

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Кабельную продукцию в зависимости от конструкций подразделяют на кабели, провода и шнуры.

Кабель — одна или более изолированных жил (проводников), заключенных, как правило, в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, в который может входить броня.

Провод — одна неизолированная или одна и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка волокнистыми материалами или проволокой.

Шнур — две или более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до 1.5 мм^2 , скрученных или уложенных параллельно, поверх которых в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены неметаллическая оболочка и защитные покрытия.

Основными элементами всех типов кабелей, проводов и шнуров являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и наружные покровы. Неизолированные провода изоляции не имеют. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей и проводов экран и наружные покровы могут отсутствовать.

1.2. ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ЖИЛЫ

ТОКОПРОВОДЯЩИЕ МЕДНЫЕ И АЛЮМИНИЕВЫЕ ЖИЛЫ КАБЕЛЕЙ, ПРОВОДОВ И ШНУРОВ

Круглые и фасонные неуплотненные и уплотненные токопроводящие жилы кабелей, проводов и шнуров из медной, медной луженой, алюминиевой проволоки без металлического покрытия или с металлическим покрытием соответствуют ГОСТ 22483-77 с изменениями № 1 и 2 и стандарту МЭК 228, 1978 г.

Медные и алюминиевые жилы, предназначенные для кабелей и проводов стационарной прокладки, подразделяют на классы 1 и 2, а для кабелей, проводов и шнуров нестационарной прокладки и стационарной прокладки, требующей повышенной гибкости при монтаже и вибростойкости, — на классы 3 - 6. Номинальное сечение жилы, диаметр проволоки и число проволок в жиле классов 1 и 2 соответствуют указанному в табл. 1.1, номинальное сечение жилы, диаметр проволоки и число проволок в жиле классов 3 - 6 соответствуют табл. 1.2. В стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры указываются материал жилы и класс. Допускается применение токопроводящих жил с другими параметрами, если это предусмотрено в стандартах или технических условиях на конкретные кабели, провода и шнуры. Дополнительные параметры круглых уплотненных и фасонных жил устанавливаются в стандартах, утвержденных в установленном порядке.

Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы кабелей, проводов и шнуров при температуре 20°C соответствует указанным в табл. 1.3 и 1.4. Электрическое сопротивление многожильных кабелей, проводов и шнуров с жилами классов 4 - 6, скрученных с кратностью шагов менее 10 D (где D - внешний диаметр по скрутке жил), указывается в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры.

Фасонные (секторные и другие формы) алюминиевые жилы класса 2 сечением от 25 до 300 мм^2 и фасонные медные жилы сечением до 50 мм^2 могут изготавливаться однопроволочными. Алюминиевые жилы сечением 625 и 800 мм^2 могут иметь минимальное число проволок, не менее 61. Конструктивные размеры и электрическое сопротивление фасонных жил соответствуют технической документации, утвержденной в установленном порядке. Если диаметр медной проволоки не превышает 0,16 мм, применяется проволока марки МТ (неотожженная) по ГОСТ 2112-79, при этом жила после скрутки, как правило, подвергается отжигу. Если диаметр медной проволоки более 0,16 мм, применяется проволока марки ММ (отожженная), при этом жила после скрутки не отжигается. Алюминиевые жилы скручивают из алюминиевых проволок по ГОСТ 6132-79. Допускается для изготовления жил применение медной луженой и алюмомедной проволок по стандартам или техническим условиям.

Проволоки скручивают в стренгу или жилу в одном направлении (правильной или пучковой скруткой) или в жилу с разным направлением скрутки. Допускается для жил классов 3 - 6 наложение повивов стренг вокруг центрального пучка; при скрутке проволок диаметром до 1,04 мм применяется пучковая скрутка. Соседние повивы жил скручивают в одну или противоположные стороны. Направление скрутки наружного

повива жил при необходимости оговаривается в стандартах или технических условиях. При правильной скрутке не допускается перекрещивание проволок или стренг, расположенных в одном повиве. Допускается обрыв или пропуск проволоки в жилах классов 3 - 6 при соответствии электрического сопротивления жил значениям, указанным в табл. 1.3 и 1.4.

Максимальная кратность шагов скрутки повивов жил и проволок в стренгу соответствует табл. 1.5. Кратность шагов скрутки одноповивных жил и жил пучковой скрутки соответствует кратности шагов скрутки наружного повива жилы односторонней скрутки. Приблизительные диаметры жил, скрученных по пучковой системе скрутки, приведены в табл. 1.6. Параметры разнонаправленной скрутки соответствуют технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

Пайку или сварку однопроволочных жил производят встык. Допускается пайка или сварка многопроволочных жил классов 1-5 сечением до 1,5 мм² в одном сечении, а жил сечением 2,5, 4 и 6 мм² - с разделением проволок или стренг не менее чем на две части. Недопустимость пайки или сварки в одном сечении оговаривают в нормативно-технической документации на кабели, провода и шнуры. Пайку или сварку жил класса 6 производят только вразгон. Применение кислот при пайке не допускается.

В готовом кабеле, проводе или шнуре допуск на диаметр отдельной проволоки жилы не нормируют. При этом электрическое сопротивление должно соответствовать значениям, указанным в табл. 1.3 и 1.4.

ГОСТ 22483-77 не распространяется на неизолированные провода для воздушных линий электропередачи, жилы маслонаполненных кабелей, внутренние проводники радиочастотных кабелей, внутренние проводники и жилы кабелей связи и жилы обмоточных проводов, а также на жилы кабелей и проводов на рабочую температуру 120° С и выше, особо гибких, малоиндуктивных, импульсных, зажигания, грузонесущих, геофизических, судовых герметизированных, сигнализации и блокировки. На кабели и провода узкоцелевого назначения и на провода медные неизолированные ГОСТ 22485-77 распространяется полностью или частично, если это предусмотрено в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры.

Таблица 1.1. Жилы одножильных и многожильных кабелей и проводов для стационарной прокладки

Номинальн ое сечение S, мм2	Класс 1				Класс 2							
	Диаметр проволок и, мм	Число проволок в жиле		Расчетный диаметр, жилы, мм	Диаметр проволоки, мм	Число проволок в жиле						Расчетный диаметр, жилы, мм
		медных	алюминиевых			круглая жила				фасонная жила		
						неуплотненная		уплотненная		медная	алюмини евая	
						медная	алюми- ниевая	медная	алюми- ниевая			
0,03	0,20	1	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
0,05	0,26	1	-	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-
0,08	0,32	1	-	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-
0,12	0,42	1	-	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-
0,20	0,52	1	-	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-
0,35	0,68	1	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,80	1	-	0,80	0,30	7	-	-	-	-	-	0,90
0,75	0,97	1	-	0,97	0,37	7	-	-	-	-	-	1,11
1,0	1,13	1	-	1,13	0,40	7	7	-	-	-	-	1,20
1,2	1,20	1	1	1,20	0,45	7	7	-	-	-	-	1,36
1,5	1,38	1	1	1,38	0,50	7	7	6	-	-	-	1,50
2,0	1,60	1	1	1,60	0,60	7	7	6	-	-	-	1,80
2,5	1,78	1	1	1,78	0,67	7	7	6	-	-	-	2,01
3,0	1,95	1	1	1,95	0,79	7	7	6	-	-	-	2,37
4,0	2,25	1	1	2,25	0,85	7	7	6	-	-	-	2,55
5,0	2,52	1	1	2,52	0,95	7	7	6	-	-	-	2,85
6,0	2,76	1	1	2,76	1,04	7	7	6	-	-	-	3,12
8,0	3,20	1	1	3,20	1,21	7	7	6	-	-	-	3,63
10	3,57	1	1	3,57	1,35	7	7	6	-	-	-	4,05
16	4,50	1	1	4,50	1,70	7	7	6	6	-	-	5,10
	-	-	-	-	1,04	19	-	-	-	-	-	5,20
25	5,65	1	1	5,65	2,14	7	7	6	6	6	6	6,42
	-	-	-	-	1,35	19	-	-	-	-	-	6,75
35	6,60	1	1	6,60	2,52	7	7	6	6	6	6	7,56
	-	-	-	-	1,53	19	-	-	-	-	-	7,65
	-	-	-	-	1,10	37	-	-	-	-	-	7,71

50	8,0 3,02	1 7	1 -	8,0 9,06	1,78 1,53	19 27	19 -	6 -	6 -	6 -	6 -	8,9 -
70	9,42 3,55 -	1 7 -	1 - -	9,42 10,65 -	2,14 1,53 1,20	19 37 61	19 - -	12 - -	12 - -	12 - -	12 - -	10,70 10,80 10,70
95	10,96 - -	1 - -	1 - -	10,96 - -	2,52 1,78 1,40	19 37 61	19 - -	15 - -	15 - -	15 - -	15 - -	12,60 12,60 13,10
120	12,28 2,85	1 19	1 -	12,28 14,25	2,03 1,60	37 61	37 -	18 -	18 -	18 -	18 -	14,21 14,2
150	13,68 3,20	1 19	1 1	13,68 16,00	2,25 1,78	37 61	27 -	18 -	18 -	18 -	18 -	15,75 16,10
185	2,52	37	1	15,20	2,52	37	37	30	30	30	30	17,64
240	17,30 2,85	- 37	1 37	17,30 19,95	2,25 -	61 -	61 -	34 -	30 -	34 -	30 -	20,25 -
300	3,20	37	37	22,40	2,52	61	61	34	30	34	30	22,68
400	3,72	37	37	26,04	2,85	61	61	53	53	53	53	22,65
500	4,11 3,20	37 61	37 61	28,77 28,80	3,20 2,61	61 91	61 -	53 -	53 -	53 -	53 -	28,80 28,71
625	3,61	61	61	32,49	2,51	127	-	53	53	53	53	32,63
800	4,10 3,34	61 91	61 91	36,90 36,74	3,24 2,85	91 127	- -	53 -	53 -	- -	- -	36,74 37,05
1000	3,20	127	127	41,60	3,20	127	-	53	53	-	-	41,60

Таблица 1.2. Жилы одножильных и многожильных кабелей и проводов для нестационарной прокладки

S, мм ²	Класс 3			Класс 4			Класс 5			Класс 6		
	Диаметр проволоки d, мм, не более	Число проволок в жиле n	Расчетный диаметр жилы, мм	Диаметр проволоки d, мм, не более	Число проволок в жиле n	Расчетный диаметр жилы, мм	Диаметр проволоки d, мм, не более	Число проволок в жиле n	Расчетный диаметр жилы, мм	Диаметр проволоки d, мм, не более	Число проволок в жиле n	Расчетный диаметр жилы, мм
0,03	-	-	-	-	-	-	0,08	7	0,24	0,05	16	0,24
0,05	-	-	-	0,10	7	0,30	0,08	10	0,32	0,05	27	0,31
0,08	-	-	-	0,12	7	0,36	0,08	16	0,38	0,05	40	0,37
	-	-	-	-	-	-	0,10	10	0,40	-	-	-
0,12	-	-	-	0,15	7	0,45	0,10	15	0,47	0,08	24	0,48

0,20	- -	- -	- -	0,20 -	7 -	0,60 -	0,12 -	19 -	0,60 -	0,10 0,08	26 37	0,62 0,56
0,35	- -	- -	- -	0,26 -	7 -	0,78 -	0,12 0,15	30 19	0,77 0,75	0,10 -	45 -	0,82 -
0,50	0,33	7	0,98	0,30	7	0,90	0,20	16	0,94	0,15	28	0,96
0,75	0,38 -	7 -	1,15 -	0,30 0,23	11 19	1,25 1,15	0,20 -	24 -	1,20 -	0,15 -	42 -	1,20 -
1,0	0,43 -	7 -	1,30 -	0,30 0,26	14 19	1,32 1,30	0,20 -	32 -	1,34 -	0,15 -	56 -	1,31 -
1,2	0,45	7	1,36	0,41	-	-	0,26	-	-	0,16	-	-
1,5	0,53 -	7 -	1,60 -	0,40 0,32	12 19	1,66 1,60	0,26 -	28 -	1,88 -	0,15 -	85 -	2,03 -
2,0	0,61	7	1,83	0,43	-	-	0,26			0,16		
2,5	0,69 -	7 -	2,08 -	0,40 0,42	20 19	2,12 2,10	0,25 0,26	50 49	2,10 2,34	0,15 -	140 -	2,39 -
3	0,79	7	2,38	0,53	-	-	0,31	-	-	0,16	-	-
4	0,87 -	7 -	2,62 -	0,50 -	20 -	2,65 -	0,30 0,32	56 49	2,97 2,88	0,15 -	228 -	3,11 -
5	0,59	19	2,94	0,53	-	-	0,31	-	-	0,21	-	-
6	0,65 -	19 -	3,20 -	0,50 0,40	30 49	3,21 3,60	0,30 -	84 -	3,74 -	0,20 -	189 -	3,69 -
8	0,87	-	-	0,53	-	-	0,41	-	-	0,21	-	-
10	0,82 1,04	19 12	4,00 4,32	0,50 0,60	49 56	4,50 5,94	0,40 0,37	80 91	5,28 4,90	0,20 -	324 -	5,10 -
16	1,04 - -	19 - -	5,20 - -	0,64 - -	49 - -	5,76 - -	0,30 0,40 0,49	224 126 84	6,03 6,15 6,10	0,20 - -	513 - -	6,15 - -
25	1,35 - -	19 - -	6,75 - -	0,80 0,60 0,50	49 84 126	7,20 7,47 7,50	0,40 0,30 -	196 342 -	7,78 7,50 -	0,20 - -	783 - -	7,88 - -
35	1,53 1,10 -	19 37 -	7,65 7,70 -	0,67 0,58 -	98 133 -	8,86 8,70 -	0,49 0,40 0,30	189 276 486	9,04 9,96 9,23	- 0,20 -	- 1107 -	- 9,84 -
50	1,53 1,30	27 37	9,40 9,10	0,67 0,68	144 140	11,54 10,80	0,49 0,40	266 396	10,80 11,62	0,30 -	402 -	11,35 -
70	1,53 1,20	37 61	10,71 10,80	0,68 0,67	189 192	10,20 11,07	0,58 0,50	266 360	12,79 13,25	0,30 -	999 -	12,92 -

95	1,78 1,40	37 61	12,46 12,60	0,80 0,67	189 266	14,76 14,77	0,58 0,50	361 475	14,50 15,38	0,30 -	1332 -	14,70 -
120	1,60 -	61 -	14,40 -	0,77 0,67	266 342	16,98 16,75	0,50 -	608 -	16,75 -	0,30 -	1702 -	17,12 -
150	1,78 -	61 -	16,02 -	0,85 0,68	266 405	18,74 19,66	0,50 -	756 -	19,71 -	0,30 -	2109 -	18,90 -
185	1,60 -	91 -	17,60 -	0,85 0,64	330 570	22,61 20,51	0,50 -	925 -	21,53 -	0,30 -	2590 -	20,37 -
240	- -	- -	- -	0,85 0,64	420 732	24,03 23,90	0,50 -	1221 -	23,45 -	0,30 -	3360 -	23,72 -
300	- -	- -	- -	0,85 0,64	518 912	26,24 26,08	0,50 -	1525 -	27,68 -	0,30 -	1270 -	26,19 -
400	- -	- -	- -	0,85 0,68	672 1083	30,55 30,60	0,50 -	2013 -	30,15 -	- -	- -	- -
500	-	-	-	0,85	854	33,74	0,60	1769	34,61	-	-	-

Таблица 1.3. Электрическое сопротивление 1км круглой жилы при 20°C, Ом, не более

S, мм ²	Класс 1			Класс 2			Класс 3		
	медные		алюминиевые	медные		алюминиевые	медные		алюминиевые
	нелуженые	луженые		нелуженые	луженые		нелуженые	луженые	
0,03	588,0	617,3	-	-	-	-	-	-	-
0,05	347,9	365,3	-	-	-	-	-	-	-
0,08	225,3	238,8	-	-	-	-	-	-	-
0,12	130,8	138,6	-	-	-	-	-	-	-
0,20	88,8	90,4	-	-	-	-	-	-	-
0,35	50,4	51,8	-	-	-	-	-	-	-
0,50	36,0	36,7	-	36,0	36,7	-	39,6	40,7	-
0,75	24,5	24,8	-	24,5	24,8	-	25,5	26,0	-
1,0	18,1	18,2	-	18,1	18,2	35,4	21,8	22,3	-
1,2	14,8	14,9	24,2	16,8	17,1	28,0	17,3	17,6	28,8
1,5	12,1	12,2	18,1	12,1	12,2	22,7	14,0	14,3	23,4
2,0	9,01	9,10	14,9	9,43	9,61	15,8	9,71	9,90	16,2
2,5	7,41	7,56	12,1	7,41	7,56	12,4	7,49	7,63	12,5
3,0	6,07	6,13	10,1	5,61	5,72	9,40	5,84	5,95	9,76
4,0	4,61	4,70	7,41	4,61	4,70	7,41	4,79	4,88	8,0
5,0	3,66	3,70	6,07	3,54	3,57	5,87	3,83	3,91	-
6,0	3,08	3,11	5,11	3,08	3,11	5,11	3,11	3,17	5,20
8,0	2,25	2,28	3,73	2,31	2,33	3,83	2,40	2,45	-
10	1,83	1,84	3,08	1,83	1,84	3,08	1,99	2,03	3,33
16	1,15	1,16	1,91	1,15	1,16	1,91	1,21	1,24	2,02
25	0,727	-	1,20	0,727	0,734	1,20	0,809	0,824	1,35
35	0,524	-	0,868	0,524	0,529	0,868	0,551	0,562	0,921
50	0,387	-	0,641	0,387	0,391	0,641	0,394	0,402	0,658
70	0,268	-	0,443	0,268	0,270	0,443	0,277	0,283	0,470
95	0,193	-	0,320	0,193	0,195	0,320	0,203	0,207	0,338
120	0,153	-	0,253	0,153	0,154	0,253	0,158	0,161	0,264
150	0,124	-	0,206	0,124	0,126	0,206	0,130	0,132	0,211
185	0,0993	-	0,164	0,0991	0,100	0,164	0,105	0,107	0,175
240	0,0775	-	0,125	0,0754	0,0762	0,125	0,0798	0,0814	0,134
300	0,0623	-	0,100	0,0601	0,0607	0,100	0,0654	0,0666	0,109
400	0,0470	-	0,0778	0,0470	0,0475	0,0778	0,0499	0,0509	0,0835
500	0,0366	-	0,0605	0,0366	0,0369	0,0605	0,0393	0,0401	0,0657
625	0,0283	-	0,0469	0,0283	0,0286	0,0469	-	-	-
800	0,0221	-	0,0367	0,0221	0,0224	0,0367	-	-	-
1000	0,0176	-	0,0291	0,0176	0,0177	0,0291	-	-	-

Таблица 1.4. Электрическое сопротивление 1 км круглой медной жилы при 20°C, Ом, не более

S, мм ²	Класс 4		Класс 5		Класс 6	
	нелуженая	луженая	нелуженая	луженая	нелуженая	луженая
0,03	-	-	572,7	599,5	669,8	671,5
0,05	366,6	383,7	400,9	419,6	396,9	397,9
0,08	247,5	254,6	256,6	268,6	267,9	268,6
0,12	165,3	170,3	171,0	179,0	174,4	174,8
0,20	89,1	91,7	108,3	113,4	113,1	113,4
0,35	57,0	58,7	58,3	60,0	59,5	59,6
0,50	40,5	41,7	39,0	40,1	39,0	40,1
0,75	25,2	25,9	26,0	26,7	26,0	26,7
1,0	19,8	20,4	19,5	20,0	19,5	20,0
1,2	16,0	16,5	16,0	16,5	15,8	16,3
1,5	13,2	13,6	13,3	13,7	13,3	13,7
2,0	9,97	10,3	9,98	10,3	9,90	10,2
2,5	8,05	8,20	7,98	8,21	7,98	8,21
3,0	6,52	6,65	6,46	6,58	6,60	6,79
4,0	4,89	4,99	4,95	5,09	4,95	5,09
5,0	3,82	3,90	3,96	4,07	3,87	3,98
6,0	3,28	3,35	3,30	3,39	3,30	3,39
8,0	2,45	2,49	2,55	2,60	2,47	2,54
10	2,00	2,04	1,91	1,95	1,91	1,95
16	1,21	1,24	1,21	1,24	1,21	1,24
25	0,776	0,792	0,780	0,795	0,780	0,795
35	0,547	0,558	0,554	0,565	0,554	0,565
50	0,393	0,401	0,386	0,393	0,386	0,393
70	0,281	0,286	0,272	0,277	0,272	0,277
95	0,201	0,205	0,206	0,210	0,206	0,210
120	0,162	0,165	0,161	0,164	0,161	0,164
150	0,129	0,132	0,129	0,132	0,129	0,132
185	0,104	0,106	0,106	0,108	0,106	0,108
240	0,0808	0,824	0,0801	0,0817	0,0801	0,0817
300	0,0649	0,0661	0,0641	0,0654	0,0641	0,0654
400	0,0484	0,0493	0,0486	0,0495	-	-
500	-	-	0,0384	0,0391	-	-
625	-	-	0,0287	0,0292	-	-

Таблица 1.5. Шаги скрутки токопроводящих жил по ГОСТ 22483-77

Классы жил	Шаг скрутки не более		
	внутренних повивов	наружного повива	проволок в стренгу
Скрутка в противоположные стороны			
1; 2	35d	18d	-
3-6	25d	16d	30d
Скрутка в одну сторону			
1; 2	-	18d	-
3; 4	14d	16d	20d
5	12d	16d	20d
6	12d	14d	16d

Таблица 1.6. Приблизительный диаметр жил, скрученных по системе пучковой скрутки

Число проволок в желе	Приблизительный диаметр жилы	Число проволок в желе	Приблизительный диаметр жилы	Число проволок в желе	Приблизительный диаметр жилы
11-12	4,15 d	23-24	6,0d	41-44	8,0d
13-14	4,41 d	25-27	6,15d	45-48	8,15d
15-16	4,7 d	28-30	6,41d	49-52	8,41d
17-19	5,0 d	31-33	6,7d	53-56	8,7d
20-21	5,3 d	34-37	7,0d	57-62	9,0d
22	5,7 d	38-40	7,3d		
Примечание. d – диаметр проволоки					

ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ЖИЛЫ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ

Медные и алюминиевые токопроводящие жилы силовых кабелей для стационарной прокладки с пропитанной бумажной и пластмассовой изоляцией на номинальное переменное напряжение до 10 кВ (включительно) могут быть одно- и многопроволочными, круглыми или секторными. Минимальное число проволок в жилах силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, конструкции, размеры и электрическое сопротивление круглых и секторных жил приведены в [2].

Кабели с секторными жилами имеют диаметр на 20-25% меньший, чем кабели с круглыми жилами эквивалентного сечения, и соответственно меньший расход материалов на изоляцию, оболочку и защитные покрытия. Уплотнение многопроволочных жил также дает экономию материалов. Сечения круглой неуплотненной и уплотненной жил изображены на рис. 1.1, сечение уплотненной секторной жилы - на рис. 1.2, а-в.

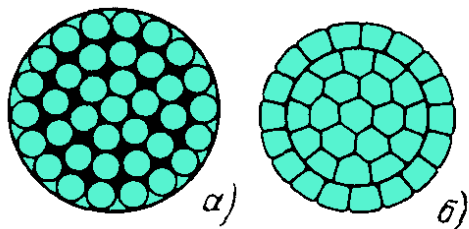


Рисунок 1.1. Схема круглой токопроводящей жилы: а – неуплотненной; б – уплотненной

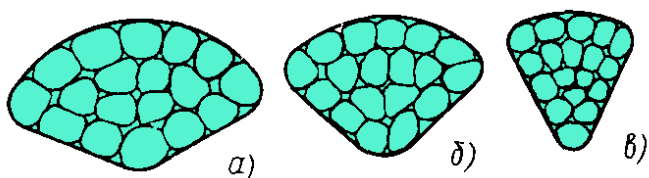


Рисунок 1.2. Схема уплотненных секторных токопроводящих жил силовых кабелей: а - трехжильного; б - рабочая жила четырехжильного кабеля; в - нулевая жила четырехжильного кабеля

Секторные многопроволочные жилы изготавливают: сечением 25 - 70 мм² — пучок из 6 параллельных проволок и один повив из 12 прополок одинакового диаметра (рис. 1.3); сечением 70—120 мм² - скрученная заготовка из 7 проволок, 2 параллельные проволоки и повив из 15 проволок одинакового диаметра (рис. 1.4); сечением 150 - 240 мм² - секторная заготовка из 7 проволок, 2 параллельные проволоки и два повива из 15 и 21 проволок одинакового диаметра (рис. 1.5). Скрученная заготовка из 7 проволок может быть заменена круглой проволокой такого же сечения, а скрученная заготовка и две параллельные проволоки - сплошным сектором. Секторная жила трехжильных кабелей имеет угол, равный 120° (рис. 1.2, а), а рабочие жилы четырехжильных кабелей — угол, равный 94,5—100°, нулевая жила 48-60° (рис. 1.2, б и в). Края секторов и сегментов выполняют закругленными по радиусу не менее 1 мм.

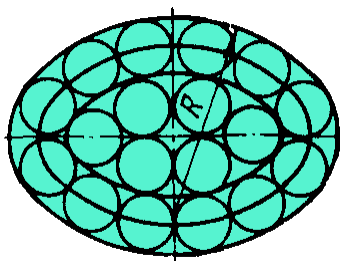


Рисунок 1.3. Схема секторной токопроводящей жилы силового кабеля сечением 25 - 70 мм² (до уплотнения)

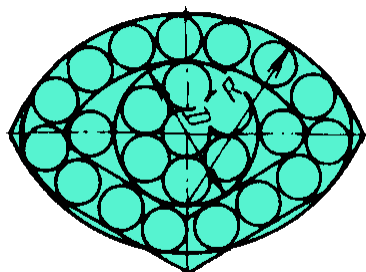


Рисунок 1.4. Схема секторной токопроводящей жилы силового кабеля сечением 70 - 120 мм² (до уплотнения)

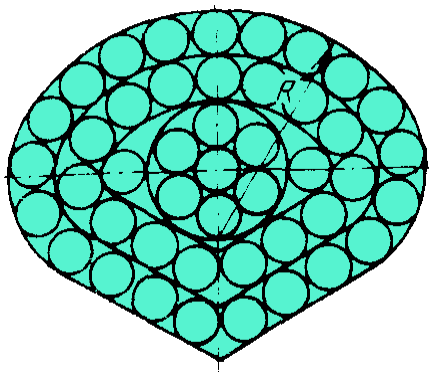


Рисунок 1.5. Схема секторной токопроводящей жилы силового кабеля сечением 150 - 240 мм² (до уплотнения)

Медная проволока, применяемая для изготовления токопроводящих жил, соответствует марке ММ по ГОСТ 2112-79, а алюминиевая круглая проволока сечением до 70 мм² - марке АТ по ГОСТ 6132-79. Однопроволочные фасонные алюминиевые жилы изготавливают из алюминия марок АЕ, А6, А7 или А8 по ГОСТ 11069-74 с разрушающим напряжением при растяжении не менее 570 МПа и относительным удлинением не менее 30%. Многопроволочные жилы скручивают из проволок по системе правильной повивной скрутки, направление скрутки верхнего повива - правое; повивы проволок имеют чередующееся направление скрутки. Многопроволочные секторные жилы уплотняют. Шаг скрутки верхнего повива жилы равен диаметру жилы D , умноженному на коэффициент, равный 12,5 - 16. Для фасонных жил расчет проводят по эквивалентному диаметру жилы. Шаг скрутки каждого внутреннего повива принимают не более 24 D . Не допускается перекрещивание проволок, расположенных в верхнем повиве жилы. Жилы не имеют заусенцев, режущих кромок, выпучивания и обрывов отдельных проволок, могущих повредить изоляцию. Диаметр шейки барабана для намотки жил не менее 30 D или 30-кратной высоты сектора жилы.

Пайку припоем (ГОСТ 21931-76) или сварку проволок в одном повиве жилы производят вразгон с расстоянием между соседними местами пайки или сварки не менее 300 мм. Расстояние между местами сварки однопроволочных жил должно быть не менее 300 м по длине кабеля. Пайка однопроволочных жил и применение кислот при пайке жил не допускается. Места пайки или сварки после зачистки не выводят проволоку за пределы двойного допуска по диаметру.

1.3. ИЗОЛЯЦИЯ КАБЕЛЕЙ, ПРОВОДОВ И ШНУРОВ

ПРОПИТАННАЯ БУМАЖНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Кабельная бумага по ГОСТ 23436-83 для изоляции силовых кабелей на напряжение до 35 кВ марок К и КМП изготавливается из небеленой сульфатной целлюлозы, а марки КМ - из небеленой сульфатной целлюлозы для многослойной кабельной бумаги. Бумага изготавливается плотностью 780 ± 50 кг/см³, воздухопроницаемостью не более 40 мл/мин. влажностью 4 - 8%,. Бумага марок К и КМП изготавливается цвета натурального волокна или окрашенной в красный, зеленый и синий цвета, а марки КМ - цвета натурального волокна. Показатели качества кабельной бумаги приведены в табл. 1.7.

Кабельная бумага по ГОСТ 645-79 для изоляции кабелей на напряжение от 110 до 500 кВ изготавливается из специальной сульфатной небеленой целлюлозы, бумага марок КВМ (многослойная) и КВМС (многослойная стабилизированная) выпускается машинной гладкости, а бумага марки КВМСУ (многослойная стабилизированная уплотненная) - каландрированной. Показатели качества высоковольтной кабельной бумаги приведены в табл. 1.8.

Для выравнивания электрического поля в изоляции силовых кабелей на напряжение 6 кВ и выше и арматуры для них применяется экран из кабельной электропроводящей бумаги марок КПУ-80 и КПУ-120 (уплотненная одноцветная с включением в композицию сажи), и для изоляции силовых кабелей на напряжение 110 кВ и выше и арматуры для них применяется кабельная электропроводящая двухцветная уплотненная бумага марок КПДУ-80 и КПДУ-120 с включением сажи и композицию одного слоя по ГОСТ 10751-80. Электропроводящая бумага марок КПУ-80 и КПУ-120 имеет удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^5 - 9 \cdot 10^6$ Ом · см, а бумага марок КПДУ-80 и КПДУ-120 - $5 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^6$ Ом · см.

Бумажную изоляцию силовых кабелей пропитывают маслоканифольным составом. Кабели на напряжение 20 - 35 кВ пропитывают составом марки МП-2, содержащим $25 \pm 3\%$ канифоли (остальное количество - нефтяное масло). Кабели на напряжение 1 - 10 кВ пропитывают составом МП-3, содержащим $7,5 \pm 2,5\%$ канифоли, $3 \pm 2\%$ полиэтиленового воска (остальное количество - нефтяное масло), а кабели с нестекающей изоляцией - составом МП-5, состоящим из 3,0 — 2,0% канифоли, $18,0 \pm 1,0\%$ полиэтиленового воска (остальное количество - нефтяное масло). Нефтяное масло для пропиточного состава применяют марки КМ-25 по ТУ 38-101-449-84 селективной очистки фенолом или дуосол-очистки парным растворителем с последующей гидро- или контактной очисткой. Канифоль для пропиточных составов применяют марки А-1 сорта по ГОСТ 19113-84 или модифицированную кабельную канифоль по ТУ 13-05-25-82.

Таблица 1.7. Показатели качества кабельной бумаги для изоляции силовых кабелей на напряжение до 35 кВ (по ГОСТ 23436-79)

Показатель	Марки бумаги						
	К-080	К-120	К-170	КМП-120	КМП-170	КМ-120	КМ-170
Толщина, мкм	80±5	120±7	170±10	120±7	170±10	120±7	170±10
Разрушающая нагрузка при растяжении, Н, не менее в направлении:							
машинном	83,4	127,5	171,7	152,0	196,2	142,2	186,4
поперечном	39,2	58,9	83,4	63,8	93,2	63,8	93,2
Удлинение, %, не менее в направлении:							
машинном	2,2	2,2	2,2	2,8	2,8	3,2	3,2
поперечном	6,6	6,6	6,6	7,0	7,0	9,0	9,0
Зольность, %, не более	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
рН водной вытяжки	7,0-9,5	7,0-9,5	7,0-9,5	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0
Удельная электрическая проводимость, мкСм/м, при модуле:							
1:50	6300	6300	6300	5000	5000	5000	5000
1:20	126	126	126	100	100	100	100

Таблица 1.8. Показатели качества кабельной бумаги для изоляции кабелей на напряжение от 110 до 500 кВ (по ГОСТ 645-79)

Показатель	Марки бумаги							
	КВМ-080	КВМ-120	КВМ-170	КВМС-080	КВМС-120	КВМС-170	КВМСУ-080	КВМСУ-120
Толщина бумаги, мкм	80±5	120±7	170±10	80±5	120±7	170±10	80±5	120±7
Плотность, кг/м ³	770±50	770±50	770±50	720±40	720±40	720±40	1100±50	1100±50
Разрушающая нагрузка при растяжении, Н, не менее в направлении:								
машинном	74	142	186	69	108	147	98	137
поперечном	35	64	83	32	49	69	49	69
Удлинение, %, не менее в направлении:								
машинном	2,2	3,2	3,2	2,6	2,6	2,6	2,2	2,2
поперечном	8,6	10,4	10,4	8,0	8,6	8,6	8,6	8,6
Воздухопроницаемость, мл/мин, не более	25	25	25	30	30	35	8	8
Массовая доля золы, %, не более	0,28	0,28	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Массовая доля натрия, %, не более	0,0034	0,0034	0,0034	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
рН водной вытяжки	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	7,8-9,3	7,8-9,3	7,8-9,3	7,8-9,3	7,8-9,3
tg δ при 100 °С не более	0,0022	0,0022	0,0022	0,0018	0,0019	0,0019	0,0026	0,0026
Удельная электрическая проводимость водной вытяжки, мкСм/м, не более при модуле:								
1:50	1800	1800	1800	2500	2500	2500	2500	2500
1:20	36	36	36	50	50	50	50	50
Влажность, %	4-8	4-8	4-8	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6

ПОЛИЭТИЛЕНОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Композиции полиэтилена (ПЭ) для кабельной промышленности по ГОСТ 16336-77 изготавливаются на основе ПЭ высокого давления (ПЭВД) (низкой плотности) и низкого давления (ПЭНД) (высокой плотности) со стабилизаторами и другими добавками. Они используются для наложения изоляции на жилы кабелей и проводов методом экструзии.

Марки композиций ПЭ в зависимости от свойств и назначения получают на основе базовых марок ПЭВД (табл. 1.9). Обозначение марок композиций ПЭ состоит из наименования материала “Полиэтилен”, трех первых цифр обозначения базовой марки ПЭ, номера рецептуры добавок, написанного через дефис, и буквы К, обозначающей применение композиций ПЭ в кабельной промышленности.

Показатели композиций ПЭВД и ПЭНД приведены в табл. 1.10, а механические характеристики композиций ПЭ на основе базовых марок ПЭ - в табл. 1.11.

Плотность композиции на основе базовых марок 102 от 922 до 924 кг/м³; композиции на основе марок 153 - от 915 до 922 кг/м³; марок 178 - от 917 до 921 кг/м³; марок 107 - от 917 до 920 кг/м³ и марок 180 - от 916 до 920 кг/м³. В композициях всех базовых марок с добавками 0, 9, 96 и 99 плотность не нормируется.

Показатель текучести расплава (ПТР) композиции на основе базовых марок 102 от 0,24 до 0,36 г/10 мин; 107 - от 1,7 до 2,3 г/10 мин; 153 - от 0,21 до 0,39 г/10 мин; 178 - от 1,05 до 1,95 г/10 мин и 180 - от 2,1 до 3,9 г/10 мин.

Плотность композиции на основе базовых марок 204, 206, 207 и 208 от 949 до 954 кг/м³. В композициях на основе базовых марок 204 и 206 с добавкой 11 плотность не нормируется. Показатель текучести композиций на основе базовых марок 204 от 0,6 до 0,9 г/10 мин; 206 от 0,9 до 1,5 г/10 мин, 207 - от 1,5 до 2,0 г/10 мин и 208 - от 2 до 3 г/10 мин.

Стойкость к термоокислительному старению всех базовых марок ПЭВД не менее 8 ч, стойкость к фотоокислительному старению базовых марок 102, 107, 153 и 178 с добавкой 0,9 не менее 240 ч, с остальными добавками показатель не нормируется.

Стойкость к термоокислительному старению базовых марок ПЭНД не менее 6 ч, к фотоокислительному старению ПЭВД с присадками 96 и 94 не менее 240 ч, ПЭНД марок 204 и 206 с добавкой 11 - не менее 300 ч, а марок 206, 207 и 208 - не нормируется.

Плотность ПЭВД марки 107 с добавками 61, 62 и 63 от 960 до 980 кг/м³, показатель текучести 2,0-3,0 г/10 мин, стойкость к растрескиванию не менее 3 ч, предел текучести при растяжении не менее 8,8 Мпа, разрушающее напряжение при растяжении не менее 10,8 Мпа, относительное удлинение не менее 500%. Стойкость к термоокислительному старению марки 107-61К не менее 8 ч, а марок 107-62К и 107-63К - не менее 10 ч. Термостабильность марок 107-61К не менее 0,5 ч, 107-62К - не менее 2 ч и 107-63К не менее 2,5 ч. При вынесении из пламени образцов ПЭВД марок 107-61К, 107-62К и 107-63К горение их прекращается не более чем через 30 с.

Композиция самозатухающего светостабилизированного ПЭ марок 153-72 и 153-117, получившая название Кассполен, по ТУ 6-05-05-195-80 и ТУ 6-05-05-84-77 изготавливают из ПЭВД марки 15303-003 по ГОСТ 16337-77. Плотность композиции 1000 кг/м³, текучесть расплава 0,4-0,7 г/10 мин, стойкость к растрескиванию 500 ч, предел текучести при растяжении не менее 8,2 - 8,5 Мпа, относительное удлинение 400-410%, холодостойкость не выше -55°C, стойкость к термоокислительному старению не менее 8 ч, стойкость к фотоокислительному старению не менее 600 ч. Количество летучих не более 0,15%. При выносе из пламени горение образца прекращается.

Композиции ПЭВД марок 102, 107, 153, 178 и 180 с добавками 0,1, 0,2, 0,5, 61, 62, 63, 93, 94 и 95 имеют $\tan \delta$ при частоте 10⁶ Гц не более 3*10⁻⁴, с добавками 04 - не более 5*10⁻⁴, с добавками 09, 96, 99 - не более 6*10⁻⁴, композиции ПЭНД марок 204, 206, 207 и 208 с добавками 07, 19, 21, 57 и 95 $\tan \delta$ при частоте 10⁶ Гц не более 5*10⁻⁴, а марок 204 и 206 с добавками 11 - не более 7*10⁻⁴. Относительная диэлектрическая проницаемость при частоте 10⁶ Гц композиций ПЭВД не более 2,3, за исключением марок ПЭВД с добавками 09, 96, 99 - не более 2,4, а марки 107 с добавками 61, 62 и 63 - не более 2,6. Композиции ПЭНД имеют ϵ не более 2,4. Электрическая прочность при частоте 50 Гц всех марок ПЭВД и ПЭНД не менее 40 МВ/м, за исключением марки 107 с добавками 61, 62 и 63, для которой электрическая прочность не менее 35 МВ/м.

Композиции на основе ПЭВД имеют температуру плавления 106 - 110°C, насыпную плотность 500 - 600 кг/м³, твердость путем вдавливания шарика при нагрузке 490 Н 176,4-225,4 кПа, водопоглощение 0,02% за 30

сут, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{16}$ - $1 \cdot 10^{17}$, удельное поверхностное электрическое сопротивление $1 \cdot 10^{15}$ Ом*см. Температура хрупкости марок с ПТР 0,2 – 0,3 г/10 мин не выше -120°C, с ПТР 1,5 – 2,2 г/10 мин не выше -100°C и с ПТР 3,0 г/10 мин не выше -85°C. Температура хрупкости после 1000 ч облучения лампой ДРГ-375 марок с ПТР 0,3 г/10 мин не выше -70°C, с ПТР от 0,3 до 3,0 г/10 мин -60°C. Модуль упругости марок плотностью 917 - 921 кг/м³ 88,2 – 127,4 МПа, плотностью 922 - 926 кг/м³ 137 - 176,4 МПа.

Полиэтилен инертен к большей части агрессивных сред: при комнатной температуре не растворим ни в одном из известных растворителей. При 70°C и выше ПЭ растворяется в четыреххлористом углероде, хлороформе, толуоле и ксилоле. Некоторые органические сильнополярные жидкости могут вызвать его растрескивание. Полиэтилен, имеющий индекс расплава 0,3 г/10 мин и менее, практически стоек к растрескиванию. Наличие низкомолекулярных фракций в ПЭ снижает стойкость к растрескиванию. Добавка бутилкаучука или полиизобутилена к ПЭ повышает его стойкость к растрескиванию.

Введение в ПЭ органических перекисей (дикумила и др.) с последующим нагревом или действием ионизирующих излучений (вулканизацией) приводит к образованию поперечных связей, переводящих его из термопластичного состояния в термореактивное. В этом состоянии ПЭ не плавится при повышении температуры и не растрескивается под влиянием различных сред. Вулканизированный ПЭ незначительно деформируется при температуре 150°C.

Композицию ПЭ с полиизобутиленом, ацетиленовой сажей и стеариновой кислотой используют в качестве электропроводящих экранов кабелей с ПЭ изоляцией.

Введение в композицию ПЭ полиэтиленового концентрата марки П2-КП по ТУ 6-05-1565-77 или полиэтиленового суперконцентрата пигмента марки СКП по ТУ 6.05-05-149-81 придает ПЭ заданный цвет, необходимый для расцветки изоляции жил. При введении в композицию ПЭ концентрата пенообразующего марки 107-ОВАС по ТУ 6-05-361-6-80 или смеси ЧХ3-57 с тальком в процессе наложения изоляции в экструзионном агрегате получается пористая ПЭ изоляция плотностью 460 кг/м³, имеющая $\varepsilon = 1,6$, которая используется для изоляции жил кабелей связи, коаксиальных и радиочастотных кабелей.

Таблица 1.9. Марки композиции, вид добавок, свойства композиции и рекомендуемое назначение

Марка композиции ПЭ	Вид добавки	Свойства композиции	Рекомендуемое назначение
ПЭВД			
102-01К; 107-01К; 153-01К; 178-01К;180-01К;	Термостабилизатор	Стойкая к термоокислительному старению	Для неокрашиваемой изоляции
102-02К; 107-02К; 153-02К; 178-02К;180-02К;	”	То же	Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции
102-04К; 107-04К; 153-04К; 178-04К; 180-04К;	”	” ”	То же
102-05К; 107-05К; 153-05К; 178-05К; 180-05К;	”	” ”	” ”
102-93К; 107-93К; 153-93К;	”	” ”	” ”
102-94К; 107-94К; 153-94К; 178-94К	”	” ”	” ”
102-95К; 107-95К; 153-95К; 178-95К	”	” ”	” ”
102-09К; 107-09К; 153-09К; 178-09К	Термо- и светостабилизатор	Стойкая к термоокислительному фотоокислительному старению, черного цвета	Для светостойкой изоляции
102-99К; 107-99К; 153-99К; 178-99К	То же	То же	То же

107-61К	Термостабилизатор, антипирены	Стойкая термоокислительному старению, самозатухающая	к Для изоляции
107-62К; 107-63К	То же	С повышенной стойкостью термоокислительному старению, самозатухающая	к То же
ПЭНД			
204-07К; 206-07К; 207-07К; 208-07К	Термостабилизатор, антикоррозионная добавка,	Стойкая термоокислительному старению, слабоокрашенная	к Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции
204-19К; 206-19К; 207-19К; 208-19К	То же	То же	То же
204-21К; 206-21К; 207-21К; 208-21К	” ”	” ”	” ”
204-57К; 206-57К; 207-57К; 208-57К	” ”	То же, натурального цвета	” ”
204-11К; 206-11К	Термостабилизатор, светостабилизатор, антикоррозионная добавка	Стойкая термоокислительному старению, черного цвета	к и Для светостойкой изоляции

Таблица 1.10. Показатели композиций ПЭВД и ПЭНД

Показатель	ПЭВД	ПЭНД
Температура плавления, С	106-110	125-135
Насыпная плотность, кг/м ³	500-600	500
Твердость путем вдавливания шарика при нагрузке 490 Н, кПа	176,4-225,4	441-578,2
Температура хрупкости, С, не выше:		
марок с ПТР:		
0,2-0,3 г/10 мин	-120	-80-150
0,5-2,2 г/10 мин	-100	-
3,0 г/10 мин	-85	-
после 1000 ч облучения машиной ДРГ-375 не выше:		
марок с ПТР:		
0,3 г/10 мин	-70	-60
0,3-3,0 г/10 мин	-60	-
Модуль упругости, МПа, ПЭ плотностью:		
917-921 кг/м ³	88,2-127,4	588-833
922-926 кг/м ³	137,2-176,4	-
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	-	19,6-37,2
Водопоглощение за 30 сут, %	0,020	0,030-0,040
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	1·10 ¹⁶ -1·10 ¹⁷	1·10 ¹⁶ -1·10 ¹⁷
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	1·10 ¹⁵	1·10 ¹⁴

Таблица 1.11. Механические показатели композиций ПЭ

Базовая марка	Предел текучести при растяжении, МПа	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	Стойкость к растрескиванию, не менее	к ч,
102	11,3	14,7	600	500	

107	9,3	12,2	550	2,5
153	9,8	13,7	600	500
178	9,3	11,7	600	2,5
180	9,3	10,8	600	1,5
204	23,5	Не нормируется	600	100
206	23,5	То же	500	50
207	23,5	” ”	300	24
208	23,5	” ”	150	24

НОРМЫ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ

На кабели и провода с пластмассовой и резиновой изоляцией, предназначенные для стационарных и передвижных силовых и осветительных установок различного назначения на номинальное переменное напряжение до 6 кВ частоты до 1 кГц и постоянное напряжение до 6 кВ, ГОСТ 23286-78 приняты шесть категорий толщины изоляции:

И-1 - изоляция кабелей и проводов в оболочке на номинальное напряжение до 220 В (для систем 220/380 В) или постоянное напряжение до 700 В.

И-2 - изоляция кабелей и проводов без оболочки на номинальное переменное напряжение до 220 В (для систем 220/380 В) или постоянное напряжение до 700 В.

И-3 - изоляция кабелей и проводов в оболочке на номинальное переменное напряжение от 220 В (для систем 220/380 В) до 400 В (для систем 400/600 В) и постоянное напряжение от 700 до 1000 В.

И-4 - изоляция кабелей и проводов без оболочки на номинальное переменное напряжение от 220 В (для систем 220/380 В) до 400 В (для систем 400/600 В) или постоянное напряжение от 700 до 1000 В.

И-5 - изоляция кабелей и проводов на номинальное переменное напряжение от 400 В (для систем 400/600 В) до 1800 В (для систем 1800/3000 В) или постоянное напряжение от 1000 до 6000 В.

И-6 — изоляция кабелей и проводов на номинальное переменное напряжение 3600 В (для систем 3600/6000 В).

При обозначении категории изоляции добавляются соответствующие индексы: п - пластмассовой, р - резиновой изоляции.

Номинальные толщины изоляции кабелей и проводов с пластмассовой и резиновой изоляцией приведены в табл. 1.12. Номинальная толщина изоляции из ПВХ пластика кабелей и проводов сечением 10-500 мм² категории Ип-6 должна быть 3,4 мм. Номинальная толщина ПЭ изоляции жил контрольных кабелей сечением 0,75 - 6 мм должна быть 0,6 мм, а сечением 10 мм² - 0,8 мм.

Допускается увеличение толщины изоляции жил кабелей и проводов, оплетаемых проволокой, а также с изоляцией из вулканизированного ПЭ. В технически обоснованных случаях по согласованию с потребителем допускается уменьшение толщины изоляции жил кабелей и проводов. ГОСТ 23286-78 не распространяется на кабели связи, судовые, шахтные, геофизические, грузонесущие, беструбной прокладки во взрывоопасных помещениях и кабели и провода с изоляцией на основе бутилкаучука.

Таблица 1.12. Толщина пластмассовой и резиновой изоляции, мм, для различных категорий изоляций

S, мм ²	Ип-1	Ип-2	Ип-3	Ип-4	Ип-5	Ип-6	Ир-1	Ир-3	Ир-5
До 0,35	0,4	0,5	0,5	0,6	-	-	-	-	-
0,35	0,5	0,5	0,6	0,7	-	-	0,6	-	-
0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	-	-	0,6	0,8	-

0,75	0,5	0,6	0,6	0,8	-	-	0,6	1,0	-
1,0	0,6	0,7	0,7	0,8	-	-	0,6	1,0	-
1,5	0,6	0,7	0,7	1,0	-	-	0,6	1,0	1,8
2,5	0,6	0,7	0,7	1,0	-	-	0,8	1,0	1,8
4,0	0,7	0,8	0,8	1,0	2,2	-	0,8	1,0	1,8
6,0	0,7	0,8	0,8	1,0	2,2	-	0,8	1,0	1,8
10,0	0,8	1,0	1,0	1,2	2,2	3,0	1,0	1,2	2,0
16,0	0,8	1,0	1,0	1,2	2,2	3,0	1,0	1,2	2,0
25,0	1,0	1,2	1,2	1,4	2,2	3,0	1,2	1,4	2,2
35,0	1,0	1,2	1,2	1,4	2,2	3,0	1,2	1,4	2,2
50,0	1,2	1,4	1,4	1,6	2,2	3,0	1,4	1,6	2,4
70,0	1,2	1,4	1,4	1,6	2,2	3,0	1,4	1,6	2,4
95,0	1,2	1,6	1,6	1,8	2,2	3,0	1,6	1,8	2,6
120,0	-	-	1,6	1,8	2,2	3,0	-	1,8	2,6
150,0	-	-	1,8	2,0	2,2	3,0	-	2,0	2,8
185,0	-	-	2,0	2,2	2,4	3,0	-	2,2	3,0
240,0	-	-	2,2	2,4	2,6	3,0	-	2,4	3,2
300,0	-	-	2,4	2,6	2,6	3,0	-	2,6	3,4
400,0	-	-	2,6	2,8	2,8	3,0	-	2,8	3,6
500,0	-	-	3,0	3,0	3,0	3,2	-	3,0	3,8

ИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА (ФТОРОПЛАСТА)

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) выпускается под названием фторопласт-4 (фторлон-4) по ТУ 6-05-1246-76, в дальнейшем именуемый Ф-4, а его сополимеры Ф-4Д, Ф-4М, Ф-40Ш и др. Политетрафторэтилен при комнатной температуре содержит до 90% кристаллической фазы, способной к ориентации, а остальная часть - аморфная фаза с неупорядоченным размещением молекул. В широком диапазоне температур ПТФЭ обладает высокими механическими свойствами. Вытяжка полимера сопровождается ориентацией молекул в направлении растяжения. Это свойство используют при изготовлении ориентированных лент ПТФЭ. Ф-4 пригоден для использования при температурах от -270 до 260°C. При температуре 19°C происходит увеличение объема Ф-4 на 1%, а при температуре 327°C - на 25% (происходит переход ПТФЭ из кристаллического состояния в аморфное). При температуре выше 425°C Ф-4 разлагается с выделением токсичных газообразных веществ. ПТФЭ исключительно стоек к большинству химических веществ. В пределах рабочих температур на него действуют только расплавленные натрий и калий, а также некоторые фтористые соединения.

Изоляция из ПТФЭ может быть наложена на жилы кабелей и проводов сплошным слоем, получаемым экструзией, или методом обмотки лентами и нитью. Ленточную изоляцию для получения ее монолитности подвергают нагреву (запечка). Толщину изоляции принимают равной 0,25 мм при напряжении до 600 В и 0,40 мм - при напряжении до 1000 В.

Основные параметры ПТФЭ и его сополимеров приведены в табл. 1.13. Изоляция из фторопласта-4Д, получаемого методом эмульсионной полимеризации, накладывается на жилу путем экструзии. Суспензия Ф-4Д применяется для пропитки оплетки из стекловолокна. Ф-4МВ (ОСТ 6-05-400-78) является фторированным этиленпропиленом (ФЭП). По нагревостойкости Ф-4МБ превосходит все остальные фторорганические полимеры, кроме Ф-4. Соплимер этилена и тетрафторэтилена (ЭТФЭ) выпускается под маркой фторопласт-40Д. Он имеет высокие механические свойства, повышенные твердость и жесткость. Соплимер трифторхлорэтилена с этиленом (ЭТФХЭ) выпускается под маркой фторопласт-30. Он обладает высокими электроизоляционными свойствами. (ПВДФ) выпускается под маркой фторопласт-2 и 2М (ТУ 6-05-646-77 и ТУ 6-05-1781-76). Он обладает более высокими механическими свойствами.

Таблица 1.13. Основные свойства ПЭТФ и его сополимеров

Показатель	ПЭТФ и его сополимеры				
	Ф-4 (ПЭТФ)	Ф-4МБ (ФЭП)	Ф-40Ш (ЭТФЭ)	Ф-30 (ЭТФХЭ)	Ф-2М (ПВДФ)

Плотность, кг/м ³	2120-2280	2120-2170	1650-1700	1670-1690	1700-1800
Температура, °С:					
плавления	327	285-290	260-275	215-245	160-180
стеклования	-100 , -120	-90	-100	-	-33 , -38
Коэффициент теплоемкости, Дж/г	1,04	1,1	1,9	-	1,4
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м* °С)	0,252	0,25	0,23	0,20	0,35
Температурный коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹	(8-25) *10 ⁻⁵	(8,3-10,5) *10 ⁻⁵	(4,2-14) *10 ⁻⁵	(8-10) *10 ⁻⁵	(8-12) *10 ⁻⁵
Рабочая температура,:					
минимальная	-270	-180 , -200	-100	-195	-60
максимальная	260	200	200	170	150
Разрушающее напряжение при растяжении при 20°С, МПа	14,5-35,0	16-30	27-50	35-50	39-69
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом*см	10 ¹⁶ -10 ²⁰	10 ¹⁶ -10 ¹⁸	10 ¹⁶	10 ¹⁵ -10	2*10 ¹⁴ -10 ¹⁷
ε _r при частоте 50 Гц	1,9-2,2	1,9-2,1	2,5-2,6	2,5	8,4
tg δ при частоте 50 Гц	2*10 ⁻⁴	2-3*10 ⁻⁴	-	-	-
Электрическая прочность при толщине 3-4мм, МВ/м	20-27	20-25	16-20	20	10,5
Кислородный индекс	96	95	31	64	43

ИЗОЛЯЦИИ ИЗ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПЛАСТИКАТА

Поливинилхлоридные (ПВХ) пластикаты - смесь поливинилхлоридной смолы с пластификаторами, стабилизаторами и другими добавками. Для изготовления ПВХ пластиката применяют суспензионные смолы. Пластификаторы (эферы фталевой, (фосфорной и себадиновой кислот) придают ПВХ пластикату эластичность и облегчают процесс его переработки, но ухудшают его химическую стойкость, нагревостойкость и электроизоляционные свойства. Более высокими электроизоляционными свойствами обладают пластификаторы совол и диоктилфталат. Поливинилхлоридные пластикаты на основе себадиновой, адипиновой и фталевой кислот обладают более низкой летучестью, высокой стойкостью против старения и действия масел. В изоляционные ПВХ пластикаты вводят антиоксиданты (дифенилпропан), обеспечивающие длительное сохранение высокого удельного электрического сопротивления, гибкости при низких температурах и нагревостойкости. Для удешевления ПВХ пластикутов и придания большей стойкости против горения в них вводят хлорированные парафины. Введение в ПВХ пластикаты стабилизаторов (углекислого свинца и солей стеариновой кислоты, кальция, кадмия, бария, стронция и др., а также стеаратов свинца в композиции с эпоксидными смолами) значительно повышает температуру его разложения. Для получения цветного ПВХ пластиката в него вводят окрашивающие добавки, главным образом пигментные красители. Для удешевления и получения ряда специфических свойств ПВХ пластикат может содержать наполнители (каолин, сажу, карбонат кальция, тальк, шиферную и кварцевую муку, двуокись кремния, основной карбонат свинца и др.). Под воздействием температуры, солнечной радиации, пребывания в различных средах и т. д. ПВХ пластикаты за счет улетучивания пластификатора стареют - происходит снижение их эластичности и холодостойкости.

Поливинилхлоридный пластикат по ГОСТ 5960-72 предназначен для работы в диапазоне температур от -60 до 70°С, а ПВХ марки ИТ-105 до 105°С. В зависимости от свойств и назначения ПВХ пластиката выпускаются следующие типы и марки: изоляционный И марок И40-13, И50-13, И40-14, И50-14; изоляционный нагревостойкий ИТ марки ИТ-105; изоляционный для оболочек ИО марок ИО50-11 и ИО45-12. Первые две буквы в условном обозначении ПВХ пластиката типов И и ИО обозначают тип ПВХ пластиката, две первые цифры указывают холодостойкость его, две последующие цифры - порядок удельного объемного сопротивления при 20°С. В обозначении ПВХ пластиката марки ИТ-105 буквы соответствуют типу ПВХ пластиката, а цифры - верхнему пределу рабочих температур.

Диэлектрические, физико-механические и другие показатели ПВХ пластикутов приведены в табл. 1.14. Светостойкость ПВХ пластиката при 40°С не менее 1000 ч, горючесть не более 60 с, цветостойкость в везерометре при 70°С не менее 96 ч. Пластикат ИТ-105 при температуре 105 ± 2°С имеет удельное объемное сопротивление не менее 1* 10¹¹ Ом*см. После выдержки в бензине при 20 ± 2°С в течение 48 ч, в масле при 120 ± 2°С в течение 48 ч сохраняет 40% относительного удлинения при разрыве, в воздушной среде при 136 ± 2°С в течение 7 сут сохраняет 90% относительного удлинения, хрупкость не выше -30°С, твердость при 105°С не менее 30Н и электрическую прочность не менее 30000 В/мм. Рецептуры ПВХ пластиката марок И60-12 и ОИБ-60 после выдержки в бензине при 20 ± 2°С и масле при 100 ± 2°С в течение 24 ч сохраняют соответственно 60 и 95%

разрушающего напряжения при растяжении, после выдержки в бензине при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 24 ч пластикат марки И60-12 сохраняет не менее 60% относительного удлинения при разрыве, а марки ОИБ-60 - не менее 90%. После выдержки в масле при $100 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 24 ч сохраняет 30% относительного удлинения при разрыве, а пластикат марки ОИБ-60 не менее 65%. Коэффициент жесткости пластика марки И60-12 – 0,65, а марки ОИБ-60 - 0,60. Кислородный индекс ПВХ пластика 28-30.

Таблица 1.14. Диэлектрические, физико-механические и другие показатели изоляционных ПВХ пластикатов

Показатель	Нормы для марок						
	И40-13	И50-13 (высший сорт)	И50-13 (первый сорт)	И40-14 (высший сорт)	И50-14	И60-12	ИТ-105
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20°C , Ом*см, не менее	$1 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{13}$
Разрушающее напряжение при растяжении, Мпа, не менее	17,6	19,6	19,6	19,6	17,6	9,8	14,7
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200	200	200	200	200	300	340
Температура хрупкости, $^\circ\text{C}$, не выше	-40	-50	-50	-40	-50	-60	-40
Потеря массы при 160 в течение 6 ч, %, не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	1,5
Твердость при 20°C , Мпа, не менее	1,47	5,8	5,8	1,47	-	0,69	1,17
То же при 70°C	0,78	1,07	1,07	0,68	-	0,39	-
Водопоглощение, %, не более	0,32	0,32	0,32	0,23	0,32	0,46	0,2
Температура размягчения, $^\circ\text{C}$	180 ± 10	190 ± 10	190 ± 10	180 ± 10	175 ± 10	175 ± 10	Не ниже 175
Плотность, кг/м^3	1270-1350	1290-1350	1290-1350	1280-1320	1260-1300	1160-1240	1210-1270

РЕЗИНОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Резиновые смеси состоят из каучука (натурального или синтетического), вулканизирующего вещества (тиурама), ускорителей вулканизации (каптакса, алтакса, ДФГ и др.), активаторов вулканизации (окиси цинка, кальция, магния и др.), наполнителей (каолина, мела, талька и др.), мягчителей (парафина, петролатума, вазелина, битума, канифоли, стеариновой или олеиновой кислоты, дибутилфталата, трикрезилфосфата, глифталевых смол и др.), противостарителей (неозона Д и др.), красителей (лака и пигментов, окиси цинка и титана, технического углерода) и других специальных материалов.

Типы изоляционной резины, содержание каучука в ней и ее характеристики (по ОСТ 160.505.015-79) приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15. Типы изоляционной резины, содержание каучука и характеристика резины (по ОСТ 160.505.015-79)

Тип резины	Содержание каучука в резине, %, не менее	Характеристика резины
РТИ-0	40	Повышенного качества на основе натурального каучука (НК), изопренового каучука и их комбинации с бутадиеновым (СКБ), бутадиен-стирольным (СКБС) и другими синтетическими каучуками (СК)
РТИ-1	33	Общего назначения на основе НК, изопренового каучука и их

		комбинации с СКБ, СКБС и другими СК
РНИ	35	Не распространяющая горение на основе полихлоропрена (СКС)
РТЭПИ-1	30	Повышенной нагревостойкости на основе этиленпропиленовых (СКЭП) каучуков
РТСИ-1	Не нормируется	То же на основе силоксанового каучука
РТИШ	33	На основе НК, СКП и их комбинации с СКБ, СКБС и другими СК, для изоляции, выполняющей одновременно роль защиты кабелей и проводов, работающих в средних и легких условиях
РТИШМ	35	То же холодостойкая

Резина типов РТИ-0, РТИ-1, РНИ, РТИШ и РТИШМ предназначена для изоляции токопроводящих жил, продолжительно работающих при температуре до 65°C, типа РТЭПИ-1 до 85°C, типа РТСИ-1 до 180°C. Допускается применение резиновой изоляции при более высоких температурах, при этом температура и сроки службы должны оговариваться в технической документации на кабели и провода.

Физико-механические свойства резин до старения соответствуют нормам, указанным в табл. 1.16. После старения физико-механические свойства резины ухудшаются. Так, для резины типов РТИ-0, РТИ-1, РТИШ и РТИШМ имеем:

	Снижение разрушающего напряжения при растяжении, %, не более	Снижение относительного удлинения, %, не более
После 96 ч старения при температуре 120±1°C	50	50
После 72 ч старения при температуре	30	25
После 240 ч старения при температуре 70±1°C	25	25

Снижение разрушающего напряжения при растяжении и относительного удлинения резины типа РТЭПИ-1 после 168 ч старения при температуре 120±1°C не превышает 25%, а резины типа РНИ после 96 ч старения при температуре 120±1°C или после 240 ч старения при 100±1°C не превышает 50%.

Разрушающее напряжение при растяжении резины типа РТСИ-1 после 72 ч старения при температуре 250 ± 3°C не менее 3,92 Мпа, а относительное удлинение при разрыве не менее 130%.

Электрические свойства изоляционной и изоляционно-защитной резины после нахождения в течение 24 ч в воде при температуре 20°C соответствуют нормам, приведенным в табл.1.16.

В кабелях и проводах с резиновой изоляцией допускают применение сепаратора из полиэтилентерефталатной (лавсановой), бумажной лент или хлопчатобумажной пряжи между токопроводящей жилой и изоляцией. Сепаратор предохраняет токопроводящую жилу от окисления, проникновения резины в промежутки между проволоками жилы, обеспечивает их большую гибкость и меньший расход материалов, облегчает разделку концов проводов.

ДРУГИЕ ТИПЫ ИЗОЛЯЦИИ

Прессованная окись магния, изоляционные лаки, шелк натуральный и синтетический, хлопчатобумажная пряжа, полистирольная и триацетатная ленты рассматриваются в соответствующих разделах о кабелях, проводах и шнурах настоящего Справочника.

Таблица 1.16. Физико-механические и электроизоляционные свойства изоляционной резины (до старения)

Типы резины	Разрушающее напряжение при растяжении, Мпа, не менее	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	Удельное объемное сопротивление, Ом*м, не менее	tg δ не менее	ε не менее	Электрическая прочность, МВ/м, не менее
РТИ-0	5,88	350	1*10 ¹²	0,05	4,0	20

РТИ-1	4,90	300	$5 \cdot 10^{11}$	0,10	5,0	20
РНИ	3,43	300	$5 \cdot 10^8$	Не нормируются		
РТЭПИ-1	3,72	300	$1 \cdot 10^{12}$	0,05	3,5	25
РТСИ-1	3,92	200	$5 \cdot 10^{12}$	0,03	3,5	22
РТИШ и РТИШМ	5,88	300	$5 \cdot 10^{11}$	0,11	6,0	20

1.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ КАБЕЛЕЙ, ПРОВОДОВ И ШНУРОВ МЕТАЛИЧЕСКИЕ ЛЕНТОЧНЫЕ ЭКРАНЫ

Выравнивание электрического поля в высоковольтных кабелях с пропитанной бумажной изолинией осуществляют с помощью экрана из медных лент или лент перфорированной металлизированной (кашированной) бумаги (алюминиевой фольги, наклеенной на кабельную бумагу) путем обмотки поверх бумажной изоляции. Внешний проводник коаксиальных кабелей связи накладывается продольно путем формирования медной ленты с гофрированными кромками поверх шайбовой или баллонной ПЭ изоляции. Внешний проводник из ленты формируется поверх пористой ПЭ изоляции кабеля марки ВКПАП со сваркой шва в аргонодуговой среде. Некоторые типы радиочастотных кабелей имеют внешний проводник из медной или алюминиевой трубки со сварным швом. Мощные радиочастотные и подводные коаксиальные кабели имеют внешний проводник из прямоугольных медных проволок, наложенных поверх изоляции повивом, и медной ленты поверх внешнего проводника в качестве экрана и скрепляющего бандажа медных проволок.

В кабелях дальней и местной связи в качестве общего экрана применяют алюминиевую или медную ленту, которая накладывается поверх поясной изоляции. Наряду с алюминиевыми используют алюмополиэтиленовые ленты (алюминиевую фольгу с ПЭ подслоем), накладываемые поверх поясной изоляции городских кабелей продольно, причем ПЭ подслоем должен быть наружу и ПЭ оболочка в процессе наложения ее сваривается с ПЭ подслоем. В низкочастотных кабелях дальней связи и судовых кабелях связи в качестве индивидуального или общего экрана применяют металлизированную бумажную ленту, накладываемую методом обмотки.

ГИБКИЕ ПРОВОЛОЧНЫЕ ЭКРАНЫ

Для выравнивания электрического поля в гибких высоковольтных кабелях с пластмассовой и резиновой изоляцией, а также экранирования судовых кабелей и кабелей для радиоустановок их оплетают медными и медными лужеными проволоками. Общие экраны некоторых кабелей (РПШЭ и др.) изготовляют из оцинкованных стальных проволок методом оплетки. В судовых кабелях оплетка оцинкованной стальной проволокой диаметром 0,3 мм обеспечивает механическую защиту кабелей и одновременно является их электромагнитным экраном.

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ ЭКРАНЫ

Для выравнивания электрического поля силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 10 - 35 кВ применяют электропроводящую кабельную бумагу марок КПУ-80 и КПУ-120, а на напряжение 110 кВ и выше - марок КПДУ-80 и КПДУ-120. Электропроводящая однослойная и двухслойная кабельная бумага содержит ацетиленовую сажу. Удельное объемное сопротивление бумаг КПУ-80 и КПУ-120 равно $1 \cdot 10^3 - 9 \cdot 10^4$ Ом*м, а КПДУ-80 и КПДУ-120 - $5 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^4$ Ом*м. Плотность бумаги КПУ-80 и КПУ-120 - 900-1050 кг/м³, а КПДУ-80 и КПДУ-120 - 970-1070 кг/м³. Электропроводящую кабельную бумагу накладывают на жилу и поверх изоляции методом обмотки лентами.

Электропроводящие ПЭ, ПВХ пластикат или резины накладывают на жилу и поверх изоляции кабелей на напряжение 6 кВ и выше. При этом материал экрана и изоляции должен быть одинаковым. Это необходимо для получения равных или близких температурных коэффициентов (ТК) объемного расширения экрана и изоляции. При несоблюдении этого условия в пограничной зоне между экраном и изоляцией могут образовываться пустоты, которые являются очагами ионизации в изоляции кабеля.

В шахтных гибких кабелях КГЭШ и КОГВЭШ полупроводящий слой резины накладывают поверх резиновой изоляции. (Практически изоляция на жилу и экран поверх нее накладываются одновременно в У- или Т-образных агрегатах.) Для облегчения разделки концов экранированных жил кабелей электропроводящий слой изготовляют на основе нитрильного каучука. В шахтных кабелях КГЭШ и КОГВЭШ поверх ПВХ изоляции жил наносят электропроводящий графитополимерный слой.

1.5. СКРУТКА ИЗОЛИРОВАННЫХ ЖИЛ В КАБЕЛЬ

ПРАВИЛЬНАЯ СКРУТКА ОДНОРОДНЫХ КАБЕЛЕЙ

Изолированные жилы одинакового сечения и диаметра по изоляции скручивают в кабель по системе простой правильной скрутки. В зависимости от числа скручиваемых изолированных жил в простейшем случае скручивают по схеме рис. 1.6. При количестве скручиваемых жил более семи скрутка их производится по повивам вокруг одной, двух, трех, четырех или пяти жил, так чтобы получилась конструкция кабеля устойчивой. Четырех-, пяти- и шестижильные кабели не получаются устойчивыми из-за образования большого промежутка между жилами. Обычно в этих случаях прибегают к применению профильного (круглого) заполнения из пластмасс, резины, волокнистых материалов. Иногда сердечник представляет собой стальной трос или прочные нити, несущие растягивающую нагрузку на кабель. В тех случаях, когда из скручиваемых изолированных жил не получается устойчивая конструкция, прибегают к использованию пластмассовых или резиновых заполнителей диаметром, равным диаметру изолированной жилы. Типичными кабелями с простой правильной скруткой изолированных жил являются силовые кабели с пропитанной бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией, контрольные, судовые, управления, сигнализации и блокировки (исключая жилы, скручиваемые в пары), многожильные монтажные и другие кабели.

Изолированные жилы кабелей связи одинакового сечения (диаметра) и диаметра по изоляции скручивают в кабель по системе сложной правильной скрутки. Первоначально изолированные жилы скручивают в пары, тройки, четверки и шестерки и за тем их скручивают в кабель по простой повивной системе скрутки (см. разд. 20 и 21). По этой же системе скручивают судовые кабели связи, некоторые конструкции контрольных и сигнально-блокировочных кабелей. Применяя различные шаги скрутки отдельных групп и групп в кабель, достигают повышения защищенности рабочих пар от внутренних и внешних электромагнитных влияний.

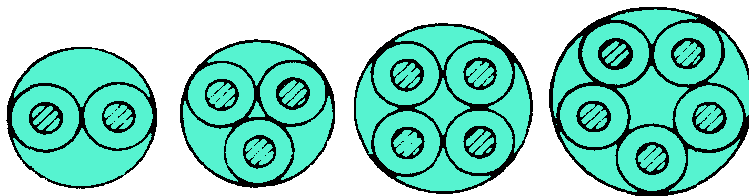


Рисунок 1.6. Схема скрутки изолированных жил одинакового диаметра в кабель

ПРАВИЛЬНАЯ СКРУТКА КОМБИНИРОВАННЫХ КАБЕЛЕЙ

Типовой конструкцией комбинированных кабелей являются четырехжильные силовые кабели, в которых скручивают рабочие жилы с заземляющей или нулевой жилой. Соотношение сечений рабочих и заземляющих (нулевых) жил приведено в табл. 1.17. Скрутку изолированных жил разных наружных диаметров в кабель из-за наличия жил различного сечения или жил с различной толщиной изоляции, повышенного напряжения или наличия экрана производят с отступлением от правильной концентрической системы скрутки. Следят, чтобы оси скручиваемых жил лежали на одной или близкой окружности, в этом случае все скручиваемые жилы будут подвергаться одинаковым условиям при изгибах кабеля. Промежутки между основными жилами кабеля используют для размещения жил меньшего сечения или усиливающих (грузонесущих) заполнений. На рис. 1.7 приведена схема использования промежутков между основными жилами для размещения вспомогательных жил меньшего диаметра. При скрутке жил в кабель избегают размещения вспомогательных жил в центре кабеля, так как при растягивании кабеля наибольшее усилие испытывает центральная жила, а остальные жилы будут первоначально раскручиваться и уплотняться, а затем растягиваться. Направление скрутки изолированных жил выбирают противоположным направлению скрутки нижележащего повива; направление верхнего повива обычно имеет правую скрутку. Шаги скрутки изолированных жил в кабель принимают от 10 до 20 D , в зависимости от условий эксплуатации кабелей.

В особо гибких кабелях изолированные жилы скручивают в одном направлении. Для облегчения монтажа все жилы выполняют с изоляцией различного цвета или применяют счетную жилу (пару, четверку) и направляющую жилу (пару, четверку) отличительной расцветки.

Таблица 1.17. Соотношение сечений, мм², рабочих и заземляющих (нулевых) жил

Рабочая жила	Заземляющая (нулевая) жила	Рабочая жила	Заземляющая (нулевая) жила
0,75	0,75	35	16
1,0	1,0	50	25
1,5	1,0	70	25
2,5	1,5	95	35

4	2,5	120	35
6	4	150	50
10	6	185	50
16	10	240	70
25	16	300	70

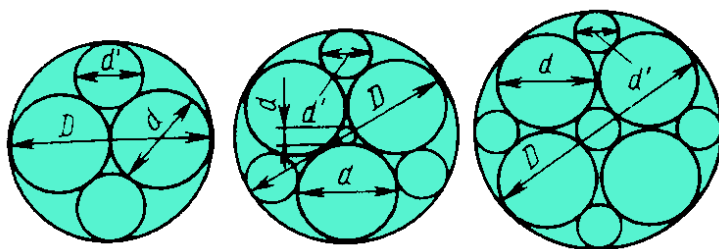


Рисунок 1.7. Схема скрутки изолированных жил различного диаметра в кабель.

ПУЧКОВАЯ И РАЗНОНАПРАВЛЕННАЯ СКРУТКА КАБЕЛЕЙ

Пары и четверки городских телефонных кабелей, а также сигнально-блокировочных кабелей скручивают в кабель по системам пучковой или разнонаправленной скрутки. Применяется также разнонаправленная скрутка изолированных жил силовых кабелей с пластмассовой изоляцией. Применение пучковой и разнонаправленной скрутки упрощает технологию и повышает производительность изготовления кабелей, поэтому применение ее будет все время расширяться.

ПОЯСНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Силовые кабели с пропитанной бумажной изоляцией и кабели связи в алюминиевой или свинцовой оболочке поверх скрученных жил (с заполнением или без него) имеют бумажную поясную изоляцию из кабельной бумаги марок К-120, КМ-120 или К-170, наложенную методом обмотки. Толщина поясной изоляции кабелей с пропитанной бумажной изоляцией приведена в табл. 3.5. Толщина поясной изоляции кабелей связи зависит от материала изоляции жил и температуры металлической оболочки, накладываемой на кабель (см. разд. 20). Поясную изоляцию поверх скрученных жил с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке выполняют лентами ПЭ, ПЭТФ, ПВХ и др. для получения требуемой емкости верхнего повива жил в кабеле по отношению к экрану. В кабелях с резиновой изоляцией в качестве поясной изоляции применяют прорезиненную ткань или кабель оплетают хлопчатобумажной пряжей. Иногда кабель обматывают лентами для облегчения наложения на него резиновой или пластмассовой оболочки. Кабель с обмоткой лентами в качестве поясной изоляции имеет большую подвижность жил по отношению к оболочке и благодаря этому становится более гибким. Кроме того, наличие поясной изоляции уменьшает расход материала оболочки за счет исключения проникновения его в промежутки между жилами.

1.6. ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЕЙ

Для защиты изоляции жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для предохранения ее от механических повреждений кабелей снабжают оболочками. Лучшими материалами для оболочек кабелей в отношении герметичности и влагонепроницаемости являются металлы, коэффициент диффузии которых равен нулю. Наиболее распространены металлические оболочки из алюминия, свинца и стали. Применение пластмассовых или резиновых оболочек кабелей с влагеоющей (например, бумажной) изоляцией ограничивается их высокой влагонепроницаемостью. Кабели с невлагеоющей (пластмассовой или резиновой) изоляцией не нуждаются в металлической оболочке, и поэтому их изготавливают в пластмассовой или резиновой оболочке. Широкое применение имеют также комбинированные - металлопластмассовые оболочки (оболочки из ПЭ с алюминиевыми и стальными лентами), заменяющие свинцовые оболочки.

АЛЮМИНИЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ

Прессованную алюминиевую оболочку изготавливают из алюминия чистотой не менее 99,6 (марка А5) по ГОСТ 11069-74, а сварную алюминиевую оболочку - из алюминия чистотой не менее 99,3 (марка АД1) по ГОСТ 4784-74. Алюминиевые оболочки выполняют гладкими и гофрированными. Форму гофра выполняют синусоидальной, или S-образной с цилиндрической впадиной. Степень гофрирования находится в пределах 1,1-1,25, а шаг гофров 0,30-0,50 наружного диаметра выступов оболочки. На оболочках не допускаются риски, вмятины, раковины, посторонние включения, выводящие после их зачистки толщину оболочки за пределы минимальной. Допускается пайка дефектов оболочек, имеющих размеры не более 30 мм в продольном и не

более 3 мм в поперечном направлениях. На строительной длине кабеля допускается пайка дефектов оболочки не более чем в трех местах. Место пайки должно быть ровным и гладким. Оболочки силовых кабелей и алюминиевые оболочки кабелей связи выдерживают испытание на изгиб, а сварные алюминиевые оболочки выдерживают испытание на сплющивание. Минимальные и номинальные толщины прессованных и сварных оболочек гладких и гофрированных приведены в табл. 1.18.

Алюминиевые оболочки герметичны и в 2-2,5 раза прочнее, чем свинцовые, имеют повышенную стойкость к вибрационным нагрузкам. В алюминиевых оболочках отсутствует наблюдаемый у свинцовых оболочек при повышении температуры самопроизвольный рост кристаллов. Основные физико-механические свойства алюминия приведены в табл. 1.19. Благодаря большей механической прочности алюминия кабели в алюминиевых оболочках могут применяться небронированными. Высокая электрическая проводимость алюминия позволяет использовать алюминиевые оболочки в качестве экрана для защиты кабеля от внешних электрических влияний или в качестве нулевой жилы силовых кабелей.

Таблица 1.18. Толщина, мм, алюминиевой оболочки по ГОСТ 24641-81

Диаметр кабеля под оболочкой, мм	Прессованная оболочка				Сварная оболочка			
	гладкая		гофрированная		гладкая		гофрированная	
	минимальн ая	номинальн ая	минимальн ая	номинальн ая	минимальн ая	номинальн ая	минимал ьная	номинальн ая
До 12,5	0,90	1,10	-	-	0,72	0,80	-	-
12,5-15,0	0,90	1,10	-	-	0,90	1,00	-	-
15,0-17,5	0,95	1,15	-	-	0,90	1,00	-	-
17,5-20,0	1,00	1,20	-	-	1,00	1,10	-	-
20,0-22,5	1,05	1,30	-	-	1,00	1,10	0,65	0,70
22,5-25,0	1,05	1,30	-	-	1,10	1,20	0,72	0,80
25,0-27,5	1,10	1,35	-	-	-	-	0,72	0,80
27,5-30,0	1,15	1,40	-	-	-	-	0,82	0,90
30,0-32,5	1,20	1,45	-	-	-	-	0,82	0,90
32,5-35,0	1,25	1,50	-	-	-	-	0,82	0,90
35,0-37,5	1,30	1,55	1,10	1,35	-	-	-	-
37,5-40,0	1,35	1,65	1,15	1,40	-	-	-	-
40,0-42,5	1,45	1,75	1,20	1,50	-	-	-	-
42,5-45,0	1,50	1,80	1,25	1,55	-	-	-	-
45,0-47,5	1,55	1,85	1,30	1,60	-	-	-	-
47,5-50,0	1,60	1,90	1,30	1,60	-	-	-	-
50,0-52,5	1,65	1,95	1,35	1,65	-	-	-	-
52,5-55,0	1,70	2,00	1,40	1,70	-	-	-	-
55,0-57,5	1,70	2,00	1,40	1,70	-	-	-	-
57,5-60,0	1,70	2,00	1,40	1,70	-	-	-	-

Таблица 1.19. Физико-механические свойства материалов оболочек кабелей и их стойкость к агрессивной среде

Показатель	Алюминий чистотой 99,97%	Свинец марки С-3	Свинец с присадкой 0,6% сурьмы	ПВХ пластикат
Плотность, кг/м ³	2700	11340	11270	1380
Удельная теплоемкость, кДж/(кг* °С)	0,93	0,126	0,126	-
Разрушающее напряжение, МПа	39,3-49,1	12,7-17,6	20,6-26,1	15,7-17,7
Удлинение, %	40-45	30-40	25-35	180-280
Предел усталости, МПа	22,9	4,2	8,4	-

Микротвердость, Мпа	250-350	30-48	53	-
Действие:				
5%-ной соляной кислоты	НУ	ДУ	ДУ	ВУ
50%-ной соляной кислоты	НУ	НУ	НУ	ВУ
5%-ной азотной кислоты	СУ	СУ	СУ	ДУ
50%-ной азотной кислоты	НУ	НУ	НУ	ДУ
5%-ной серной кислоты	МУ	ВУ	ВУ	ВУ
50%-ной серной кислоты	НУ	ВУ	ВУ	ВУ
5%-ной плавиковой кислоты	МУ	НУ	НУ	ДУ
5%-ной уксусной кислоты	МУ	ВУ	ВУ	ВУ
50%-ной уксусной кислоты	НУ	СУ	СУ	ДУ
хлора	СУ	СУ	СУ	ДУ
щелочей	НУ	МУ	МУ	-
аммиака	НУ	ДУ	ДУ	-
Примечание. В таблице приняты обозначения: НУ - неустойчив; МУ - малоустойчив; СУ - среднеустойчив; ДУ - достаточно устойчив; ВУ - вполне устойчив.				

СВИНЦОВЫЕ ОБОЛОЧКИ

Свинцовые оболочки силовых кабелей изготавливаются из свинца марок С-2 и С-3 по ГОСТ 3778-77 или из свинцово-сурьмянистых сплавов по ГОСТ 1292-81. Свинцовая оболочка силовых кабелей может содержать присадки: сурьмы в количестве до 0,8%, олово – до 0,05%, теллура – до 0,05%, меди – до 0,05%. Максимальная и номинальная толщины свинцовых оболочек силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией в зависимости от их диаметра под оболочкой и типа защитных покровов приведены в табл. 1.20. Физико-механические свойства свинца, применяемого для оболочек, и стойкость его к агрессивным средам указаны в табл. 1.19. Нагрузки, превышающие эти значения, вызывают необратимые деформации оболочек. Прочность свинцовой оболочки при длительном приложении растягивающего усилия уменьшается (рис. 1.8). Под воздействием вибрационных и тепловых нагрузок происходит рост кристаллов и образование трещин. Из-за большой ползучести свинца (980 кПа) на вертикальных и крутонаклонных трассах наблюдаются необратимые процессы растяжения оболочек силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией в нижних участках, приводящие их к разрыву. Свинцовые оболочки также подвержены разрушению почвенной и электрохимической коррозии.

Повышение вибростойкости и механической прочности оболочек небронированных кабелей марки СГ и судовых кабелей достигается изготовлением их из свинца с присадкой сурьмы до 0,6%. Свинцовые оболочки маслonaполненных кабелей для уменьшения ползучести изготавливают с присадкой меди до 0.08%.

Оболочка герметична по всей длине, не имеет рисок, царапин и вмятин, выходящих за пределы минимальных допусков. Оболочка диаметром более 15 мм, не разрываясь, выдерживает испытание на растяжение до $1,5D$, а с присадкой сурьмы и меди - до $1,3D$.

Свинцовые оболочки кабелей связи изготавливают из свинцово-сурьмянистых сплавов марок ССУ, ССУМ, ССУМ2, ССУМО и ССУМТ по ГОСТ 1292-81. Оболочки, предназначенные для эксплуатации в условиях повышенной вибрационной нагрузки, изготавливают из сплавов марок ССУМ2 (с содержанием сурьмы 0,6-0,8%) и ССУМТ.

Минимальная и номинальная толщины свинцовой оболочки кабелей связи в зависимости от их диаметра под оболочкой и типа защитного покрова приведены в табл. 1.21.

Таблица 1.20. Толщина, мм, свинцовой оболочки силовых кабелей по ГОСТ 24641-81

Диаметр кабеля под оболочкой, мм	С защитными покровами		Трехжильных с отдельными оболочками поверх изолированных жил		Без защитных покровов и для подводной прокладки	
	минимальная	номинальная	минимальная	номинальная	минимальная	номинальная
До 15,0	0,90	1,05	1,04	1,19	1,15	1,34
15,0-17,5	0,95	1,11	1,10	1,26	1,22	1,42
17,5-20,0	0,99	1,15	1,16	1,33	1,29	1,50

20,0-22,5	1,04	1,21	1,22	1,40	1,36	1,58
22,5-25,0	1,08	1,26	1,28	1,47	1,43	1,66
25,0-27,5	1,13	1,32	1,34	1,53	1,50	1,73
27,5-30,0	1,17	1,36	1,40	1,60	1,57	1,81
30,0-32,5	1,22	1,42	1,46	1,66	1,64	1,88
32,5-35,0	1,26	1,46	1,52	1,73	1,71	1,96
35,0-37,5	1,31	1,52	1,58	1,79	1,78	2,03
37,5-40,0	1,35	1,56	1,64	1,86	1,85	2,11
40,0-42,5	1,40	1,62	1,70	1,92	1,92	2,18
42,5-45,0	1,44	1,66	1,76	1,99	1,99	2,20
45,0-47,5	1,49	1,72	1,82	2,05	2,06	2,33
47,5-50,0	1,53	1,76	1,88	2,12	2,13	2,41
50,0-52,5	1,58	1,82	1,94	2,18	2,20	2,48
52,5-55,0	1,62	1,86	2,00	2,25	2,27	2,50
55,0-57,5	1,67	1,92	2,06	2,31	2,34	2,63
Свыше 57,5	1,71	1,96	2,12	2,38	2,41	2,71

Таблица 1.21. Толщина, мм, свинцовой оболочки кабелей связи по ГОСТ 24641-81

Диаметр кабеля под оболочкой, мм	С защитными покровами				Без защитных покровов	
	с ленточной броней		с броней из круглой проволоки			
	минимальная	номинальная	минимальная	номинальная	минимальная	номинальная
До 5,0	0,95	1,07	1,20	1,35	1,00	1,12
5,0-7,5	0,95	1,07	1,21	1,36	1,02	1,14
7,5-10,0	0,97	1,10	1,22	1,37	1,04	1,17
10,0-12,5	0,99	1,12	1,24	1,39	1,08	1,21
12,5-15,0	1,01	1,15	1,26	1,41	1,13	1,27
15,0-17,5	1,03	1,17	1,28	1,44	1,18	1,32
17,5-20,0	1,06	1,21	1,30	1,46	1,23	1,38
20,0-22,5	1,09	1,24	1,32	1,48	1,28	1,44
22,5-25,0	1,12	1,27	1,34	1,51	1,34	1,51
25,0-27,5	1,15	1,31	1,40	1,58	1,40	1,58
27,5-30,0	1,20	1,37	1,46	1,65	1,46	1,65
30,0-32,5	1,25	1,43	1,52	1,72	1,52	1,72
32,5-35,0	1,30	1,49	1,58	1,79	1,58	1,79
35,0-37,5	1,35	1,55	1,64	1,86	1,64	1,86
37,5-40,0	1,40	1,61	1,71	1,94	1,71	1,94
40,0-42,5	1,48	1,70	1,79	2,03	1,79	2,03
42,5-45,0	1,56	1,79	1,86	2,11	1,86	2,11
45,0-47,5	1,64	1,88	1,94	2,20	1,94	2,20
47,5-50,0	1,72	1,97	2,03	2,30	2,03	2,30
50,0-52,5	1,80	2,06	2,12	2,40	2,12	2,40
52,5-55,0	1,88	2,15	2,21	2,50	2,21	2,50
55,0-57,5	1,96	2,24	2,30	2,60	2,30	2,60
57,5-60,0	2,04	2,33	2,39	2,70	2,39	2,70
60,0-62,5	2,12	2,42	2,48	2,80	2,48	2,80
Свыше 62,5	2,20	2,51	2,58	2,90	2,58	2,90

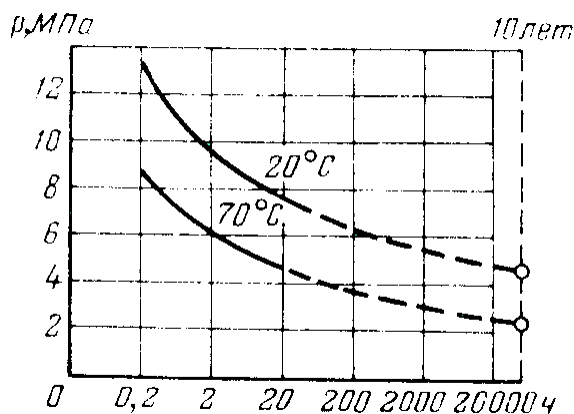


Рисунок 1.8. Предел прочности свинцовой оболочки кабеля в зависимости от времени приложения растягивающего усилия (штриховая часть кривых получена экстраполяцией)

СТАЛЬНЫЕ ОБОЛОЧКИ

Стальные оболочки кабелей изготавливают из стальной холоднокатанной ленты марки 08-КП или 08-Ю по ГОСТ 503-71, ГОСТ 9045-80 или ТУ 14-4-69-71 со сварным швом. Сварку шва производят в высокочастотном агрегате, в котором нагретые кромки ленты соединяются вместе с образованием грата. Наружный грат срезается в процессе сварки. Сварку стальной оболочки производят также в аргонодуговой атмосфере. При дуговой сварке грат на поверхности оболочки не образуется, но производительность агрегата в 4 - 5 раз ниже, чем при высокочастотной сварке. Для повышения гибкости кабеля и придания ему большей механической прочности стальную оболочку гофрируют. Наиболее распространено синусоидальное гофрирование оболочек со степенью гофрирования 1,12 - 1,25. Стальные оболочки нуждаются в антикоррозионной защите битумными составами и пластмассовыми шлангами.

ОБОЛОЧКИ ИЗ ПВХ ПЛАСТИКАТА

Поливинилхлоридные оболочки кабелей, проводов и шнуров изготавливают из шлангового пластика, отличающегося от изоляционного пластика соответствующим подбором пластификаторов и стабилизаторов, обеспечивающих большую стойкость против светового старения (см. изоляция из ПВХ пластика).

Для изготовления оболочек и шлангов кабелей используются пластикаты марок О-40, О-50, О-55, ОМБ-60, ОНМ-50 и ОНЗ-40, а также пластикаты марок ИО50-11 и ИО45-12. Первые одна - три буквы в условном обозначении пластика означают тип пластика, цифры через дефис указывают холодостойкость, две последующие цифры - порядок удельного объемного сопротивления при 20°C . Поливинилхлоридные пластикаты марки ОМБ-60 предназначены для маслобензиностойких оболочек, ОНМ-50 - для оболочек, имеющих низкую миграцию пластификаторов в ПЭ (для кабелей с ПЭ изоляцией), и марки ОНЗ-40 - для кабелей, обладающих пониженным запахом. Изоляционные пластикаты ИО50-11 и ИО45-12 по своим свойствам пригодны для оболочек кабелей. Пластикаты марок О-50, О-55, ОМБ-60 и ОНМ-50 изготавливают черного цвета, О-40 - черного или синего и ОНЗ - неокрашенными.

Физико-механические свойства ПВХ пластикатов и их стойкость к агрессивным средам по сравнению с алюминиевыми и свинцовыми оболочками приведены в табл. 1.19. Диэлектрические и физико-механические показатели шланговых пластикатов приведены в табл. 1.22. Потери массы при 160°C в течение 6 ч всех марок не превышают 3,0%, горючесть не более 60 с, плотность пластика 1280 - 1290 кг/м^3 , цветостойкость в везерометре при 70°C не менее 96 ч. Оболочки кабеля не распространяют горение, влаго- и маслостойки, при температуре ниже допустимой становятся жесткими и при ударе могут разрушаться. При отсутствии механических воздействий оболочки сохраняют свои свойства. При положительных температурах эластические свойства ПВХ пластикатов восстанавливаются. Из-за улетучивания пластификаторов холодостойкость ПВХ пластикатов за время эксплуатации снижается.

Таблица 1.22. Диэлектрические, физико-механические показатели шлангового пластика

Показатель	Нормы для марок							
	ИО45-12	0-40 (высший сорт)	0-50 (высший сорт)	0-55 (высший сорт)	0-55 (первый сорт)	ОМБ-60	ОНМ-50	ОНЗ-40
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20°C, Ом*см, не менее	1*10 ¹²	1*10 ¹²	1*10 ¹⁰	1*10 ¹¹	1*10 ¹⁰	1*10 ⁹	1*10 ¹⁰	5*10 ¹¹
Разрушающее напряжение при растяжении, Мпа, не менее	10,7	14,7	17,2	11,7	10,7	11,7	11,7	13,7
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350	300	350	350	350	350	350	300
Температура хрупкости, °С, не выше	-45	-40	-50	-55	-55	-60	-50	-40
Светостойкость при 70°C, ч, не менее	1000	1500	2000	2000	2000	2000	1500	2000
Твердость, Мпа, не более:								
при 20°C	1,07	1,47	1,57	1,07	1,12	0,98	0,88	1,27
при 70°C	0,78	0,98	0,88	0,88	0,78	0,58	0,49	0,88
Водопоглощение, %, не более	0,4	0,45	0,3	0,4	0,5	1,0	0,2	0,3
Температура размягчения, °С	170±10	170±10	175±10	170±10	170±10	Не ниже 175	Не ниже 210	175±10
Плотность, кг/м ³	1200-1250	1220-1330	1250-1310	1180-1250	1180-1250	-	-	1250-1310
Сопротивление раздиру, кН/м, не менее	29,4	44,1	53,9	34,3	34,3	29,4	58,8	-

НОРМЫ ТОЛЩИН ОБОЛОЧЕК

Пластмассовые и резиновые оболочки кабелей и проводов в зависимости от условий их эксплуатации по ГОСТ 23286-78 разделяются на следующие категории:

Об-1 - переносные кабели и провода, работающие в тяжелых условиях (землеройные машины);

Об-2 - переносные кабели и провода, работающие в средних условиях и прокладываемые стационарно;

Об-3 - переносные кабели и провода, работающие в легких условиях (бытовые электроприборы и токоприемники при отсутствии механических нагрузок).

При обозначении категории оболочки добавляются соответствующие индексы: “п” - пластмассовой и “р” - резиновой. Номинальная толщина пластмассовых и резиновых оболочек кабелей и проводов приведена в табл. 1.23. При одновременном наложении изоляции и оболочки или двухслойной оболочке толщина изоляции и оболочки или слоев оговаривается в соответствующей нормативно-технической документации на кабели и провода.

Предельное отклонение толщины пластмассовых оболочек – 15%, а резиновых и из вулканирующегося ПЭ – 20%. В технически обоснованных случаях допускается уменьшение толщины оболочки или указание плюсового предельного отклонения толщины оболочки, которое должно быть оговорено в нормативно-технической документации на кабели и провода.

Таблица 1.23. Толщина, мм, пластмассовых и резиновых оболочек по категориям

Диаметр кабеля под оболочкой, мм	Обп-1	Обп-2	Обп-3	Обр-1	Обр-2	Обр-3
До 6,0	1,2	1,2	0,8	1,5	1,5	1,0
6-10	1,7	1,5	1,0	2,0	1,7	1,0
10-15	1,7	1,5	1,2	2,5	2,0	1,2
15-20	2,0	1,7	-	3,0	2,0	-
20-25	2,3	1,9	-	3,5	2,5	-
25-30	2,5	1,9	-	4,5	3,0	-
30-40	3,0	2,1	-	5,0	3,0	-
40-50	3,5	2,3	-	5,0	4,0	-
50-60	4,0	2,5	-	6,0	4,5	-
Свыше 60	-	3,0	-	6,0	-	-

ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ОБОЛОЧКИ

Высокие физико-механические свойства ПЭ и особенно малая влагопроницаемость, а также стойкость против воздействия агрессивных сред послужили основанием успешного применения его в качестве оболочек кабелей связи. Для увеличения светостойкости применяются ПЭ с присадкой 2% газового канального углерода.

Для оболочек и защитных покровов кабелей применяют ПЭВД базовых марок 102-10К, 107-10К, 153-10К, 178-10К, 102-97К, 107-97К, 153-97К, 178-97К, 102-100К, 107-100К, 153-100К и 178-100К (с добавкой термо- и светостабилизаторов) и ПЭНД базовых марок 204-12К и 206-12К (с добавкой термо- и светостабилизаторов и антикоррозионных веществ). Эти марки ПЭ стойки к термо- и фотоокислительному старению и выпускаются черного цвета.

Физико-механические показатели ПЭВД и ПЭНД приведены в табл. 1.10 и 1.19. Стойкость к термоокислительному старению всех базовых марок ПЭВД не менее 8 ч, стойкость к фотоокислительному старению базовых марок 102, 107, 153 и 178 с добавкой 10, 97 и 100 не менее 500 ч, а базовых марок ПЭНД 204 и 206 с добавками 12 не менее 300 ч.

РЕЗИНОВЫЕ ОБОЛОЧКИ

Оболочки кабелей и проводов изготавливают из резины, указанной в табл. 1.24. Физико-механические свойства шланговых резин приведены в табл. 1.25. После 96 ч старения резин РШ-1 и РШМ-2 при температуре 70°C разрушающее напряжение при растяжении не снижается более чем на 15%, а относительное удлинение резины РШ-1 не превышает 30%, а РШМ-2 – 40%; после 72 ч старения при температуре 100±1°C разрушающее напряжение при растяжении резин РШТ-2 и РШТМ-2 не снижается более 25%, а относительное удлинение при разрыве 50%; после 240 ч старения при температуре 70±1°C разрушающее напряжение при растяжении не снижается более 20%, а относительное удлинение 30%; после 96 ч старения при этой температуре снижение разрушающего напряжения при растяжении не превышает 10%, относительного удлинения 30%; после 72 ч старения резин РШН-1 и РШН-2 при температуре 100±1°C снижение разрушающего напряжения при растяжении не превышает 20%, а относительного удлинения 35%; после 96 ч старения этих резин при температуре 70±1°C снижение разрушающего напряжения при растяжении не превышает 15%, а относительного удлинения 30%.

Шланговые резины РТИШМ, РШ-1, РШМ-2 и РШТМ-2 имеют холодостойкость -50°C, резины РТИШ и РШТ-2 -40°C, резины РШН-1 и РШН-2 -30°C. Физико-механические свойства резин РШН-1 и РШН-2 после 24 ч пребывания в машинном масле марки И-40А или И-50А при температуре 100±1°C не снижаются более чем на 20% по разрушающему напряжению при растяжении и более чем на 25% по относительному удлинению при разрыве. Резины РПИ, РШН-1 и РШН-2 не распространяют горение.

Таблица 1.24. Типы резин, содержание каучука в резине и характеристика резины для оболочек кабелей и проводов (по ОСТ 16.0.505-015-79)

Тип резины	Содержание каучука в резине, %, не менее	Характеристика резины
------------	--	-----------------------

РШ-1	50	Резина на основе НК, СКП и их комбинации с СКБ, СКБС и другими СК, работающими в тяжелых условиях
РШМ-2	45	Резина холодостойкая на основе СКП и его комбинации с СКБ, СКБС и другими СК, работающими в средних и легких условиях
РШТ-2	40	Резина нагревостойкая на основе СКП, СКБ, СКБС и других СК и их комбинации, работающих в средних и легких условиях
РШТМ-2	45	Резина нагревостойкая повышенной холодостойкости на основе СКП, СКБ, СКБС и других СК и их комбинации, работающих в средних и легких условиях
РШН-1	50	Резина маслостойкая, не распространяющая горение на основе СКС, работающих в тяжелых условиях
РШН-2	40	То же, работающих в средних и легких условиях

Таблица 1.25. Физико-механические свойства шланговых резин до старения (по ОСТ 16.0.505.015-79)

Тип резины	Разрушающее напряжение при растяжении, Мпа, не менее	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	Относительная остаточная деформация, %, не менее	Сопротивление раздиру, кН, не менее	Истираемость, м ³ /ГДж, не более
РШ-1	11,76	350	25	1,57	112
РШМ-2	7,35	300	30	-	-
РШТ-2	6,86	300	35	-	-
РШТМ-2	6,86	300	30	-	-
РШН-1	10,49	275	25	1,18	139
РШН-2	5,88	275	35	-	-

1.7. ЗАЩИТНЫЕ ПОКРОВЫ КАБЕЛЕЙ

Кабели в металлических и неметаллических оболочках в зависимости от условий монтажа и эксплуатации изготавливают небронированными и бронированными стальными лентами или оцинкованными стальными проволоками с различными наружными защитными покровами. Кабели небронированные без наружного защитного покрова поверх оболочки маркируют буквой Г (например, СГ). Защитный покров кабелей состоит из подушки, брони и наружного покрова. Конструкции элементов защитных покровов приведены в табл. 1.26. Перечень типов защитных покровов кабелей дан в табл. 1.27, а сочетание различных защитных покровов с различными оболочками в табл. 1.28.

При применении полиэтилентерефталатных (ПЭТФ) лент в подушках л и 2л исключается крепированная бумага (4в, 5в, 6в и 7в — табл. 1.26). Допускается применение в подушках л, 2л, п и в ПВХ, полиамидных и ПЭ лент. Допускается применение стальной гофрированной брони. При этом бумага и битумный состав или битум и подушке поверх шланга не накладывается.

В кабелях в неметаллической оболочке подушку покровов типов Б, БГ, П, ПГ, Бн и Пн накладывают без первого и второго слоев битумного состава или битума. В покровах типов БпШп, КпШп, Бп, БпГ, Кп допускается наложение подушки без ПВХ, ПЭТФ, полиамидной или другой равноценной ленты. Допускается наложение наружных покровов типа Шп без ПВХ, ПЭТФ, полиамидной или другой равноценной ленты. В кабелях связи с покровами Шв и Шп в качестве поливочного состава по металлической оболочке или броне под шланг применяется вязкий подклеивающий состав или пластичный битум. В защитных покровах типов БбШп и БбШв при применении одинаковой брони битумный состав, вязкий подклеивающий состав, битум и пластмассовые ленты не накладываются.

Битумный состав или битум покровов типов Б, К, П, Бп, БШп, ПШп, БпШп, КпШп, Бв, БШв, ПШв, БвШв не вытекает при 50°С, а типов Бл, Б2л, Кл, Пл, П2л, БГ, БлГ, Б2лГ, БпГ, БвГ, ПГ, ПлГ, П2лГ, БбШп, БбШп, Б2лШп, П2лШп, БбШв, БбШв, Б2лШв, П2лШв, Шп, Шв, ПлШв, БлШв - при 60°С. Битумный состав или битум во всех типах защитных покровов, наложенных на силовые кабели напряжением до 3 кВ, не вытекает при 70°С.

Кабели с защитными покровами, за исключением кабелей с покровами Б, П, К, Бн, Пн, БГ, ПГ, БлГ, ПлГ и БбГ, испытывают на истирание, изгиб и циклический нагрев в ванне 0.5 %-ного раствора хлористого натрия. Кабели с защитными покровами типов Б2лГ, П2лГ, БпГ и БвГ испытывают на изгиб и циклический нагрев в

ванне 0,5%-ного водного раствора хлористого натрия. После этих испытаний сопротивление изоляции ПЭ защитного покрова кабелей диаметром 11 - 30 мм при 20±5°C сохраняется не менее 10*10⁶ Ом*км, диаметром 30-60 мм – 4,1*10⁶ Ом*км и диаметром свыше 60 мм – 2,5*10⁶ Ом*км.

Таблица 1.26. Элементы защитных покровов по ГОСТ 7006-72 и их обозначение

Н п/п	Конструкция элементов защитного покрова	обозначение
	подушка	
1	Без подушки	б
2.а	Битумный состав или битум	
б	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
в	Битумный состав или битум	Без обозначения
г	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
д	Битумный состав или битум	
3.а	Битумный состав или битум	
б	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
в	Битумный состав или битум	То же
г	Пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна	
д	Битумный состав или битум	
4.а	Битумный состав или битум	
б	Ленты ПЭТФ	
в	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	л
г	Битумный состав или битум	
д	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
е	Битумный состав или битум	
5.а	Битумный состав или битум	
б	Ленты ПЭТФ	
в	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	л
г	Битумный состав или битум	
д	Пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна	
е	Битумный состав или битум	
6.а	Битумный состав или битум	
б	Лента ПЭТФ	
в	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
г	Битумный состав или битум	2л
д	Ленты ПЭТФ	
е	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
ж	Битумный состав или битум	
7.а	Битумный состав или битум	
б	Ленты ПЭТФ	
в	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
г	Битумный состав или битум	2л
д	Ленты ПЭТФ	
е	Пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна	
ж	Битумный состав или битум	
8.а	Битумный состав, вязкий подклеивающий состав или битум	
б	Лента ПЭТФ	
в	ПЭ шланг	
г	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	п

д	Битумный состав или битум	
е	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
ж	Битумный состав или битум	
9.а	Битумный состав, вязкий подклеивающий состав или битум	
б	Лента ПЭТФ	
в	ПВХ шланг	
г	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
д	Битумный состав или битум	в
е	Крепированная или пропитанная кабельная бумага	
ж	Битумный состав или битум	
	Броня	
10	Броня из стальных или оцинкованных стальных лент	Б
11	Броня из оцинкованных стальных плоских проволок	П
12	Броня из оцинкованных стальных круглых проволок	К
	Наружный покров	
13.а	Битумный состав, битум или вязкий подклеивающий слой	
б	Пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна	Без обозначения
в	Битумный состав, битум или вязкий подклеивающий состав	
г	Покрытие, предохраняющее витки кабеля от слипания	
14.а	Негорючий состав	
б	Стеклянная пряжа из штапелированного волокна	н
в	Негорючий состав	
г	Покрытие, предохраняющее витки кабеля от слипания	
15.а	Битумный состав, вязкий подклеивающий состав или битум	
б	Лента ПВХ, ПЭТФ, ПЭ, полиамидная или другая равноценная	Шп
в	ПЭ шланг	
16.а	Битумный состав, вязкий подклеивающий состав или битум	
б	Лента ПВХ, ПЭТФ, полиамидная или другая равноценная	Шв
в	ПВХ шланг	
17	Без наружного покрова	Г

Таблица 1.27. Типы защитных покровов кабелей

Тип защитного покрова	Элементы конструкции защитных покровов (табл. 1.26)		
	подушка	броня	наружный покров
БбГ	Б	Б	Г
БГ	п. 2	Б	Г
ПГ	п. 3	П	Г
БлГ	л (п. 4)	Б	Г
ПлГ	л (п. 5)	П	Г
Б2лГ	2л (п. 6)	Б	Г
П2лГ	2л (п. 7)	П	Г
БпГ	п	Б	Г
БвГ	в	Б	Г
Б	п. 2	Б	п. 13
П или К	п. 3	П или К	п. 13
Бл	л (п. 4)	Б	п. 13
Пл или Кл	л (п. 5)	П или К	п. 13

Б2л	2л (п. 6)	Б	п. 13
П2л	2л (п. 7)	П	п. 13
Бп	п	Б	п. 13
Бв	в	Б	п. 13
Бн	п. 2	Б	н
Пн	п. 3	П	н
Блн	л (п. 4)	Б	н
Плн	л (п. 5)	П	н
Б2лн	2л (п. 6)	Б	н
П2лн	2л (п. 7)	П	н
Б6Шп, П6Шп или Шп	б	Б, П или без брони	Шп
БШп	п. 2	Б	Шп
ПШп	п. 3	П	Шп
БлШп	л (п. 4)	Б	Шп
Б2лШп	2л (п. 6)	Б	Шп
П2лШп	2л (п. 7)	П	Шп
БпШп или КпШп	п	Б или К	Шп
Б6Шв, П6Шв или Шв	б	Б, П или без брони	Шв
БШв	п. 2	Б	Шв
ПШв	п. 3	П	Шв
БлШв	л (п. 4)	Б	Шв
ПлШв	л (п. 5)	П	Шв
Б2лШв	2л (п. 6)	Б	Шв
П2лШв	2л (п. 7)	П	Шв
БвШв	в	Б	Шв
Кп	п	К	п. 13

Таблица 1.28. Типы защитных покровов кабелей в различных оболочках

Кабель, не подвергающийся значительным растягивающим усилиям					Кабель, подвергающийся значительным растягивающим усилиям			
Оболочка кабелей								
свинцовая	алюминиевая	стальная	неметаллическая	без оболочки	свинцовая	алюминиевая	неметаллическая	без оболочки
Б, Бл, Б2л Б2лШв, Б2лШп, БШп, БШв, БГ, БлГ, Б2лГ, Шв, БлШв, Бн, Блн, Б2лн, БвГ, Шп, БпШп	Бл, БлШп, Шв, Б2л, Шп, Бп, Бв, БпШп, Б2лШв, БвШв, Б2лШп, БлГ, Блн, Б2лГ, БшП, БпГ, БвГ, БвШв, Б2лШп	Шв, Шп	БГ, Б6ГБн, Б, Б6Шп, Б6Шв	Б6Шв, Б6Шп	П, Пл, П2л, П2лШв, ПШв, ПШп, П2лШп, Пг, ПлГ, П2лГ, Плн, Пн, П2лн, К, Кл	Пл, П2л, ПлШв, П2лШп, П2лШв, ПлГ, П2лГ, Плн, КпШп, П2лн, Кп	П, ПГ, Пн	П6Шп, П6Шв

ПОДУШКА КАБЕЛЯ

Подушка кабеля предназначена для предохранения его оболочки от повреждения стальными лентами или проволоками и защиты ее от коррозии. Она представляет собой концентрические слои из предварительно пропитанной кабельной пряжи, крепированной бумаги или предварительно пропитанной кабельной бумаги с покрытием битумом или битумным составом по оболочке и поверх подушки.

Кабельная пряжа из лубяных волокон (по ГОСТ 905-78) применяется для подушки и наружных покровов кабелей. Пряжа, применяется линейной плотностью 3400 ± 275 , 2200 ± 180 и 1700 ± 155 текс и предварительно пропитанной в полугудроне с добавкой 4.0% нафтената меди.

Крепированная кабельная бумага марки БКБ по ГОСТ 10396-84 состоит из двух слоев основной двухслойной водонепроницаемой бумаги марки А (по ГОСТ 9840-74), масса 1 м^2 которой 40г, склеенных битумом марки БН-70/30 (ГОСТ 6617-76) или марки БНД-40/60 (ГОСТ 22245-76). Масса 1 м^2 крепированной бумаги 190-260 г, степень крепирования $25 \pm 5\%$, содержание битума не менее 50%, нафтената меди не менее 5%.

Кабельную бумагу К-120, КМ-120 или К-170 (ГОСТ 645-67) предварительно пропитывают в полугудроне, содержащем нафтенат меди в количестве не менее 4% к массе пропитанной бумаги.

Усиленную подушку из волокнистых материалов изготавливают с обмоткой двумя пластмассовыми лентами (шириной 25 - 90 мм), накладываемыми с перекрытием. Такой элемент покровов маркируют буквой “л” (например, АБл). Для повышения стойкости против коррозии подушку под броней изготавливают с двумя слоями пластмассовых лент. В маркировке этот тип подушки обозначают 2л (например, АБ2л).

Для повышения коррозионно- и влагостойкости подушки на кабели в алюминиевой или стальной оболочке поверх лент из ПВХ, ПЭТФ или равноценных накладывают ПЭ или ПВХ шланг, ленты крепированной бумаги, слой битума или битумного состава. В маркировке кабелей этот тип подушки обозначают буквами “п” - ПЭ или “в” - ПВХ.

В кабелях в пластмассовой или резиновой оболочке подушку под ленточной или проволоочной броней накладывают без нанесения битума или битумного состава. Допускается изготовление бронированных кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке без подушки под броней, если это предусмотрено стандартами и техническими условиями на определенные марки кабелей.

Минимальная толщина подушки и наружного покрова различных кабелей в зависимости от диаметра кабеля поверх оболочки приведена в табл. 1.29. Кабели в пластмассовой и резиновой оболочках с покровами типов Б, БГ и Бн изготавливают с подушкой толщиной не менее 1,0 мм, а с покровами П, ПГ и Пн - не менее 1,5 мм.

Трехжильные кабели в отдельных свинцовых оболочках изготавливают с защитными покровами поверх каждой жилы, состоящими из слоя битума или битумного состава, ПЭТФ лент, крепированной или пропитанной кабельной бумаги. Допускают обмотку скрученных в кабель жил в отдельных металлических оболочках тканевой лентой или пропитанной кабельной пряжей. Подушка этих кабелей состоит из слоя битумного состава или битума, пропитанной кабельной пряжи и слоя битумного состава или битума толщиной, указанной в табл.1.29.

Подушки покровов типов Б2л, П2л, Б2лн, П2лн, Б2лШп, П2лШп, Б2лШв, П2лШв, Б2лГ и П2лГ выдерживают испытание постоянным напряжением 5 кВ или переменным напряжением 2 кВ в течение 1 мин.

Таблица 1.29. Минимальные толщины подушки и наружных покровов

Тип защитного покрытия	Диаметр кабеля по оболочке, мм						
	до 20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	свыше 80
Толщина подушки							
Б, Бн, БШп, БШв, БГ, Бл, Блн, БлГ, БлШв, БлШп, Б2л, Б2лн, Б2лШп, Б2лШв, Б2лГ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
П, Пн, ПШп, ПШв, ПГ, К, Пл, Кл, Плн, ПлШв, ПлГ, П2л, П2лн, П2лШп, П2лШв, П2лГ	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
БпШп, КпШп, БвШв, БпГ, БнГ, Бп, Кп	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	3,2
Толщина наружного покрова							
Б, П, К, Бл, Кл, Пл, Б2л, П2л, Бн, Пн, Блн, Плн, Б2лн, П2лн, Бн, Бв, Кп	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
БбШп, ПбШп, Шп, БШп, ПШп, П2лШп, БпШп, КпШп, Б2лШп	1,6	1,6	1,6	1,8	2,0	2,2	2,2
	по металлической оболочке						

	по бронь	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
ББШв, ПБШв, Шв, БШв, ПШв, ПлШв, П2лШв, БвШв, Б2лШв, БлШв		1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	3,1

БРОНЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ЛЕНТ

Для защиты кабелей от механических повреждений при отсутствии растягивающих усилий их бронируют лентами из низкоуглеродистой стали (ГОСТ 3559-75) трех групп: А - лента оцинкованная (Апл - лента, предназначенная для плоской брони; Апр - лента, предназначенная для профильной брони), Б - лента без антикоррозионного покрытия, В - лента битуминированная. Разрушающее напряжение при растяжении лент Апл, Б и В не менее 275 МПа и относительное удлинение не менее 30%.

Кабели, прокладываемые в земле и воздухе, бронируют стальными лентами толщиной 0,3; 0,5 и 0,8 мм (табл. 1.30) шириной 10 - 60 мм в два слоя с зазором 25 - 33%, причем второй слой перекрывает первый слой ленты на 25% ее ширины. Броню защитных покровов типов БГ, БлГ, Б2лГ, БвГ, БпГ и Б6Г изготавливают из оцинкованной или покрытой битумом ленты. Взамен стальных лент толщиной 0,3 мм допускается применение оцинкованных стальных проволок диаметром 1,4-1,8 мм.

Кабели для бесштанговых нефтенасосов и другого назначения, работающие в условиях гибкости и радиального давления при возможности механических повреждений, бронируют оцинкованными стальными лентами толщиной 0,5 и шириной 10 мм (см. рис. 7.5). При наложении гибкой ленточной брони на кабель типа КПБК (КПБП) ее предварительно профилируют в виде буквы S, причем кромки лент взаимно размещаются в замок, не раскрывающийся при изгибах кабеля (см. рис. 7.5).

Таблица 1.30. Число и толщина лент и диаметр круглой оцинкованной проволоки для брони кабелей

Тип защитного покрова	Диаметр кабеля по оболочке, мм				
	до 13	13-16	16-37	37-50	свыше 50
Б, Бл, Бп, Б2л, Бн, Блн, Б2лн, БШп, БШв, Б2лШп, БпШп, Б2лШв, БвШв, БГ, БлГ, Б2лГ, БпГ, БлШп, БлШв, Бв, БвГ	2*0,3	2*0,5	2*0,5	2*0,5	2*0,8
ББШв, ББШп	2*0,3	2*0,3	2*0,3	2*0,3	2*0,3
ББГ	1*0,3	1*0,3	1*0,5	1*0,5	1*0,5
П, Пл, П2л, Плн, П2лн, ПшП, П2лШп, ПлШв, П2лШв, ПШв, ПГ, ПлГ, П2лГ, ПБШп, ПБШв	-	-	1,5	1,7	1,7
К, Кл, Кп, КпШп	1,4-2,8	1,6-2,8	4	4-6	6

ПРОВОЛОЧНАЯ БРОНЯ

Кабели, растягивающиеся в условиях эксплуатации бронируют оцинкованными стальными проволоками (ГОСТ 1526-81) с разрушающим напряжением при растяжении 343-490 МПа и удлинением не менее 12%. Стальные проволоки накладывают поверх подушки кабеля сплошным повивом, направленным навстречу скрученным жилам, чтобы при растяжении кабеля проволоки не раскручивались. Шаг наложения брони принимают равным 20 D. Суммарный просвет между проволоками не превышает диаметра проволоки.

Проволоки брони одножильных кабелей на напряжение 6 кВ и выше разделяют немагнитными проволоками не менее чем на четыре части.

Кабель марки ЭВТ для переносных шахтных установок бронируют семипроволочными стренгами из проволоки диаметром 0,5 - 0,8 мм. Кабели, подвергающиеся в процессе эксплуатации растягивающим нагрузкам, изготавливают с двухслойной броней из оцинкованных стальных проволок диаметром 1,4 - 4,0 мм, имеющих разрушающее напряжение при растяжении не менее 2350 МПа и удлинение не более 3%.

Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией и в оболочке из этих материалов для защиты от механических повреждений и повреждений грызунами оплетают оцинкованной стальной проволокой диаметром 0,3 мм, имеющей разрушающее напряжение при растяжении не менее 343 - 421 МПа и удлинение не менее 8%.

ВОЛОКНИСТЫЕ НАРУЖНЫЕ ПОКРОВЫ

Наружный покров кабеля состоит из слоя битумного состава или битума, пропитанной кабельной пряжи или пряжи из шпателированного стекловолокна, слоя битумного состава или битума и мела или дробленой слюды, предохраняющих витки кабеля от слипания на барабане. (В маркировке кабелей этот вид защитного покрова обозначения не имеет.)

Негорючий наружный защитный покров кабелей состоит из слоя негорючего состава (каменноугольного пека и совола), пряжи из шпателированного стекловолокна, слоя негорючего состава и покрытия, предохраняющего витки кабеля от слипания. В маркировку кабеля с негорючим защитным покровом вводят букву “н” (например, АБн). В сочетании усиленной подушки и негорючего защитного покрова принято обозначение “лн” (например, АБлн). Негорючий состав покровов типов Бн, Блн, Б2лн, Пн, Плн, П2лн вытекает при температуре 45°С. Наружные покровы типов Бн, Блн, Б2лн, Пн, Плн, П2лн, Б6Шв, П6Шв, БШв, ПШв, ПлШв, БлШв, Б2лШв, П2лШв, БвШв, БГ, БлГ, Б2лГ, БнГ и БвГ не распространяют горение. Минимальная толщина наружного защитного покрова кабелей приведена в табл. 1 .29. Наружный покров кабелей холодостоек.

ПЛАСТМАССОВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРОВЫ

Пластмассовый наружный покров кабелей состоит из слоя битумного состава или битума, ленты ПВХ, ПЭТФ, полиамидной или другого равноценного материала и ПЭ и ПВХ шланга. В маркировке кабелей этот тип наружного покрова обозначается буквами “Шп” и “Шв” (например, БШп, БШв). В наружных покровах типов П6Шп и П6Шв пластмассовые ленты и битумный состав не накладываются. Толщина пластмассового наружного шланга кабелей приведена в табл. 1.31. Диаметр кабелей с наружными покровами типов Б6Шв, Б6Шп, П6Шв и П6Шп измеряют по поясной изоляции. Предельное отклонение толщины наружного шланга - 15% , ±0,1 мм. Пластмассовый шланг герметичен по всей длине и плотно прилегает к битумному составу и пластмассовым лентам. ПВХ, ПЭТФ, полиамидные и другие ленты накладывают на кабель с перекрытием не менее 10 мм. ПЭ или ПВХ шланг не имеет вмятин, трещин и рисок, выводящих его толщину за предельное отклонение.

Разрывная прочность и относительное удлинение при разрыве ПЭ или ПВХ шланга составляет не менее 75% значений, указанных в стандартах и технических условиях на материалы соответствующих марок. Наружный ПЭ и ПВХ шланг испытывают напряжением в соответствии с табл. 1.32. Сопротивление изоляции ПВХ шланга кабелей диаметром 11-30 мм не менее $0,06 \cdot 10^6$ Ом*км, диаметром 30-60 мм - $0,025 \cdot 10^6$ Ом*км и диаметром более 60 мм – $0,015 \cdot 10^6$ Ом*км.

Наружные покровы из ПВХ или каптоленового шланга поверх брони силовых и контрольных кабелей придают им свойства не распространять горение, поэтому такие кабели пригодны для применения наравне с кабелями, имеющими наружный покров из шпателированного стекловолокна и негорючего пропиточного состава.

ПЭ шланги более влагостойки, чем ПВХ шланги, поэтому они нашли широкое применение для защиты алюминиевых и стальных оболочек, особенно кабелей связи.

Таблица 1.31. Толщина пластмассового шланга, мм

Диаметр кабеля по оболочке, мм	Подушка под броней	Поверх брони		Поверх металлической оболочки	
		ПЭ	ПВХ	ПЭ	ПВХ
До 20	1,4	1,7	1,8	1,4	1,8
20-30	1,4	1,8	2,0	1,4	2,0
30-40	1,6	2,1	2,2	1,6	2,2
40-50	1,7	2,4	2,4	1,9	2,4
50-60	1,9	2,7	2,6	2,2	2,6
Свыше 60	2,2	2,8	3,1	2,3	3,1

Таблица 1.32. Испытательное напряжение пластмассового защитного шланга, наложенного поверх металлической оболочки (брони) или под броней

Толщина пластмассового защитного шланга, мм	Испытательное напряжение, кВ		Переменное напряжение АСИ, кВ
	постоянное	переменное	
1,2	10	3,8	8
1,4	11	4,5	9
1,7	14	5,5	11
1,9	15	6,1	12
2,1	17	6,8	13
2,3	19	7,4	14
2,6	21	8,3	16
3,1	25	10,0	19

ЛЕГКИЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ КАБЕЛЕЙ, ПРОВОДОВ И ШНУРОВ

Кабели, провода и шнуры с резиновой изоляцией для предохранения изоляции от воздействия света и нефтяных продуктов оплетают хлопчатобумажной пряжей. Пряжу для оплетки применяют крученую суровую или окрашенную (по ГОСТ 10878-70) толщиной 10 * 2, 11,8 * 2, 15,7 * 2 и 18,5 * 2 текс (текс = 1000/N, где N - метрический номер пряжи). Для усиленной механической защиты кабелей и проводов их оплетают хлопчатобумажной пряжей низких номеров или льняной нитью. Гибкие шнуры оплетают швейной ниткой (по ГОСТ 6309-73) в три сложения толщиной 21,7 * 3 и 13,2 * 3 текс матовой или глянцевого цвета пряжей темных цветов или комбинированной из двух цветов. Технически возможные углы оплетки находятся в пределах 25 - 70°. Увеличение угла оплетки приводит к уменьшению устойчивости оплетки при изгибе провода с оголением изоляции. Плотность оплетки различных проводов находится в пределах 70 – 80%.

В зависимости от условий эксплуатации оплетка хлопчатобумажной пряжей может быть пропитана атмосферостойкими или противогнильными составами. Атмосферостойкие составы состоят из нефтяного битума, парафина, естественных асфальтов, воска, смолы и др. Провода с такими защитными покрытиями предназначены для длительной эксплуатации в условиях воздействия солнечной радиации, дождя, росы, снега и др. Противогнильный состав СП-1 состоит из озокерита или церезина (5,5-7,0%), нефтяного битума (47-56%), парафина (32-40%), петролатума (5,5-7,0%) и нефтената меди (до 10%). Провода, пропитанные таким составом, защищены от разрушения различными микроорганизмами, плесневыми грибами, термитами и др.

Провода с резиновой изоляцией для защиты от действия масла, бензина и других растворителей, а также озона применяют с покрытием оплетки проводов лаками на основе эфиров целлюлозы, представляющими собой раствор лакового коллоксилина в смеси органических растворителей и разбавителей с добавкой пластификаторов (лаки 4Б и 5Б). Авиационные и монтажные провода с ПВХ изоляцией изготавливают с хлопчатобумажной пряжей, покрытой этилцеллюлозными лаками, представляющими собой раствор этилцеллюлозы и пластификаторов в органическом растворителе. Для защиты хлопчатобумажной пряжи от плесневых грибов лаки (4БА) применяют с антисептиком оксифенилом или соединениями фенола.

Нагревостойкие провода с кремнийорганической изоляцией изготавливают в оплетке стекловолокном (по ГОСТ 8325-70) толщиной 6,7 * 2, 11,8 * 2 и 13,3 * 2 текс. Количество парафинистого замасливателя в стекловолокне составляет 1 – 2,5%. Покрытие оплетки кремнийорганическим, глифталевым и другими лаками уменьшает пылеобразование стекловолокна и повышает механическую прочность на истирание. Провода с защитным покрытием из стекловолокна, покрытые кремнийорганическим лаком (К-47), пригодны для эксплуатации до 200°С, а при применении суспензии Ф-4 - до 275°С.

Защитные покрытия с применением асбестовой нити обладают огнестойкостью, кислото- и щелочестойкостью, малой теплопроводностью. Этот вид защитных покрытий применяют в кабелях и проводах для металлургической промышленности, где эксплуатируются в непосредственной близости от плавильных печей. Провода в оплетке асбестовой пряжей, покрытой битумными, глифталевыми или кремнийорганическими лаками, применяются в выводных концах электродвигателей.