	Состоит из стального сердечника и алюминиевых проволок АТп	”
АпКС	3511511000	То же, но межпроводочное пространство стального сердечника заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	”
АпСК	3511510800	То же, но стальной сердечник изолирован двумя лентами ПЭТФ	”
АпСКП	3511510900	То же, что марка АпС, но межпроводочное пространство всего провода, за исключением внешней поверхности,	”

		заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	
М	3511110100	Одна или несколько скрученных медных проволок	”
Б	3511630100	Скручен из бронзовых проволок	ТУ 16.501.017-74
БС	3511730100	Состоит из стального сердечника и бронзовых проволок	То же
ПС	1265000100	Скручен из стальных оцинкованных проволок	ТУ 14.4.661-75
ПА	3511440400	Алюминиевый полый	ТУ 16.505.397-72
ПМ	3511140200	Медный полый	То же
Контактные провода			
БрФ	3513630300	Бронзовый фасонный	ГОСТ 2584-75
БрФО	3513631000	То же овальный	То же
МК	3513120100	Медный круглый	”
МФ	3513130200	То же фасонный	”
МФО	3513130300	То же овальный	”
НЛФ	3513700100	Низколегированный медный, фасонный	”
НЛФО	3513700200	То же овальный	”
ПКСА	1264000100	Сталеалюминиевый	ТУ 14.4.419-73

**Таблица 2.2. Сортамент неизолированных проводов**

Марка провода	S, мм <sup>2</sup>
А, АКП, Ап, АпКП	16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800
АпС, АпСК, АСКП, АпСКП, АпСКС, АС, АСК, АСКС	10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 205, 240, 300, 330, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 1000
АЖ, АН, АЖКП, АНКП	16, 25, 35, 50, 120, 150, 185
Б	50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300
БС	185, 240, 300, 400
М	4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 350, 400
БрФО, МК, МФО	30, 40, 50, 65, 85, 100
БрФ, МФ, НЛФ	65, 85, 100, 120, 150
БрФО, МФО, НЛФО	100, 120, 150
ПА	500, 640
ПКСА	80/180
ПМ	240, 300
ПС	25, 35, 50, 70
Примечания: 1. Для проводов АпС, АпСК, АпСКП, АпСКС, АС, АСК, АСКП и АСКС указаны сечения только для повива из алюминиевых проволок 2. Числитель – эквивалентное по проводимости сечение медного провода, знаменатель – полное сечение сталеалюминиевого провода.	

## 2.2. АЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДА

Алюминиевые провода для линий электропередачи марок А, Ап и АКП скручивают концентрическими повивами в чередующихся направлениях из алюминиевых проволок АТ, а провода марок Ап и АпКП - из проволок АТп по ГОСТ 6132-79. Наружный повив имеет правое направление. Внешний вид алюминиевых

проводов марок А и АКП изображен на рис. 2.1. В проводах марок АКП и АпКП промежутки между проволоками (за исключением наружного повива) заполняют нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости. Конструктивные данные алюминиевых проводов, масса, сопротивление R на длине 1 км при 20°C, разрушающая нагрузка при растяжении и длина провода приведены в табл. 2.3. Соединение проволоки в однопроволочном сердечнике не допускается. В проводах с числом проволок более семи допускается соединение их во всех повивах. Сращивание проволок производится вразгон, расстояние между местами сварок различных проволок или одной и той же проволоки не менее 15 м.

Место сварки проволок отжигают на расстояние не более 0,2 м в обе стороны. Переводной коэффициент массы алюминиевых проводов к массе медных проводов равен 2.

Преимущественная область применения алюминиевых проводов А и Ап в атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания сернистого газа не более 150 мг/(м<sup>2</sup>Чсут) (1,5мг/м<sup>3</sup>) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69, кроме ТВ и ТС, а проводов АКП и АпКП - на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III, на суше и на море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69. срок службы проводов А и Ап не менее 45 лет, а проводов АКП и АпКП - не менее 25 лет.



Рисунок 2.1. Неизолированные провода А и АКП

Таблица 2.3. Конструктивные данные и параметры алюминиевых проводов А, АКП, Ап и АпКП

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм	D, мм	g, кг/км			Разрушающая нагрузка растяжении, кН		Длина провода, м, не менее
			алюминия в проводах	смазки в АКП, АпКП	R, Ом, не более	из проволоки АТ	из проволоки АТп	
16	7*1,70	5,1	43	0,5	1,8376	-	2,9	4500
25	7*2,13	6,4	68	0,5	1,1650	-	4,3	4000
35	7*2,50	7,5	94	0,5	0,8502	-	5,9	4000
50	7*3,00	9,0	135	0,5	0,5880	7,6	8,2	3500
70	7*3,55	10,7	189	1,0	0,4204	10,64	11,3	2500
95	7*4,10	12,3	252	1,0	0,3147	13,77	14,6	2000
120	19*2,80	14,0	321	16	0,2510	17,97	19,6	1500
150	19*3,15	15,8	406	20	0,1978	22,75	24,1	1250
185	19*3,50	17,5	502	25	0,1611	28,12	29,8	1000
240	19*4,00	20,0	655	33	0,1230	36,68	37,8	1000
300	37*3,15	22,1	794	54	0,1017	44,27	46,9	1000
350	37*3,45	24,2	952	65	0,0848	53,2	56,4	1000
400	37*3,66	25,6	1072	73	0,0756	59,8	63,4	1000
450	37*3,90	27,3	1271	84	0,0666	67,94	69,8	1000
500	37*4,15	29,1	1378	94	0,0588	74,53	79,2	1000
550	61*3,37	30,3	1500	117	0,0540	83,59	88,7	1000
600	61*3,50	31,5	1618	126	0,0503	90,2	95,6	800
650	61*3,66	32,9	1771	138	0,0459	98,6	104,6	800
700	61*3,80	34,2	1902	149	0,0425	106,3	112,7	800
750	61*3,95	35,6	2062	161	0,0393	114,9	118,3	800
800	61*4,10	36,9	6160	173	0,0365	120,0	127,5	800

### 2.3. ПРОВОДА ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Провода из алюминиевого сплава АВЕ (0,3-0,5% магния, 0,4-0,7% кремния и 0,2-0,3% железа) скручены из проволоки марки АСТ, имеющей разрушающее напряжение при растяжении до скрутки в провод не менее 0,24 кН и удлинение не менее 1,5%. Термообработанная проволока марки АСЗ имеет разрушающее напряжение при растяжении не менее 0,3 кН и относительное удлинение не менее 4,0%. Удельное электрическое сопротивление при 20°C проволоки марки АСТ не более  $3,0 \cdot 10^{-8}$  Ом\*м, а марки АСЗ не более  $3,25 \cdot 10^{-8}$  Ом\*м. Неизолированные провода марок АЖ и АЖКП изготавливают из термообработанной проволоки марки АСТ, а марок АН и АНКП - нетермообработанной проволоки марки АСЗ. Провод скручивают повивами в чередующихся направлениях, наружный повив имеет правое направление. Соединение проволок в проводах, скрученных из семи проволок, не допускается. В проводах с числом проволок более семи допускается соединение проволок во всех повивах. Сращивание проволок производится вразгон, расстояние между местами сварки различных проволок или одной и той же проволоки не менее 15 м. Место сварки проводов отжигается на расстояние 0,2 м в обе стороны. В проводах АЖКП и АНКП пространство между проволоками (за исключением наружного повива) заполняется нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости. Конструктивные размеры, масса, электрическое сопротивление, временное сопротивление и длина проводов АЖ, АЖКП, АН и АНКП приведены в табл. 2.4.

Преимущественная область применения проводов АЖ и АН в атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания сернистого газа не более 150 мг/(м<sup>2</sup>\*сут) (1,5 мг/м<sup>3</sup>) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69, кроме ТВ и ТС, а проводов АЖКП и АНКП - на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III, на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69.

Срок службы проводов АЖ, АЖКП, АН и АНКП не менее 25 лет.

**Таблица 2.4. Конструктивные данные и параметры проводов АЖ, АЖКП, АН и АНКП из алюминиевого сплава**

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм	D, мм	g, кг/км		R, Ом, не более		Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее		Длина провода, м, не менее
			без смазки	смазка	АЖ, АЖКП	АН, АНКП	АЖ, АЖКП	АН, АНКП	
16	7*1,70	5,1	43,0	0,5	2,1130	1,9505	4,66	3,55	4500
25	7*2,13	6,4	68,0	0,5	1,3396	1,2365	6,97	5,11	4000
35	7*2,50	7,5	94,0	0,5	0,9775	0,9023	9,60	7,03	4000
50	7*3,00	9,0	135,0	0,5	0,6761	0,6241	13,83	10,14	3500
120	19*2,80	14,0	321,0	16	0,2836	0,2664	32,69	23,97	1500
150	19*3,15	15,8	406,0	20	0,2289	0,2113	41,36	30,31	1250
185	19*3,50	17,5	502,0	25	0,1850	0,1707	51,06	37,45	1000

### 2.4. СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДА

Сталеалюминевые провода состоят из стального сердечника повива алюминиевых проволок. Сердечник сталеалюминевых проводов скручивают из оцинкованных стальных проволок по ГОСТ 9850-72. Поверх стального сердечника в сталеалюминевых проводах марок АС, АСК, АСКП и АСКС в чередующихся направлениях накладывают повивы из алюминиевой проволоки АТ, а в проводах марок АпС, АпСК, АпСКП и АпСКС повивы из проволок АТп по ГОСТ 6132-79. Наружный повив имеет правое направление. Соединение проволоки однопроволочного сердечника не допускается. В проводах с числом проволок более семи допускается соединение во всех повивах. Сращивание проволок производится вразгон, расстояние между местами сварок различных проволок или одной и той же проволоки не менее 15 м. Место сварки проволок отжигают на расстояние не более 0,2 м в обе стороны. Внешний вид проводов АС и АпС изображен на рис. 2.2. В проводах АпСКП, АпСКС, АСКП и АСКС промежутки между оцинкованными стальными проволоками сердечника заполняют нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости, а в проводах АпСК и АСК стальной сердечник обматывают или покрывают продольно одной или двумя лентами ПЭТФ (лавсановой) пленки. Конструктивные данные проводов АпС, АпСК, АпСКП, АпСКС, АС, АСК, АСКП и АСКС, масса, переводной коэффициент массы сталеалюминевых проводов к массе медных

проводов (применяемый при планировании неизолированных проводов), разрушающая нагрузка при растяжении, электрическое сопротивление на длине 1 км и длина поставляемых проводов приведены в табл. 2.5. В маркировке сечения сталеалюминевых проводов приводятся в числителе сечение алюминиевых проволок, в знаменателе - сечение оцинкованных стальных проволок.

Преимущественная область применения проводов АпС и АС - в атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/ (м<sup>2</sup>\*сут) (1,5 мг/м<sup>3</sup>, на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69, кроме ТС и ТВ; проводов АпСК, АСК, АпСКС и АСКС - на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/ (м<sup>2</sup>\*сут) (1,5 мг/м<sup>3</sup> и хлористых солей не более 200 мг/ (м<sup>2</sup>\*сут) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69, кроме ТВ; проводов АпСКП и АСКП на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III на суше и на море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69.

Срок службы проводов АС и АпС не менее 45 лет, проводов АпСКП и АСКП - не менее 25 лет и проводов АпСК, АпСКС, АСК и АСКС - не менее 10 лет.



Рисунок 2.2. Неизолированный провод АС

Таблица 2.5. Конструктивные данные сталеалюминевых проводов марок АпС, АпСК, АпСКП, АпСКС, АС, АСК, АСКП, АСКС

S <sub>2</sub> , мм <sup>2</sup>	n*d, мм		D, мм	Коэффициент приведения натуральной массы к массе меди	g, кг/км					Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее		R, Ом, не более	Длина провода , м, не менее
	стальной	алюминевой			алюминевой части и всех марок	АС, АпС	АСК, АпСК	АСКП, АпСКП	АСКС, АпСКС	АТ	АТп		
$\frac{10}{1,8}$	1*1,50	6*1,50	4,5	1,36	28,9	42,7	43,26	43,7	43,7	-	4,09	2,7663	3000
$\frac{16}{2,7}$	1*1,85	6*1,85	5,6	1,36	44,0	64,9	65,46	65,9	65,9	-	6,22	1,8009 34	3000
$\frac{25}{4,2}$	1*2,30	6*2,30	6,9	1,36	67,9	100,3	100,86	101,8	101,8	-	9,3	1,1759	3000
$\frac{35}{6,2}$	1*2,80	6*2,80	8,4	1,36	100, 0	148,0	148,84	150,5	150,5	-	13,5	0,7897	3000
$\frac{50}{8,0}$	1*3,20	6*3,20	9,6	1,36	132, 0	195,0	195,84	198	198	16,64	17,11	0,6029 8	3000
$\frac{70}{11}$	1*3,80	6*3,80	11, 4	1,36	188, 0	276,0	278,12	300,5	300,5	23,47	24,13	0,4285 9	2000

$\frac{70}{72}$	19*2,20	18*2,20	15,4	2,0	188,0	755,0	777,0	793	793	-	96,83	0,42760	2000
$\frac{95}{16}$	1*4,50	6*4,50	13,5	1,36	261,0	385,0	386,4	391	391	32,43	33,37	0,30599	1500
$\frac{95}{141}$	37*2,20	24*2,20	19,8	2,0	251,0	1357,0	1387	1420	1426	-	180,78	0,32108	1500
$\frac{120}{19}$	7*1,85	26*2,40	15,2	1,38	324,0	471,0	482	506	482	-	41,52	0,24917	2000
$\frac{120}{27}$	7*2,20	30*2,20	15,4	1,22	320,0	528,0	542	565	542	-	49,47	0,25293	2000
$\frac{150}{19}$	7*1,85	24*2,80	16,8	1,48	407,0	554,0	565	596	566	-	46,31	0,19919	2000
$\frac{150}{24}$	7*2,10	26*2,70	17,1	1,37	409,0	599,0	612	643	613	-	52,28	0,19798	2000
$\frac{150}{34}$	7*2,50	30*2,50	17,5	1,21	406,0	675,0	692	723	693	-	62,64	0,20065	2000
$\frac{185}{24}$	7*2,10	24*3,15	18,9	1,47	515,0	705	718	758	719	56,24	58,08	0,15701	2000
$\frac{185}{29}$	7*2,30	26*2,98	18,8	1,38	500,0	728	743	780	744	59,63	62,06	0,16218	2000
$\frac{185}{43}$	7*2,80	30*2,80	19,6	1,21	509,0	846	866	907	869	-	77,77	0,15762	2000
$\frac{185}{128}$	37*2,10	54*2,10	23,1	2,0	517,0	1525	1552	1626	1588	-	183,82	0,15762	2000
$\frac{205}{27}$	7*2,20	24*3,30	19,8	1,47	566,0	774	788	831	789	61,73	63,74	0,14294	2000
$\frac{240}{32}$	7*2,40	24*3,60	21,6	1,47	673,0	921	937	987	938	72,66	75,05	0,12060	2000
$\frac{240}{39}$	7*2,65	26*3,40	21,6	1,37	650,0	952	970	1023	974	78,58	80,90	0,12428	2000
$\frac{240}{56}$	7*3,20	30*3,20	22,4	1,21	665,0	1106	1131	1184	1136	95,89	98,25	0,12182	2000
$\frac{300}{39}$	7*2,65	24*4,00	24,0	1,47	830,0	1132	1150	1219	1154	89,16	90,57	0,09747	2000
$\frac{300}{48}$	7*2,95	26*3,80	24,1	1,37	812,0	1186	1208	1273	1213	97,76	100,62	0,09983	2000
$\frac{300}{66}$	19*2,10	30*3,50	24,5	1,22	796,0	1313	1333	1408	1350	123,44	126,3	0,10266	2000
$\frac{300}{67}$	7*3,50	30*3,50	24,5	1,21	796,0	1323	1343	1418	1360	114,70	117,52	0,10266	2000
$\frac{300}{204}$	37*2,65	54*2,65	29,2	2,0	823,0	2428	2467	2578	2530	-	284,58	0,09934	2000

$\frac{330}{30}$	7*2,30	48*2,98	24,8	1,6	924,0	1152	1166	1264	1168	84,56	88,85	0,08799	2000
$\frac{330}{43}$	7*2,80	54*2,80	25,2	1,47	918,0	1255	1276	1368	1278	-	103,80	0,08888	2000
$\frac{400}{18}$	7*1,85	42*3,40	26,0	1,73	1052,0	1199	1211	1330	1211	81,86	85,6	0,07752	1500
$\frac{400}{22}$	7*2,00	76*2,57	26,6	1,73	1089,0	1261	1273	1396	1273	-	95,12	0,07501	1500
$\frac{400}{51}$	7*3,05	54*3,05	27,5	1,47	1090,0	1490	1514	1624	1518	115,40	120,48	0,07477	1500
$\frac{400}{64}$	7*3,40	26*4,37	27,7	1,37	1074,0	1572	1600	1707	1607	125,37	129,18	0,07528	1500
$\frac{400}{93}$	19*2,50	30*4,15	29,1	1,21	1119,0	1851	1878	2000	1904	169,74	173,72	0,07247	1500
$\frac{450}{56}$	7*3,20	54*3,20	28,8	1,47	1199,0	1640	1665	1785	1670	127,11	131,37	0,06786	1500
$\frac{500}{26}$	7*2,20	42*3,90	30,0	1,73	1384,0	1592	1606	1750	1607	107,28	112,19	0,05877	1500
$\frac{500}{27}$	7*2,20	76*2,84	29,4	1,74	1329,0	1537	1551	1689	1552	106,40	112,55	0,06129	1500
$\frac{500}{64}$	7*3,40	54*3,40	30,6	1,47	1354,0	1852	1880	2015	1885	143,45	148,26	0,06040	1500
$\frac{500}{204}$	37*2,65	90*2,65	34,5	2,0	1374,0	2979	3002	3209	3084	312,31	319,61	0,06025	1500
$\frac{500}{336}$	61*2,65	54*3,40	37,5	2,0	1355,0	4005	4054	4275	4173	461,83	466,65	0,06040	1500
$\frac{550}{71}$	7*3,60	54*3,60	32,4	1,47	1518,0	2076	2106	2260	2114	160,78	166,16	0,05381	1200
$\frac{600}{72}$	19*2,20	54*3,70	33,2	1,48	1603,0	2170	2192	2364	2209	178,15	183,84	0,05091	1200
$\frac{650}{79}$	19*2,30	96*2,90	34,7	1,48	1752,0	2372	2395	2602	2414	192,37	200,45	0,04655	1000
$\frac{700}{86}$	19*2,40	96*3,02	36,2	1,48	1900,0	2575	2599	2828	2621	209,01	217,78	0,04289	1000
$\frac{750}{93}$	19*2,50	96*3,15	37,7	1,48	2068,0	2800	2827	3072	2849	227,11	234,45	0,03939	1000
$\frac{800}{105}$	19*2,65	96*3,30	39,7	1,48	2269,0	3092	3121	3402	3149	252,02	260,07	0,03586	1000
$\frac{1000}{56}$	7*3,20	76*4,10	42,4	1,48	2769,0	3210	3235	3565	3240	214,21	224,05	0,02936	1000

**Таблица 2.5. Конструктивные данные сталеалюминевых проводов марок АпС, АпСК, АпСКП, АпСКС, АпКС, АС, АСК, АСКП, АКС**

S*, мм <sup>2</sup>	n*d, мм		D, мм	Коэф-фици-ент приве-дения натур-ально-й масс-ы к массе меди	g, кг/км					Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее		R, Ом, не более	Длина провода, м, не менее
	стальной	алюми-ниевой			алюми-ниевой части всех марок	АС, АпС	АСК, АпСК	АСКП, АпСКП	АСКС, АпСКС	АТ	АТп		
$\frac{10}{1,8}$	1*1,50	6*1,50	4,5	1,36	28,9	42,7	43,26	43,7	43,7	-	4,09	2,7663	3000
$\frac{16}{2,7}$	1*1,85	6*1,85	5,6	1,36	44,0	64,9	65,46	65,9	65,9	-	6,22	1,800934	3000
$\frac{25}{4,2}$	1*2,30	6*2,30	6,9	1,36	67,9	100,3	100,86	101,8	101,8	-	9,3	1,1759	3000
$\frac{35}{6,2}$	1*2,80	6*2,80	8,4	1,36	100,0	148,0	148,84	150,5	150,5	-	13,5	0,7897	3000
$\frac{50}{8,0}$	1*3,20	6*3,20	9,6	1,36	132,0	195,0	195,84	198	198	16,64	17,11	0,60298	3000
$\frac{70}{11}$	1*3,80	6*3,80	11,4	1,36	188,0	276,0	278,12	300,5	300,5	23,47	24,13	0,42859	2000
$\frac{70}{72}$	19*2,20	18*2,20	15,4	2,0	188,0	755,0	777,0	793	793	-	96,83	0,42760	2000
$\frac{95}{16}$	1*4,50	6*4,50	13,5	1,36	261,0	385,0	386,4	391	391	32,43	33,37	0,30599	1500
$\frac{95}{141}$	37*2,20	24*2,20	19,8	2,0	251,0	1357,0	1387	1420	1426	-	180,78	0,32108	1500
$\frac{120}{19}$	7*1,85	26*2,40	15,2	1,38	324,0	471,0	482	506	482	-	41,52	0,24917	2000
$\frac{120}{27}$	7*2,20	30*2,20	15,4	1,22	320,0	528,	542	565	542	-	49,47	0,25293	2000
$\frac{150}{19}$	7*1,85	24*2,80	16,8	1,48	407,0	554,0	565	596	566	-	46,31	0,19919	2000
$\frac{150}{24}$	7*2,10	26*2,70	17,1	1,37	409,0	599,0	612	643	613	-	52,28	0,19798	2000
$\frac{150}{34}$	7*2,50	30*2,50	17,5	1,21	406,0	675,0	692	723	693	-	62,64	0,20065	2000
$\frac{185}{24}$	7*2,10	24*3,15	18,9	1,47	515,0	705	718	758	719	56,24	58,08	0,15701	2000



$\frac{185}{29}$	7*2,30	26*2,98	18,8	1,38	500,0	728	743	780	744	59,63	62,06	0,16218	2000
$\frac{185}{43}$	7*2,80	30*2,80	19,6	1,21	509,0	846	866	907	869	-	77,77	0,15762	2000
$\frac{185}{128}$	37*2,10	54*2,10	23,1	2,0	517,0	1525	1552	1626	1588	-	183,82	0,15762	2000
$\frac{205}{27}$	7*2,20	24*3,30	19,8	1,47	566,0	774	788	831	789	61,73	63,74	0,14294	2000
$\frac{240}{32}$	7*2,40	24*3,60	21,6	1,47	673,0	921	937	987	938	72,66	75,05	0,12060	2000
$\frac{240}{39}$	7*2,65	26*3,40	21,6	1,37	650,0	952	970	1023	974	78,58	80,90	0,12428	2000
$\frac{240}{56}$	7*3,20	30*3,20	22,4	1,21	665,0	1106	1131	1184	1136	95,89	98,25	0,12182	2000
$\frac{300}{39}$	7*2,65	24*4,00	24,0	1,47	830,0	1132	1150	1219	1154	89,16	90,57	0,09747	2000
$\frac{300}{48}$	7*2,95	26*3,80	24,1	1,37	812,0	1186	1208	1273	1213	97,76	100,62	0,09983	2000
$\frac{300}{66}$	19*2,10	30*3,50	24,5	1,22	796,0	1313	1333	1408	1350	123,44	126,3	0,10266	2000
$\frac{300}{67}$	7*3,50	30*3,50	24,5	1,21	796,0	1323	1343	1418	1360	114,70	117,52	0,10266	2000
$\frac{300}{204}$	37*2,65	54*2,65	29,2	2,0	823,0	2428	2467	2578	2530	-	284,58	0,09934	2000
$\frac{330}{30}$	7*2,30	48*2,98	24,8	1,6	924,0	1152	1166	1264	1168	84,56	88,85	0,08799	2000
$\frac{330}{43}$	7*2,80	54*2,80	25,2	1,47	918,0	1255	1276	1368	1278	-	103,80	0,08888	2000
$\frac{400}{18}$	7*1,85	42*3,40	26,0	1,73	1052,0	1199	1211	1330	1211	81,86	85,6	0,07752	1500
$\frac{400}{22}$	7*2,00	76*2,57	26,6	1,73	1089,0	1261	1273	1396	1273	-	95,12	0,07501	1500
$\frac{400}{51}$	7*3,05	54*3,05	27,5	1,47	1090,0	1490	1514	1624	1518	115,40	120,48	0,07477	1500
$\frac{400}{64}$	7*3,40	26*4,37	27,7	1,37	1074,0	1572	1600	1707	1607	125,37	129,18	0,07528	1500
$\frac{400}{93}$	19*2,50	30*4,15	29,1	1,21	1119,0	1851	1878	2000	1904	169,74	173,72	0,07247	1500
$\frac{450}{56}$	7*3,20	54*3,20	28,8	1,47	1199,0	1640	1665	1785	1670	127,11	131,37	0,06786	1500
$\frac{500}{26}$	7*2,20	42*3,90	30,0	1,73	1384,0	1592	1606	1750	1607	107,28	112,19	0,05877	1500

$\frac{500}{27}$	7*2,20	76*2,84	29,4	1,74	1329,0	1537	1551	1689	1552	106,40	112,55	0,06129	1500
$\frac{500}{64}$	7*3,40	54*3,40	30,6	1,47	1354,0	1852	1880	2015	1885	143,45	148,26	0,06040	1500
$\frac{500}{204}$	37*2,65	90*2,65	34,5	2,0	1374,0	2979	3002	3209	3084	312,31	319,61	0,06025	1500
$\frac{500}{336}$	61*2,65	54*3,40	37,5	2,0	1355,0	4005	4054	4275	4173	461,83	466,65	0,06040	1500
$\frac{550}{71}$	7*3,60	54*3,60	32,4	1,47	1518,0	2076	2106	2260	2114	160,78	166,16	0,05381	1200
$\frac{600}{72}$	19*2,20	54*3,70	33,2	1,48	1603,0	2170	2192	2364	2209	178,15	183,84	0,05091	1200
$\frac{650}{79}$	19*2,30	96*2,90	34,7	1,48	1752,0	2372	2395	2602	2414	192,37	200,45	0,04655	1000
$\frac{700}{86}$	19*2,40	96*3,02	36,2	1,48	1900,0	2575	2599	2828	2621	209,01	217,78	0,04289	1000
$\frac{750}{93}$	19*2,50	96*3,15	37,7	1,48	2068,0	2800	2827	3072	2849	227,11	234,45	0,03939	1000
$\frac{800}{105}$	19*2,65	96*3,30	39,7	1,48	2269,0	3092	3121	3402	3149	252,02	260,07	0,03586	1000
$\frac{1000}{56}$	7*3,20	76*4,10	42,4	1,48	2769,0	3210	3235	3565	3240	214,21	224,05	0,02936	1000

## 2.5. МЕДНЫЕ ПРОВОДА

Медные провода марки М скручивают из медных проволок марки МТ по ГОСТ 2112-79. Конструктивные размеры медного провода, масса, разрушающая нагрузка при растяжении, электрическое сопротивление на длине 1 км и длина поставляемых проводов приведены в табл.

2.6. Соединение отдельных проволок при скрутке провода производится сваркой. Расстояния между местами соединения различных или одной и той же проволоки не менее 15 м. Место сварки проволок отжигают с каждой стороны соединения на расстояние не более 0,2 м в обе стороны. Соединение однопроволочного медного провода не допускается.

Преимущественная область, применения медных проводов в атмосфере воздуха типов II и III на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69. Срок службы медных проводов марки М не менее 45 лет.

**Таблица 2.6. Конструктивные данные и параметры медного провода марки М**

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм	D, мм	g, кг/км	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не более	R, Ом, не более	Длина провода, м, не менее
4,0	1*2,24	2,24	35	1,55	4,60092	2200
6,0	1*2,76	2,8	52	2,30	3,09019	1500
10,0	1*3,57	3,6	88	3,67	1,81978	900
16,0	7*1,70	5,1	142	5,91*	1,15730	4000

25,0	7*2,13	6,4	224	9,29*	0,73367	3000
35,0	7*2,51	7,5	311	12,90*	0,52386	2500
50,0	7*3,00	9,00	444	17,50*	0,36882	2000
70,0	19*2,13	10,7	612	25,22	0,27238	1500
95,0	19*2,51	12,6	850	35,02	0,19449	1200
120,0	19*2,80	14,0	1058	43,60	0,15603	1000
150,0	19*3,15	15,8	1338	52,39	0,12338	800
185,0	37*2,51	17,6	1659	68,20	0,10015	800
240,0	37*2,80	19,9	2124	87,30	0,07890	800
300,0	37*3,15	22,1	2614	101,96	0,06379	600
350,0	37*3,45	24,2	3135	122,67	0,05309	600
400,0	37*3,66	25,2	3528	137,68	0,04713	600
* При отсутствии сварок отдельных проволок.						

## 2.6. БРОНЗОВЫЕ, СТАЛЕБРОНЗОВЫЕ И СТАЛЬНЫЕ ПРОВОДА

Бронзовые и о сталевбронзовые провода марок Б и БС изготавливают из сплава БрМг 0,5 по ТУ 48.21.118-72. Конструкция провода Б, электрическое сопротивление постоянному току на длине 1 км, разрушающая нагрузка при растяжении, масса и длина приведены в табл. 2.7, а провода БС - в табл. 2.8. Длина проводов (1800±180) м. Сердечник сталевбронзовых проводов скручивают из стальной оцинкованной проволоки по ГОСТ 9850-72.

Стальные многопроволочные провода марки ПС изготавливают из стальных оцинкованных проволок по ГОСТ 3282-74 I группы с цинковым покрытием 1-го класса. Разрушающая нагрузка при растяжении проволоки 0,065 кН, относительное удлинение не менее 6%, число перегибов – 6, удельное электрическое сопротивление при 20°C не более  $1,38 \cdot 10^{-7}$  Ом\*м. Конструкция провода приведена в табл. 2.9. Шаг скрутки проводов из 5 и 7 проволок не более  $22 > D$  провода, а из 12 и 19 - не более  $20 D$ . В проводе допускается сращивание отдельных проволок сваркой, расстояние между местами сварок не менее 5 м. Места сварки должны быть защищены от коррозии и отожжены. Провода поставляются длинами не менее 1500 м.

**Таблица 2.7. Конструктивные данные и параметры бронзового провода марки Б**

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм	D, мм	g, кг/км	R, Ом, не более	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее
50,0	19*1,83	9,2	452	0,624	23,80
70,0	19*2,17	10,9	642	0,447	33,48
95,0	19*2,53	12,7	872	0,326	45,51
120,0	19*2,80	14,0	1069	0,266	55,72
150,0	37*2,27	15,9	1374	0,2089	68,20
185,0	37*2,53	17,7	1706	0,1676	84,70
240,0	37*2,86	20,0	2181	0,1312	108,10
300,0	61*2,53	22,8	2801	0,1026	139,62

**Таблица 2.8. Конструктивные данные и параметры сталевбронзового провода марки БС**

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм		D, мм	g, кг/км	R, Ом, не более	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее
	стальных	бронзовых				
185	7*2,0	30*2,8	19,6	2088	0,1688	134,00
240	19*2,8	46*2,55	24,2	3122	0,1333	232,63
300	37*2,4	48*2,8	28,0	4102	0,1058	312,63
400	37*2,8	48*3,2	32,4	5347	0,0825	421,69

**Таблица 2.9. Конструктивные данные и параметры провода из стальной оцинкованной проволоки марки ПС**

S, мм <sup>2</sup>	n*d, мм	D, мм	g, кг/км
25	5*2,5	6,8	194,3
35	7*2,5	7,5	272,0
50	9*2,3 + 3*2,2	9,2	389,4
70	12*2,3 + 7*2,2	11,5	616,6

## 2.7. АЛЮМИНИЕВЫЕ И МЕДНЫЕ ПОЛЫЕ ПРОВОДА

Алюминиевые и медные полые без поддерживающей опоры провода предназначены для воздушных линий электропередачи, для открытых подстанций и переключательных пунктов. Полые провода состоят из алюминиевых или медных проволок фасонного сечения, образующих один повив и соединенных друг с другом в замок (без поддерживающего каркаса). Внешний вид проводов ПА и ПМ приведен на рис. 2.3. Конструкция полых проводов ПА и ПМ, масса и длина поставляемого провода приведены в табл. 2.10. Разрушающая нагрузка при растяжении алюминиевой проволоки до скрутки в провод составляет не менее 0,145 кН и медной - не менее 0,38 кН с относительным удлинением при разрыве не менее 1%. Электрическое сопротивление алюминиевого провода постоянному току, пересчитанное на 1 мм<sup>2</sup> номинального сечения, 1 м длины и 20°C составляет не более 0,0283 Ом, а медного - не более 0,0179 Ом.



**Рисунок 2.3. Полые провода ПА и ПМ**

**Таблица 2.10. Конструктивные данные и параметры полых проводов марок ПА и ПМ**

Марка	S, мм <sup>2</sup>	Число проволок	D, мм		g, кг/км	Длина провода, м
			наружный	внутренний		
ПА	500	12	45,0	37,0	1330	600
	640	16	59,0	51,5	1620	600
ПМ	240	9	30,0	23,4	2110	600
	300	11	35,0	28,0	2630	600

## 2.8. БРОНЗОВЫЕ, МЕДНЫЕ И СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫЕ КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

Бронзовые, медные и сталеалюминиевые контактные провода предназначены для питания энергией электрифицированного транспорта. Внешний вид контактных проводов БрФ и МФ изображен на рис. 2.4, сечение контактных проводов БрФ и МФ - на рис. 2.5, сечение контактных проводов БрФО и МФО на рис. 2.6. Конструктивные размеры, масса и длина поставляемых проводов приведены в табл. 2.11. Контактная поверхность проводов гладкая, ровная, без трещин, закатов и расслоений. Провода всех типов, за исключением проводов из кадмиевой бронзы, поставляют бесстыковыми (без пайки и сварки) на всей строительной длине. Для проводов из кадмиевой бронзы число стыков (паек и сварок) не более четырех на 1 т.

Медный контактный провод изготавливают из катанки марки МКЛПС по ГОСТ 13842-80, низколегированные и бронзовые провода - из катанки, содержащей легирующие присадки и примеси (табл. 2.12). Механические свойства проводов приведены в табл. 2.13. Провода выдерживают до разрушения в плоскости симметрии не менее трех перегибов. Число скручиваний вокруг своей оси до разрушения проводов марок МК, МФ, МФО, НЛФ, НЛФО сечением свыше 50 мм<sup>2</sup> - не менее четырех, а проводов БрФ и БрФО - не менее пяти. Электрическое сопротивление медного провода постоянному току, пересчитанное на 1 мм<sup>2</sup> номинального сечения, 1 м длины и 20°C, составляет не более 0,0176 Ом, низколегированного - 0,0185

Ом, провода из кадмиевой бронзы - не более 0,0205 Ом, магниевой бронзы - не более 0,0220 Ом, циркониевой бронзы - не более 0,0200 Ом, магниев-циркониевой бронзы - не более 0,0215 Ом.

Сталеалюминевые контактные провода изготовляют соединением стальной и алюминиевых заготовок методом холодной прокатки. Они предназначены для трамвайной и троллейбусной тяги. Внешний вид контактного провода ПКСА изображен на рис. 2.7. Сечение провода  $180\text{ мм}^2$  (сечение алюминия  $125\text{ мм}^2$ ), высота профиля 17 мм, головки 3,7 мм, ширина основания 14 мм, шейки 5,7 мм, головки 3,2 мм. Масса провода 760 кг/км, длина не менее 2300 м. Контактная поверхность провода гладкая, ровная, без трещин, закатов и расслоений. Провод изготовляют из низкоуглеродистой стали по ГОСТ 1050-74 и прессованного профиля из алюминия марок А5, АЕ по ГОСТ 11069-74. Соединение заготовок производят стыковой электросваркой, расстояние между сварками алюминия и стали в готовом проводе не менее 5 м, разрушающая нагрузка при растяжении не менее 35,0 кН, а в местах сварки не менее 29,75 кН. Усилие сцепления стальной и алюминиевой частей - не менее 5 кН на 100 мм длины. Электрическое сопротивление на длине 1 км при температуре  $20\pm 5$  - не менее 0,19 Ом. Расслоение провода (стальной части от алюминиевой) в месте наибольшей деформации после одиночного скручивания на  $180^\circ$  с последующим возвращением в исходное положение на образце длиной 250 мм и в месте наибольшей деформации после одного перегиба на  $50^\circ$  в плоскости, перпендикулярной плоскости симметрии, и двух перегибов на  $45^\circ$  в плоскости симметрии не должно превышать 1,2 мм.



Рисунок 2.4. Контактные провода БФ и МФ

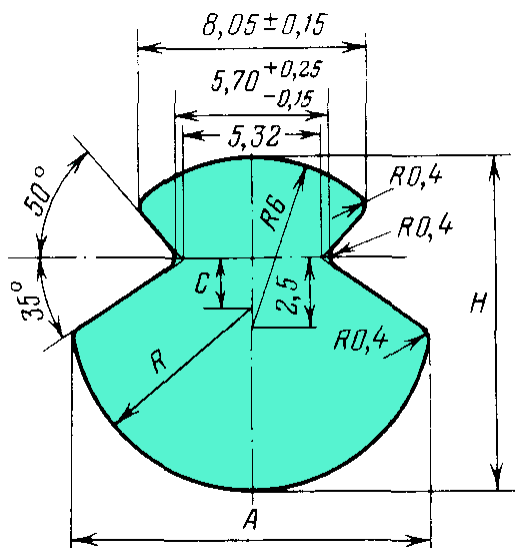


Рисунок 2.5. Сечение контактных проводов БФ и МФ



S, мм <sup>2</sup>	Размеры, мм										g, кг/км	Длина провода, м, не менее
	БрФ, МФ, НЛФ				БрФО, МФО, НЛФО					МК		
	А	Н	С	Р	А	Н	С	Р	Р <sub>1</sub>			
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	267	1800-5500
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	356	1400-4200
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0	445	1100-3300
65	10,19	9,3	0,5	5,3	-	-	-	-	-	9,1	578	850-2500
85	11,76	10,8	1,3	6,0	-	-	-	-	-	10,4	755	1400-2000
100	12,81	11,8	1,8	6,5	14,92	10,5	13,0	20,0	1,8	11,3	890	1400-1800
120	13,90	12,9	2,4	7,0	16,10	11,5	17,0	25,0	2,3	-	1068	1400-1800
150	15,50	14,5	3,2	7,8	18,86	12,5	27,0	36,0	2,3	-	1335	1400-1600



**Таблица 2.12. Содержание легирующих присадок в катанке для бронзовых и низколегированных проводов**

Марка	Легирующий компонент	Содержание, %
Низколегированные		
НЛМГ 0,05	Магний	0,04-0,06
НЛЦр 0,05Ф	Цирконий	0,04-0,06
МЛОЛ 0,04Ф	Олово	0,03-0,06
НКЛр 0,04Ф	Кремний	0,03-0,06
НЛТи 0,03Ф	Титан	0,01-0,04
Бронзовые*		
БрМГ 0,25Ф	Магний	0,15-0,30
БрКд 1,0Ф	Кадмий	0,8-1,1
БрМГЦр 0,15-0,15Ф	Магний	0,1-0,2
	Цирконий	0,1-0,2
БрЦр 0,5Ф	”	0,4-0,6
* Легирующий компонент в меди.		
Примечание. Примеси в сплаве не более, чем в меди марки М1		

**Таблица 2.13. Механические свойства контактных проводов МК, МФ, МФО, НЛФ, НЛФО, БрФ и БрФО**

S, мм <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее						Относительное удлинение, %, не менее			Радиус гибок, мм
	МК, МФ, МФО	НЛФ, НЛФО	БрФ и БрФО, легированных				МК, МФ, МФО	НЛФ, НЛФО	БрФ, БрФО	
			магнием	цирконием	магнием и цирконием	кадмием				
30	3,97	4,02	-	-	-	-	1,5	1,5	-	10
40	3,87	3,92	-	-	-	-	2,0	2,0	-	10
50	3,87	3,92	-	-	-	-	2,5	2,5	-	10
65	3,72	3,82	4,21	4,41	4,31	4,31	3,0	3,0	3,0	13
85	3,63	3,82	4,21	4,41	4,31	4,31	3,5	3,0	3,0	16
100	3,63	3,77	4,12	4,31	4,21	4,21	4,0	3,5	3,5	16
120	3,58	3,67	4,02	4,21	4,12	4,22	4,0	3,5	4,0	18
150	3,58	3,62	3,92	4,12	4,02	4,02	4,0	3,5	4,0	20