

# КАБЕЛИ ДЛЯ УСТАНОВОК СКВАЖИННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Общие технические условия



## Предисловие

### Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Комитетом по высокотехнологичным сервисам при бурении и заканчивании скважин АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив» совместно с ОАО "Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности" (ОАО "ВНИИКП") и Экспертным советом по механизированной добыче нефти.

2 ВНЕСЕН Комитетом по высокотехнологичным сервисам при бурении и заканчивании скважин АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив»

3 ПРИНЯТ АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив»

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив».

## Содержание

1 Область применения .....	4
2 Нормативные ссылки .....	5
3 Классификация, основные параметры и размеры .....	7
4 Общие технические требования .....	10
5 Требования безопасности .....	19
6 Правила приемки .....	19
7 Методы контроля.....	21
8 Транспортирование и хранение .....	25
9 Указания по эксплуатации .....	25
10 Гарантии изготовителя .....	27
Приложение А (обязательное) Определение тока утечки изоляции кабелей.....	28
Приложение Б (обязательное) Расчет длительно допустимых токов нагрузки кабелей	30
Приложение В (рекомендуемое) Материалы, рекомендуемые в качестве изоляции (оболочки) нефтепогружных кабелей в зависимости от длительно-допустимой температуры нагрева токопроводящих жил .....	37

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на кабели с тремя основными жилами, предназначенных для подачи электрической энергии к электродвигателям установок для добычи нефти, водоподъема и перекачки жидкостей из шурфов, резервуаров и водоемов, на номинальное переменное напряжение 2,5; 3,3; 4 и 5 кВ частоты до 500 Гц.

При эксплуатации кабелей в составе установок для добычи нефти с частотно регулируемым приводом должны применяться выходные R-L-C фильтры, обеспечивающие соответствие параметров напряжения, прикладываемого к кабелю, требованиям ГОСТ 32144.

Стандарт устанавливает параметры, характеристики и свойства кабелей, а также требования к их изготовлению, испытаниям и эксплуатации.

Требования настоящего стандарта являются обязательными при разработке технических условий на кабели, производстве кабелей на предприятиях-изготовителях и при сертификации кабелей.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.14-75 Система стандартов безопасности труда. Кабели и кабельная арматура. Требования безопасности

ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 982-80 Масла трансформаторные. Технические условия

ГОСТ 2990-78 Кабели, провода и шнуры. Методы испытаний напряжением

ГОСТ 3345-76 Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления изоляции

ГОСТ 5151-79 Барабаны деревянные для электрических кабелей и проводов. Технические условия

ГОСТ 7229-76 Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников

ГОСТ 10121-76 Масло трансформаторное селективной очистки. Технические условия

ГОСТ 12177-79 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки конструкции

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 16962.1-89 Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 18690-2012 Кабели, провода, шнуры и кабельная арматура. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

ГОСТ 22483-2012 Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров. Основные параметры. Технические требования

ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ОСТ 16 0.684-014-80 Барабаны металлические многооборотные для кабельных изделий. Технические условия

ГОСТ Р 56830-2015 Нефтяная и газовая промышленность. Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие технические требования

### 3 Классификация, основные параметры и размеры

3.1 Кабели подразделяют по следующим признакам:

1) материалу изоляции:

- пленка полиимидно-фторопластовая (И),
- лаковая (эмалевая) изоляция (Л),
- полиэтилен высокой плотности (П),
- полиэтилен высокой плотности вулканизированный (Пв),
- композиции полипропилена, сополимеры и блоксополимеры пропилена (Пп),
- резины на основе этиленпропиленового каучука (Э),
- фторсополимеры (Ф),
- термоэластопласты (Т);

2) материалу оболочек:

- полиэтилен высокой плотности (П),
- композиции полипропилена, сополимеры и блоксополимеры пропилена (Пп),
- резины на основе этиленпропиленового каучука (Э),
- термоэластопласты (Т),
- резины на основе нитрильного каучука (Н),
- свинец и его сплавы (С).

Примечание - Для изоляции и оболочек допускается применение согласно ГОСТ Р 51651 других материалов с обозначением соответствующей буквой (сочетанием букв);

3) конструкции подушки под броней:

- обмотка или оплетка (без обозначения),
- общая оболочка (О);

4) материалу брони:

- лента стальная оцинкованная (Б);
- лента из коррозионностойкой стали (Бк);
- лента из монель-металла (Бм)

Примечание - Допускается применение согласно ГОСТ Р 51651 других металлических лент с обозначением в виде сочетания прописной буквы Б и строчной буквы, указывающей материал ленты

5) конструктивному исполнению:

- круглый (К),
- плоский (П).

3.2 Номинальное напряжение переменного тока частоты до 500 Гц кабелей должно быть 2,5; 3,3; 4; 5 кВ.

3.3 В зависимости от длительно-допустимой температуры нагрева токопроводящих жил устанавливаются группы кабеля по нагревостойкости:

- К1 – кабели с длительно-допустимой температурой нагрева токопроводящих жил до 120°C включительно;

- К2 – кабели с длительно-допустимой температурой нагрева жил свыше 120°C до 160°C включительно;

- К3 – кабели с длительно-допустимой температурой нагрева жил свыше 160°C до 200°C включительно;

- К4 – кабели с длительно-допустимой температурой нагрева жил свыше 200°C

Рекомендуемые материалы изоляции и оболочки в зависимости от длительно-допустимой температуры нагрева токопроводящих жил приведены в Приложении В

Для кабелей с разнородными материалами слоев изоляции и оболочек длительно допустимую температуру нагрева жил устанавливают по материалу с меньшей нагревостойкостью.

3.4 Число основных жил в кабелях - три.

Число контрольных жил выбирают из ряда 0; 1; 2; 3; 4.

3.5 Номинальное сечение основных жил выбирают из ряда 6; 8; 10; 13,3; 16; 21,1; 25; 33,6; 35; 42,4 и 50 мм<sup>2</sup>.

Номинальное сечение контрольных жил выбирают из ряда 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,5 мм<sup>2</sup>.

3.6 Максимальные наружные размеры кабелей должны соответствовать указанным в таблице 1.



Таблица 1 – Максимальные наружные размеры кабелей

Номинальное сечение основных жил, мм <sup>2</sup>	Наружные размеры (диаметр) кабеля, мм, не более					
	Кабели на напряжение до 3,3 кВ		Кабели на напряжение 4 кВ		Кабели на напряжение 5 кВ	
	круглого	плоского	круглого	плоского	круглого	плоского
6 и 8	27,0	14,2x34,3	31,6	15,8x39,2	34,0	17,0x43,3
10	29,0	13,6x33,8	32,8	16,6x41,6	35,2	17,8x45,1
13,3 и 16	32,0	15,0x37,4	35,8	17,7x44,7	38,3	18,8x48,2
21,1 и 25	35,6	16,6x42,5	39,5	19,1x48,9	42,0	20,2x52,3
33,6	37,5	17,9x48,0	41,7	20,0x51,8	44,3	21,2x55,2
35	38,3	18,0x48,2	42,1	20,1x52,0	44,6	21,3x55,4
42,4	39,8	19,4x49,7	44,2	21,0x54,6	46,7	22,1x58,0
50	44,0	19,7x52,3	47,9	22,2x56,8	50,5	23,3x60,3

3.7 Структура обозначения марок кабелей следующая:

К х х х х х х х - хх х

или

ххх

	Кабель
	Материал первого слоя изоляции
	Материал второго слоя изоляции (при его наличии)
	Материал оболочки (при ее наличии)
	Подушка в виде общей оболочки (при ее наличии)
	Материал брони
	Конструктивное исполнение
	Длительно допустимая температура нагрева жил, °С
	Номинальное напряжение, кВ

Примечание - При выполнении слоев изоляции из однородных материалов обозначение материала изоляции указывают один раз.

### Примеры условных обозначений

Кабель на номинальное напряжение 3,3 кВ, с двухслойной полиэтиленовой изоляцией, бронированного стальной оцинкованной лентой, круглого, с длительно допустимой температурой нагрева жил 90 °С, с тремя основными жилами номинальным сечением 16 мм<sup>2</sup>:

*КПБК-90 3 x 16 3,3 ТУ\**

Кабель на номинальное напряжение 5 кВ, с медными жилами, с изоляцией из полиимидно-фторопластовой пленки и этиленпропиленовой резины, со свинцовыми оболочками жил, бронированного стальной оцинкованной лентой, плоского, с длительно допустимой температурой нагрева жил 230 °С, с тремя основными жилами номинальным сечением 10 мм<sup>2</sup> и двумя контрольными жилами номинальным сечением 0,5 мм<sup>2</sup>:

*КИЭСБП-230 3 x 10 + 2 x 0,5 5 ТУ\**

\* Обозначение технических условий на кабель конкретной марки.

## 4 Общие технические требования

### 4.1 Общие требования

4.1.1 Кабели должны быть изготовлены в соответствии с требованиями настоящего стандарта и технических условий на кабели конкретных марок по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

4.1.2 Кабели должны соответствовать климатическому исполнению УХЛ, категорий размещения 1 и 5 по ГОСТ 15150 и ГОСТ 56830 для эксплуатации в скважинной жидкости.

### 4.2 Характеристики

#### 4.2.1 Конструктивные требования

4.2.1.1 Конструкция и конструктивные размеры кабелей должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

4.2.1.2 В таблицу (текст) основных конструктивных размеров кабелей должны входить:

- марки кабелей;
- число и номинальное сечение основных жил, мм;

- число и номинальное сечение контрольных жил, мм;
- номинальная толщина изоляции жил, мм;
- номинальный диаметр изолированных жил, мм;
- номинальная толщина оболочек жил (при ее наличии), мм;
- номинальный диаметр по оболочке жил (при ее наличии), мм;
- максимальные наружные размеры кабелей, мм.

При двухслойной изоляции, если слои выполнены из разнородных материалов, должны быть указаны номинальные толщины и диаметры каждого слоя изоляции.

Предельные отклонения от номинальных толщин изоляции и оболочек (при ее наличии), а также от номинальных диаметров изолированных жил и оболочек (при ее наличии) должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

При наличии в кабелях подушки под броней в виде общей оболочки должны быть указаны ее номинальные наружные размеры и предельные отклонения от них.

Допускается указывать другие конструктивные размеры по усмотрению разработчика кабеля.

4.2.1.3 Токопроводящие жилы должны быть изготовлены из медной проволоки.

Жилы номинальным сечением 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 мм<sup>2</sup> должны соответствовать классу 1 или 2 по ГОСТ 22483. Класс токопроводящей жилы оговаривается при заказе.

Жилы номинальным сечением 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,5 мм<sup>2</sup> должны соответствовать классу 2 по ГОСТ 22483.

Жила номинальным сечением 13,3 мм<sup>2</sup> должна быть однопроволочной. Жилы номинальным сечением 21,1; 33,6; 42,4 мм<sup>2</sup> могут быть одно- или семипроволочными. Требования по электрическому сопротивлению жил сечением 13,3; 21,1; 33,6; 42,4 мм<sup>2</sup> устанавливаются п. 4.2.2.1.

Многопроволочные жилы должны иметь заполнение промежутков между проволоками герметизирующим материалом.

Допускается лужение проволок жил оловом или оловянно-свинцовыми припоями.

Допускается нанесение клеящих составов на поверхность токопроводящей жилы в целях обеспечения адгезии изоляции к токопроводящей жиле.

4.2.1.4 Поверх токопроводящей жилы должна быть наложена изоляция. В изоляции не должно быть пор и инородных включений, а на ее поверхности — трещин, вмятин и утолщений, выводящих номинальные размеры изолированной жилы за предельные отклонения.

4.2.1.5 Пластмассовая изоляция и изоляция из термоэластопластов должна быть наложена в два и более слоев изоляции (для кабеля с длительно допустимой температурой нагрева жил 90°C допускается однослойная изоляция).

Допускается выполнение слоев изоляции из разнородных материалов.

Слои изоляции могут отличаться один от другого по цвету.

4.2.1.6 Диаметры изолированных жил в любом поперечном сечении кабеля не должны отличаться более чем на 10%.

Починка изоляции жил при изготовлении кабелей не допускается.

4.2.1.7 Поверх изолированной жилы может быть наложена металлическая или неметаллическая оболочка. Оболочка должна плотно прилегать к изоляции жилы и легко отделяться от нее без повреждения изоляции.

В оболочке не должно быть пор, инородных включений и трещин, а на ее поверхности — вмятин и утолщений, выводящих номинальные размеры оболочки за предельные отклонения.

Наличие оболочки по изолированной жиле для кабелей с резиновой изоляцией обязательно.

4.2.1.8 Диаметры жил по оболочкам в любом поперечном сечении кабеля не должны отличаться более чем на 10%.

Починка оболочек при изготовлении кабелей не допускается.

4.2.1.9 Поверх изоляции или оболочки жилы может быть наложен бандаж в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 50% и/или оплетки плотностью не менее 85 %. Для кабелей с резиновой изоляцией и резиновыми оболочками наложение бандажей обязательно.

Бандаж должен быть плотно наложен на жилу.

4.2.1.10 Поверх скрученных жил круглых кабелей и жил плоских кабелей, уложенных параллельно, должна быть продольно проложена маркировочная лента и наложена подушка под броню. В случае выполнения подушки в виде общей оболочки маркировочную ленту прокладывают поверх подушки.

Материал маркировочной ленты и обозначения на ней (в соответствии с п. 4.4) должны быть устойчивы к механическим воздействиям брони и влиянию внешней среды.

Допускается наносить маркировку на поверхность второго слоя изоляции или оболочку (при ее наличии) печатным способом. Для кабелей с металлической оболочкой допускается наносить маркировку, выполненную печатным способом, на поверхность изоляции под оболочкой.

Маркировка должна быть нанесена с интервалом не более 1 м.

4.2.1.11 Подушка под броню может выполняться в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 40%, оплетки плотностью не менее 70%, общей пластмассовой или резиновой оболочки, других конструкций, обеспечивающих защиту изоляции и оболочек жил кабеля от механических воздействий брони.

Подушка должна быть плотно наложена на жилы кабеля и легко отделяться от изоляции или оболочек жил без повреждения изоляции и оболочек.

Подушка в виде общей оболочки не должна иметь трещин и сквозных пор.

4.2.1.12 Промежутки между жилами под подушкой могут иметь заполнение.

4.2.1.13 Допускается отсутствие подушки в кабелях, имеющих бандажи поверх изоляции или оболочек жил.

4.2.1.14 Поверх подушки или жил, имеющих бандажи, должна быть наложена броня из лент, номинальные размеры которых должны соответствовать указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Номинальные размеры лент

Тип ленты	Конструктивное исполнение кабеля	Номинальное сечение основных жил, мм <sup>2</sup>	Номинальные размеры ленты, мм	
			Толщина	Ширина
Стальная оцинкованная	Круглый	6 и 8	0,4	10-15
		10-50	0,5	10-15
	Плоский	8	0,4	10-20
		10-50	0,5	10-20
Из коррозионно-стойкой стали или монель-металла	Круглый	6 и 8	0,3	10-15
		10-50	0,4	10-15
	Плоский	6 и 8	0,3	10-20
		10-50	0,4	10-20

При использовании для бронирования кабелей лент других типов номинальная ширина лент должна соответствовать указанной в таблице 2, а номинальная толщина лент должна быть указана в технических условиях на кабели конкретных марок.

Стальная оцинкованная лента должна соответствовать классу АpрI по ГОСТ 3559-75.

4.2.1.15 При бронировании кабелей ленты должны иметь профили:

- S-образный (рисунок 1) - для круглых кабелей;
- ступенчатый противозадирный (рисунок 2) - для плоских кабелей.



Рисунок 1



Рисунок 2

Броня должна быть наложена:

- "в замок" - на круглых кабелях;
- с перекрытием 30-50% - на плоских кабелях.

Не допускаются расхождение и набегание друг на друга витков брони. Допускается другая форма профиля брони, отличная от указанных на рисунках 1 и 2, обеспечивающая противозадирность.

4.2.1.16 Номинальная строительная длина кабелей, предельные отклонения от нее, а также поставка строительных длин в двух отрезках и минимальная длина меньшего из них согласовываются с заказчиком.

4.2.1.17 Расчетная масса кабелей и содержание в кабеле цветных металлов должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок в качестве справочного материала.

4.2.1.18 В технических условиях на кабели конкретных марок в разделе «Технические требования» или в приложении к техническим условиям должны быть приведены схематические чертежи поперечного сечения кабелей.

4.2.1.19 Марки (рецептуры) материалов, применяемых для изготовления кабелей, должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

4.2.2 Требования к электрическим параметрам на период приемки и поставки

4.2.2.1 Электрическое сопротивление токопроводящих жил постоянному току, пересчитанное на длину 1 км и температуру 20 °С, должно соответствовать:

- сечением 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 мм<sup>2</sup> - ГОСТ 22483;
- сечением 13,3; 21,1; 33,6 и 42,4 мм<sup>2</sup> — указанному в таблице 3.

Таблица 3 – Электрическое сопротивление токопроводящих жил

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление токопроводящей жилы на длине 1 км при 20°С, Ом, не более			
	Нелуженные жилы		Луженные жилы	
	однопроволочные	семипроволочные	однопроволочные	семипроволочные
13,3	1,294	-	1,333	-
21,1	0,813	0,829	0,839	0,864
33,6	0,512	0,520	0,527	0,543
42,4	0,405	0,415	0,417	0,431

4.2.2.2 Электрическое сопротивление изоляции основных жил и готового кабеля, пересчитанное на длину 1 км и температуру 20°С, должно быть не менее:  
 2500 МОм - для кабелей с пластмассовой изоляцией и изоляцией из термоэластопластов;  
 500 МОм - для кабелей с резиновой изоляцией.

4.2.2.3 Изолированные основные жилы и готовые кабели должны выдержать испытание напряжением постоянного тока в течение не менее 5 мин.

Значения испытательного напряжения и ток утечки изоляции, замеренный в конце испытания напряжением и пересчитанный на длину 1 км и температуру 20°С, должны соответствовать указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Значения испытательного напряжения и ток утечки изоляции

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Ток утечки изоляции при испытательном напряжении, А, не более, для кабелей	
		с пластмассовой изоляцией и изоляцией из термоэластопластов	с резиновой изоляцией
до 3,3	18,0	0,5·10 <sup>-5</sup>	5·10 <sup>-5</sup>
4	22		
5	24		

4.2.2.4 Требования к электрическим параметрам контрольных жил кабелей должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

4.2.3 Требования стойкости к механическим воздействиям

4.2.3.1 Кабели должны быть стойкими к изгибам при навивании на цилиндр диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля.

4.2.3.2 Кабели должны выдерживать раздавливающую нагрузку не менее:

98 кН (10 тс) - для кабелей с основными жилами сечением 6 и 8 мм<sup>2</sup>;

158 кН (16 тс) - для кабелей с основными жилами остальных сечений.

4.2.3.3 Изолированные жилы кабелей должны быть продольно герметичны при перепаде давления жидкости 0,02 МПа на 1 м длины.

4.2.4 Требования стойкости к внешним воздействующим факторам

4.2.4.1 Кабели в статическом состоянии должны быть стойкими к воздействию температуры воздуха до минус 60°С.

4.2.4.2 Кабели должны быть стойкими к воздействию смены температур от минус 60°С до длительно допустимой температуры нагрева жил.

4.2.4.3 Кабели должны выдерживать изгибы вокруг роликов диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля, при температуре воздуха:

- до минус 35°С - для кабелей с изоляцией и оболочками и композиций полипропилена, сополимеров и блоксополимеров пропилена, полиэтилена высокой плотности;

- минус 40°С - для кабелей с изоляцией и оболочками из термоэластопластов, фторопластов и резин на основе этиленпропиленового каучука, оболочками из резин на основе нитрильного каучука, свинца и его сплавов.

4.2.4.4 Кабели должны выдерживать изгибы вокруг роликов диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля, при смене температур от 90°С до отрицательных температур по 4.2.4.3.



4.2.4.5 Изоляция и неметаллическая оболочка (при ее наличии) кабеля должна быть стойкой к набуханию. Требования по набуханию должны быть приведены в технических условиях на кабели конкретных марок.

4.2.4.6 Изоляция кабеля должна быть стойкой к усадке. Требования по усадке изоляции должны быть приведены в технических условиях на кабели конкретных марок.

#### 4.2.5 Требования надежности

Срок службы кабелей должен быть приведен в технических условиях на кабели конкретных марок.

### 4.3 Комплектность

В комплект поставки должны входить:

- кабель, намотанный на барабан. Тип барабана должен согласовываться с заказчиком;
- заготовка брони и другие материалы для ремонтных нужд (по согласованию с заказчиком);
- паспорт качества на кабель, а также на партию кабеля (по требованию заказчика) по форме, утвержденной в установленном порядке, с указанием электрического сопротивления и токов утечки изоляции жил кабеля на период приемки и поставки и датой изготовления.

### 4.4 Маркировка

4.4.1 Маркировка кабелей должна соответствовать ГОСТ 18690.

4.4.2 Маркировка по 4.2.1.10 должна содержать:

- наименование и/или товарный знак предприятия-изготовителя;
- марку кабеля;
- номинальное напряжение;
- обозначение технических условий и стандарта ОТУ;
- дату изготовления (месяц, год);
- наименование страны изготовителя.

Маркировка должна быть четкой и прочной.

4.4.3 На щеке барабана или ярлыке, прикрепленном к барабану, должно быть указано:

- товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;
- условное обозначение кабеля;
- обозначение технических условий;
- дата изготовления (месяц, год);
- длина кабеля в метрах, длина каждого отрезка и число отрезков;
- масса брутто в килограммах (для барабанов);
- номер барабана;
- наименование страны изготовителя.

На ярлыке должно быть проставлено клеймо технического контроля.

Допускается в паспорте, прилагаемом к барабану с кабелем, заводу-изготовителю по согласованию с заказчиком указывать иную дополнительную информацию.

4.4.4 С обоих концов кабеля или отрезков, составляющих строительную длину, на броне или изоляции, или оболочках должно быть проставлено устойчивое клеймо или другой знак предприятия-изготовителя.

4.4.5 Дополнительные требования по маркировке согласовываются с заказчиком.

## 4.5 Упаковка

4.5.1 Упаковка кабелей должна соответствовать требованиям ГОСТ 18690.

4.5.2 Кабели должны поставляться на металлических барабанах по ОСТ 16 0.684-014 упакованными матами по ГОСТ 5151.

Допускается поставка кабелей на металлических барабанах других конструкций, согласованных с заказчиком.

4.5.3 Намотка кабеля на барабан должна быть ровной, без ослабления и перепутывания витков.

4.5.4 Намотка плоского кабеля на барабан должна производиться таким образом, чтобы открытые кромки витков брони были обращены в сторону, противоположную намотке (по согласованию с заказчиком).

4.5.5 Длина нижнего конца кабеля, располагаемого внутри шейки барабана, должна быть не менее 3 м.

4.5.6 Закрепление концов кабеля на барабане должно обеспечивать сохранность кабеля при транспортировании.

4.5.7 При поставке строительной длины кабеля в двух отрезках меньший отрезок должен быть расположен на внешней стороне намотки.

4.5.8 Паспорт качества на кабель должен быть помещен в водонепроницаемую упаковку и прикреплен внутри шейки барабана.

4.5.9 Требования к упаковке материалов для ремонтных нужд и размещению перечня этих материалов в упаковке должны быть согласованы с заказчиком.

## **5 Требования безопасности**

5.1 Требования безопасности должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 12.2.007.14.

5.2 Экологические требования при необходимости должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

## **6 Правила приемки**

### **6.1 Общие требования**

Правила приемки кабелей должны соответствовать ГОСТ 15.309, требованиям настоящего стандарта и технических условий на кабели конкретных марок.

### **6.2 Виды испытаний**

Для проверки соответствия кабелей установленным требованиям назначаются следующие виды контрольных испытаний:

- приемосдаточные;
- периодические;
- типовые.

### **6.3 Приемосдаточные испытания**

6.3.1 Кабели предъявляют к приемке партиями. За партию принимают количество кабелей одного маркоразмера, одновременно предъявляемое к сдаче, объемом от 1 до 50 поставочных единиц (барабанов).

6.3.2 Состав и последовательность испытаний в пределах каждой группы должны соответствовать указанным в таблице 5.

Таблица 5 – Состав и последовательность испытаний

Группа испытаний	Вид испытаний и проверок	Пункт	
		технических требований	методов контроля
С-1	Проверка конструкции и конструктивных размеров	4.2.1.1-4.2.1.16	7.2
С-2	Проверка электрического сопротивления изоляции	4.2.2.2	7.3.2
С-3	Испытание напряжением с определением тока утечки изоляции	4.2.2.3	7.3.3
С-4	Проверка комплектности, маркировки и упаковки	4.3, 4.4.1-4.4.5, 4.5.1-4.5.9	7.6
С-5	Проверка электрического сопротивления токопроводящей жилы	4.2.2.1	7.3.1

6.3.3 Кабели на соответствие 4.2.1.6, 4.2.1.8, 4.2.1.16, 4.4.2, 4.5.7, а также изолированные жилы на соответствие 4.2.2.2 и 4.2.2.3 проверяют в процессе производства.

6.3.4 При испытаниях применяют сплошной контроль с приемочным числом  $C = 0$  для групп С-1 - С-3 и  $C = 2$  для группы С-4, С-5.

#### 6.4 Периодические испытания

6.4.1 Испытания проводят в объеме и последовательности в пределах каждой группы согласно таблице 6 не реже одного раза в год. Испытания проводят по плану выборочного двухступенчатого контроля на выборках  $n_1 = 3$ ,  $n_2 = 6$  образцов с приемочным числом  $C_1 = 0$  и браковочным числом  $C_2 = 2$  для первой выборки и приемочным числом  $C_3 = 1$  для суммарной ( $n_1$  и  $n_2$ ) выборки.

В выборки включают случайным отбором образцы последней принятой партии.

Таблица 6 – Объем испытаний

Группа испытаний	Вид испытаний и проверок	Пункт	
		технических требований	методов контроля
П-1	Испытание на изгиб	4.2.3.1	7.4.1
П-2	Испытание на раздавливание	4.2.3.2	7.4.2
П-3	Испытание на продольную герметичность	4.2.3.3	7.4.3
П-4	Испытание на стойкость к воздействию пониженной температуры воздуха в статическом состоянии	4.2.4.1	7.5.1
	Испытание на стойкость к воздействию смены температур	4.2.4.2	7.5.1
	Испытание на стойкость к воздействию изгибов при пониженной температуре воздуха	4.2.4.3	7.5.2

6.4.2 Испытания по группам проводят на самостоятельных выборках.

### 6.5 Типовые испытания

6.5.1 Испытания проводят по программе, утвержденной в установленном порядке. По результатам испытаний, оформленных протоколом и актам, принимают решение о возможности и целесообразности внесения изменений в техническую документацию.

6.5.2 Испытание на стойкость к изгибам при смене температур (4.2.4.4) проводят по 7.5.3.

## 7 Методы контроля

### 7.1 Общие требования

7.1.1 Все испытания и измерения, если в их изложении нет особых указаний, должны быть проведены в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150.

7.1.2 Внешний осмотр проводят без применения увеличительных приборов.

## 7.2 Проверка конструкции

Конструкцию и конструктивные размеры (4.2.1.1-4.2.1.16) проверяют измерениями по ГОСТ 12177 и внешним осмотром при разделке концов кабеля.

## 7.3 Проверка электрических параметров

7.3.1 Электрическое сопротивление токопроводящей жилы (4.2.2.1) проверяют на строительной длине или на образцах по ГОСТ 7229.

7.3.2 Электрическое сопротивление изоляции основных жил и готового кабеля (4.2.2.2) проверяют по ГОСТ 3345 на изделиях, намотанных на барабан.

Электрическое сопротивление изоляции основных жил проверяют в воде после их выдержки в ней не менее 1 ч. Значения коэффициента для приведения электрического сопротивления изоляции к температуре 20°C указывают в технических условиях на кабели конкретных марок.

7.3.3 Испытание напряжением изолированных основных жил и готовых кабелей (4.2.2.3) проводят по ГОСТ 2990 на изделиях, намотанных на барабан, с определением тока утечки изоляции согласно приложению А. Испытание напряжением изолированных основных жил проводят в воде после их выдержки в ней не менее 1 ч.

7.3.4 Допускается проведение испытаний изолированных основных жил по 4.2.2.2, 4.2.2.3 за один цикл погружения их в воду.

Для изолированных основных жил с металлическими оболочками допускается проведение испытаний по 4.2.2.2, 4.2.2.3 за один цикл без погружения их в воду.

## 7.4 Проверка стойкости к механическим воздействиям

7.4.1 Испытание на изгиб (4.2.3.1) проводят изгибанием образца кабеля длиной не менее 3 м на угол 360° вокруг цилиндра диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля. Для плоского кабеля за диаметр принимают значение, численно равное отношению максимального наружного периметра к числу  $\pi$ . При этом не должно происходить раскрытие замков брони на круглом кабеле или образование зазоров между кромками витков брони и зазоров более 1 мм между витками брони на плоском кабеле.

7.4.2 Испытание на раздавливание (4.2.3.2) проводят на образцах кабеля длиной не менее 1 м, уложенных между двумя пластинами номинальными размерами 140x140 мм,

установленными в гидравлическом прессе или другом устройстве, обеспечивающем сжатие образцов со скоростью 0,001-0,005 м/с и усилием не менее указанного в 4.2.3.2.

Для определения момента замыкания между жилами и/или между жилами и броней используют контрольную аппаратуру.

В момент замыкания фиксируют раздавливающее усилие по манометру или другому прибору с пределом измерений до 25 МПа, класса точности 1. Раздавливающее усилие определяют как среднее арифметическое значение результатов трех испытаний для каждой схемы подключения образцов.

7.4.3 Испытание на герметичность изолированных жил кабеля (4.2.3.3) проводят на образце кабеля длиной  $(1 \pm 0,01)$  м. Для этого на одном из концов кабеля предварительно снимают броню на длине не менее 0,3 м и изолированные жилы поочередно подсоединяют к маслопроводу. Испытание проводят при давлении  $(0,2 \pm 0,0012)$  МПа трансформаторного масла по ГОСТ 982 или ГОСТ 10121. Давление контролируют манометром или другим прибором с пределом измерения 0,16 МПа, класса точности 2,5.

Каждую жилу выдерживают под давлением в течение  $(2,5 \pm 0,1)$  ч. При этом на торцах жил кабеля, противоположных торцам, к которым присоединяют маслопровод, не должно быть следов масла.

Существующий способ присоединения маслопровода к изолированной жиле не должен препятствовать проникновению масла под изоляцию.

## **7.5 Проверка стойкости к внешним воздействующим факторам**

7.5.1 Испытание на стойкость к воздействию пониженной температуры воздуха в статическом состоянии (4.2.4.1) и смены температур (4.2.4.2) проводят по ГОСТ 16962.1 (метод 205-1) на образцах кабеля длиной не менее 5 м, свернутых в бухту с внутренним диаметром не менее 0,7 м.

В каждом цикле испытаний образцы выдерживают в камере холода при температуре минус  $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ , затем - в камере тепла при установленной длительно допустимой температуре нагрева жил с отклонением  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Время переноса образцов из камеры холода в камеру тепла и обратно не должно превышать 3 мин. Образцы выдерживают при указанных температурах в каждой из камер не менее 3 ч. Общее число циклов воздействия пониженной и повышенной температур - три.

Допускается перерыв между циклами не более 48 ч.

После последнего температурного цикла образцы выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 3 ч. Затем образцы испытывают на соответствие требованиям 4.2.2.3 в воде без определения тока утечки изоляции.

7.5.2 Испытание на стойкость к изгибам при пониженной температуре воздуха (4.2.4.3) проводят на образцах кабеля длиной не менее 1,5 м в следующем порядке.

7.5.2.1 Образец устанавливают в испытательное приспособление так, чтобы один из его концов был жестко закреплен, а сам образец был зафиксирован между роликами; длина свободного конца образца должна позволять его изгибание вокруг роликов.

Диаметр роликов должен быть равен 15-кратному максимальному диаметру кабеля. Для плоского кабеля за диаметр принимают значение, равное отношению максимального наружного периметра к числу  $\pi$ .

7.5.2.2 Приспособление с образцом помещают в камеру холода, и выдерживают при температуре по п. 4.2.4.3 не менее 4 ч.

7.5.2.3 После выдержки в камере холода образец подвергают трем циклам изгибов вокруг роликов в противоположных направлениях со скоростью не менее одного изгиба в 3 с. Образец должен быть изогнут на угол не менее  $90^\circ$  в каждую сторону.

За один цикл принимают изгиб вправо (влево), выпрямление, изгиб влево (вправо) и выпрямление.

Допускается производить изгибы в нормальных климатических условиях не более чем через 5 мин после извлечения образца из камеры холода.

7.5.2.4 После последнего цикла изгибов образец выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 3 ч, после чего испытывают на соответствие требованиям 4.2.2.3 в воде без определения тока утечки изоляции.

7.5.3 Испытание на стойкость к изгибам при смене температур (4.2.4.4) проводят на образце кабеля длиной не менее 1,5 м в следующем порядке.

7.5.3.1 Образец устанавливают в испытательное приспособление так, чтобы один из его концов был жестко закреплен, а сам образец был зафиксирован между роликами; длина свободного конца образца должна позволять его изгибание вокруг роликов.

Диаметр роликов должен быть равен 15-кратному максимальному диаметру кабеля. Для плоского кабеля за диаметр принимают значение, равное отношению максимального наружного периметра к числу  $\pi$ .

7.5.3.2 Приспособление с образцом помещают в камеру тепла и выдерживают при температуре  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менее 4 ч.



7.5.3.3 После выдержки в камере тепла образец подвергают трем циклам изгибов вокруг роликов в противоположных направлениях со скоростью не менее одного изгиба в 3 с. Образец должен быть изогнут на угол не менее 90° в каждую сторону.

За один цикл принимают изгиб вправо (влево), выпрямление, изгиб влево (вправо) и выпрямление.

Допускается производить изгибы в нормальных климатических условиях не более чем через 5 мин после извлечения образца из камеры тепла.

7.5.3.4 Не более чем через 5 мин после испытания по 7.5.3.3 приспособление с образцом помещают в камеру холода с температурой по п. 4.2.4.3

7.5.3.5 После выдержки в камере холода не менее 4 ч образец подвергают трем циклам изгибов по 7.5.3.3.

Допускается производить изгибы в нормальных климатических условиях не более чем через 5 мин после извлечения образца из камеры холода.

7.5.3.6 После последнего цикла изгибов образец выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 3 ч, после чего испытывают на соответствие требованиям 4.2.2.3 в воде без определения тока утечки изоляции.

7.6 Методика по определению набухания изоляции и неметаллических оболочек должна быть приведена в технических условиях на кабели конкретных марок.

7.7 Методика по определению усадки изоляции должна быть приведена в технических условиях на кабели конкретных марок.

## **7.6 Проверка комплектности, маркировки и упаковки**

Комплектность (4.3), маркировку (4.4.1-4.4.5) и упаковку (4.5.1-4.5.9) проверяют внешним осмотром.

## **8 Транспортирование и хранение**

8.1 Транспортирование и хранение кабелей должны соответствовать требованиям ГОСТ 18690.

8.2 Условия транспортирования и хранения кабелей в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать группе ОЖЗ по ГОСТ 15150.

## **9 Указания по эксплуатации**

9.1 Радиусы изгиба кабелей при спуско-подъемных и перемоточных операциях должны быть не менее:

380 мм - для кабелей с основными жилами сечением не более 35 мм<sup>2</sup>;

450 мм - для кабелей с основными жилами сечением 50 мм<sup>2</sup>.

9.2 Допускаются перемотки кабелей и спуско-подъемные операции с ними при температуре воздуха, обеспечивающей выполнение требований по п. 4.2.4.3.

9.3 Спуск кабеля в скважину и подъем из нее должны производиться плавно со скоростью не более 0,25 м/с. При прохождении участков колонны труб скважины кривизной более 1,5° на 10 м и мест перехода колонны на меньший диаметр труб скорости спуска и подъема не должны быть более 0,1 м/с.

При креплении кабеля к насосно-компрессорным трубам и свинчивании труб не допускаются закручивание кабеля вокруг труб, а также перекручивание плоского кабеля относительно собственной оси.

9.4 При проверках кабелей, эксплуатировавшихся в скважинах, в обязательном порядке определяют наличие газа в изоляции кабеля. При обнаружении выделений газа и/или жидкости из-под изоляции и/или оболочки кабеля, кабель оставляется для разгазирования. Разгазирование кабеля должно происходить при температуре не ниже +10°C, время разгазирования от 36 до 72 часов. Запрещается проводить высоковольтные испытания напряжением до полного разгазирования кабеля.

9.4.1 Метод определения наличия газа внутри кабеля, при разборе кабельной линии:

- произвести разделку концов кабеля, по технологии подготовки жил кабеля к проведению высоковольтных испытаний;
- погрузить концы кабеля в открытую ёмкость наполненную водой;
- наличие выделений газа определяется визуально (выделение газа в жидкость в виде пузырьков).

9.5 Кабели предназначены для эксплуатации в скважинной жидкости, содержащей нефть, а также воду и газ со следующими показателями.

9.5.1 Содержание воды - до 100%.

9.5.2 Водородный показатель попутной воды рН 6,0-8,5.

9.5.3 Гидростатическое давление не менее 25 МПа. Значение допустимого гидростатического давления указывается в технических условиях на кабели конкретных марок

9.5.4 Допускается в технических условиях на кабели конкретных марок указывать дополнительные эксплуатационные факторы (газовый фактор, концентрация сероводорода и т.д.)

9.6 Допустимые токи нагрузки кабелей при температуре скважинных сред и воздуха от 20°C до длительно допустимых температур нагрева жил, рассчитанные согласно приложению Б, должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок. В случае эксплуатации кабеля одновременно и в скважинной жидкости, и в газо-воздушной среде при расчете токовых нагрузок принимать газо-воздушную среду за более жесткие условия эксплуатации.

9.7 В технических условиях на кабели конкретных марок в качестве справочных материалов должны быть указаны значения электрического сопротивления жил и изоляции кабелей при температуре от 20°C до длительно допустимой температуры нагрева жил или приведены соответствующие формулы и коэффициенты для их расчетов.

9.8 При эксплуатации кабелей необходимо руководствоваться правилами безопасности, принятыми в конкретной отрасли.

## **10 Гарантии изготовителя**

10.1 Изготовитель гарантирует соответствие кабелей требованиям настоящего стандарта и технических условий на кабели конкретных марок при соблюдении потребителем правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации кабелей - 18 мес со дня ввода в эксплуатацию, но не более 24 мес со дня отгрузки потребителю.

10.2 Гарантии распространяются на кабели строительных длин и взятые от них отрезки длиной не менее 20 м.

10.3 В технических условиях на кабели конкретных марок и в паспорте на кабель должно быть указано допустимое количество спуско-подъемных операций в течение гарантийного срока.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

### Определение тока утечки изоляции кабелей

#### А.1 Отбор и подготовка образцов

А.1.1 Для испытания берут отрезок кабеля или изолированной жилы, намотанный на барабан. Длина образца должна быть не менее 50 м, не считая концов, разделанных для подсоединения к испытательной аппаратуре.

А.1.2 С обоих концов образца удаляют:

- броню и подушку (если имеются) на длине 320-350 мм;
- оболочки жил (если имеются) на длине 270-300 мм, при этом повреждение изоляции жил не допускается;
- изоляцию жил на длине до 50 мм.

Оголенные участки жил зачищают шлифовальной шкуркой до металлического блеска.

#### А.2 Проведение испытания

А.2.1 Испытание проводят в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150.

А.2.2 Барабан с образцом помещают в емкость с водой так, чтобы вода полностью покрывала образец, при этом оба разделанных конца кабеля должны быть выведены из воды на длину не менее 500 мм и неподвижно закреплены. Время выдержки образца в воде до испытания - не менее 1 ч. Допускается испытание образцов кабеля на воздухе без погружения в воду.

А.2.3 На обоих концах образца разводят жилы на угол  $(120 \pm 30)^\circ$  относительно друг друга.

А.2.4 Разделанные концы на длине не менее 300 мм тщательно протирают ветошью, смоченной в ацетоне или спирте, и просушивают.

С целью снижения влияния на результаты испытаний поверхностных токов утечки рекомендуется покрывать изоляцию разделанных концов на длине не менее 150 мм тонким слоем кремнийорганической пасты типа КПД; не допускается попадание пасты на оголенные участки токопроводящих жил.

А.2.5 Проводят контрольное измерение электрического сопротивления изоляция образца по ГОСТ 3345, которое при пересчете на длину 1 км и температуру 20°C должно быть не менее указанного в технических условиях на кабель конкретной марки. При пересчете используют коэффициент для приведения замеренного значения электрического сопротивления изоляции к температуре 20°C, указанный в технических условиях на кабель конкретной марки.

А.2.6 Подсоединяют один из концов образца к испытательной аппаратуре и подают постоянное напряжение согласно ГОСТ 2990. Значение испытательного напряжения устанавливают согласно указанному в технических условиях на кабель конкретной марки.

А.2.7 При установленном напряжении не ранее чем через 5 мин после его приложения определяют по показаниям микроамперметра фактическое значение тока утечки изоляции образца, которое при пересчете на длину 1 км и температуру 20°C не должно быть более указанного в технических условиях на кабель конкретной марки. Для образцов кабеля ток утечки изоляции определяют отдельно для каждой жилы.

### А.3 Обработка результатов испытаний

Измеренное значение тока утечки пересчитывают на длину 1 км и температуру 20°C по формуле

$$I_y = \frac{I_{изм}}{K \cdot L}, \quad (A.1)$$

где  $I_y$  - ток утечки, пересчитанный на длину 1 км и температуру 20°C, А;

$I_{изм}$  - измеренное значение тока утечки, А;

$K$  - коэффициент для приведения электрического сопротивления изоляции к температуре 20°C, указанный в технических условиях на кабель конкретной марки;

$L$  - длина образца на барабане, км.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### (обязательное)

#### Расчет длительно допустимых токов нагрузки кабелей

##### Б.1 Исходные данные для расчета

###### Б.1.1 Конструктивные размеры:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы  $d$ , мм;
- номинальный наружный диаметр первого слоя изоляции жилы  $d1$ , мм;
- номинальный наружный диаметр второго слоя изоляции жилы  $d2$ , мм;
- номинальный наружный диаметр оболочки жилы  $d0$ , мм;
- номинальный наружный диаметр бандажа поверх оболочки жилы  $db$ , мм;
- номинальный диаметр по скрутке жил  $Dc$ , мм;
- номинальный наружный диаметр подушки под броней  $Dn$ , мм;
- максимальный наружный диаметр круглого кабеля  $D$ , мм;
- максимальные наружные размеры плоского кабеля: толщина  $H$  и ширина  $B$ , мм.

###### Примечания

1 Размеры указаны для основных жил кабеля.

2 Для плоского кабеля значения  $Dc$  и  $Dn$  определяют через отношения к числу  $\pi$  соответственно периметра поверх уложенных вместе жил и наружного периметра подушки под броней.

###### Б.1.2 Тепловые параметры

###### Б.1.2.1 Удельное тепловое сопротивление $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}\cdot\text{Вт}^{-1}$ :

- материала первого слоя изоляции  $\sigma i1$ ;
- материала второго слоя изоляции  $\sigma i2$ ;
- материала оболочки  $\sigma o$ ;
- материала бандажа поверх оболочки  $\sigma b$  ;
- материала подушки под броней  $\sigma n$ .

###### Б.1.2.2 Удельное тепловое сопротивление, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2\cdot\text{Вт}^{-1}$ :

- теплоперехода от поверхности кабеля в воду и от воды к обсадной трубе скважины  $\sigma ж$ ;

- теплоперехода от поверхности кабеля в скважинную жидкость (нефть) и от скважинной жидкости к обсадной трубе скважины  $\sigma_n$ ;

- теплоизлучению от поверхности кабеля в воздушную среду  $\sigma_v$ .

#### Б.1.2.3 Температурные параметры:

- длительно допустимая температура нагрева жил кабеля  $T$ , °С;

- температура окружающей среды  $T_{cp}$ , °С;

- температурный коэффициент электрического сопротивления материала токопроводящей жилы  $\alpha$ , °С<sup>-1</sup>.

Рекомендуемые значения удельного теплового сопротивления основных материалов и сред приведены в таблице Б.1.

#### Б.1.3 Прочие данные:

- электрическое сопротивление токопроводящей жилы по 4.2.2.1  $R$ , Ом;

- внутренний диаметр обсадной трубы скважины  $D_{тр}$ , мм.

Рекомендуемые значения внутреннего диаметра обсадной трубы нефтяной скважины приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.1

Параметр	Значение
Удельное тепловое сопротивление материала $\sigma_{u1}$ ; $\sigma_{u2}$ ; $\sigma_o$ ; $\sigma_b$ ; $\sigma_n$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}\cdot\text{Вт}^{-1}$ :	
- полиэтилен, композиции полипропилена и сополимеры пропилен	400
- термоэластопласты	600
- резины	750
- фторсополимеры	1000
- материалы оплеток и лент для наложения бандажей и подушек	650
- свинец и его сплавы	3
Удельное тепловое сопротивление теплоперехода от поверхности кабеля в воду и от воды к обсадной трубе скважины $\sigma_{ж}$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2\cdot\text{Вт}^{-1}$	104
Удельное тепловое сопротивление теплоперехода от поверхности кабеля в скважинную жидкость (нефть) и от скважинной жидкости к обсадной трубе скважины $\sigma_n$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2\cdot\text{Вт}^{-1}$	425
Удельное тепловое сопротивление теплоизлучению от поверхности кабеля в воздушную среду $\sigma_v$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2\cdot\text{Вт}^{-1}$	1100

Таблица Б.2

Номинальное сечение токопроводящих жил кабеля, мм	Внутренний диаметр обсадной трубы скважины, мм
До 16 включительно	121,7
Свыше 16 до 25 включительно	130,0
Свыше 25	144,3

## Б.2 Порядок расчета



Б.2.1 Тепловое сопротивление кабеля  $S_k, ^\circ\text{C}\cdot\text{см}\cdot\text{Вт}^{-1}$

Б.2.1.1 Тепловое сопротивление кабеля с двухслойной изоляцией жил, оболочками, бандажами поверх оболочек, с подушкой под броней в виде обмоток лентами и/или оплеток:

$$S_k = \frac{1}{6\pi} \left( \sigma_{к1} \ln \frac{d_1}{d} + \sigma_{к2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \sigma_o \ln \frac{d_o}{d_2} + \sigma_b \ln \frac{d_b}{d_o} \right) + \frac{\sigma_{п}}{2\pi} \ln \frac{D_{п}}{D_c} \quad (\text{Б.1})$$

При отсутствии в кабеле одного или нескольких элементов конструкции из формулы исключают соответствующие слагаемые. При применении в бандажах или подушке нескольких материалов с различным удельным тепловым сопротивлением значения  $\sigma_b$  или  $\sigma_{п}$  устанавливают по материалу с наибольшим удельным тепловым сопротивлением.

Б.2.1.2 Тепловое сопротивление кабеля по Б.2.1.1, если слои изоляции выполнены из материалов с равным удельным тепловым сопротивлением:

$$S_k = \frac{1}{6\pi} \left( \sigma_{к2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \sigma_o \ln \frac{d_o}{d_2} + \sigma_b \ln \frac{d_b}{d_o} \right) + \frac{\sigma_{п}}{2\pi} \ln \frac{D_{п}}{D_c} \quad (\text{Б.2})$$

Б.2.1.3 Тепловое сопротивление кабеля по Б.2.1.1, если слои изоляции и оболочки выполнены из материалов с равным удельным тепловым сопротивлением:

$$S_k = \frac{1}{6\pi} \left( \sigma_o \ln \frac{d_o}{d_2} + \sigma_b \ln \frac{d_b}{d_o} \right) + \frac{\sigma_{п}}{2\pi} \ln \frac{D_{п}}{D_c} \quad (\text{Б.3})$$

Б.2.1.4 Тепловое сопротивление кабеля с контрольными жилами или заполнением между основными жилами, с подушкой под броней в виде обмоток лентами и/или оплеток:

$$S_k = \frac{\sigma_{к1}}{6\pi} \ln \frac{D_c^3}{6,8 d_{к}^2 d} + \frac{\sigma_{п}}{2\pi} \ln \frac{D_{п}}{D_c} \quad (\text{Б.4})$$

где  $d_n$  - наружный диаметр основной жилы под подушкой, мм, численно равный  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_0$  или  $d_b$  в зависимости от конструкции кабеля.

При применении для изоляции, оболочек, бандажей или заполнения материалов с различным удельным тепловым сопротивлением значение  $\sigma_{ul}$  устанавливают по материалу с наибольшим удельным тепловым сопротивлением.

При отсутствии подушки под броней из формулы исключают второе слагаемое.

Б.2.1.5 Тепловое сопротивление кабеля по Б.2.1.4, если подушка под броней выполнена в виде общей оболочки:

$$S_k = \frac{\sigma_{ul}}{6\pi} \ln \frac{D_{\Pi}^3}{6,8 d_n^2 d} \quad (\text{Б.5})$$

При применении для изоляции, оболочек, бандажей или подушки материалов с различным удельным тепловым сопротивлением значение  $\sigma_{ul}$  устанавливают по материалу с наибольшим удельным тепловым сопротивлением.

Б.2.2 Тепловое сопротивление окружающей среды  $S_{cp}$ , °С·см·Вт<sup>-1</sup>

Б.2.2.1 Тепловое сопротивление при теплопередаче в воде скважины:

а) для круглого кабеля

$$S_{cp} = \frac{\sigma_{ж}}{\pi \cdot 10^{-1}} \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{D_{тр}} \right) \quad (\text{Б.6})$$

б) для плоского кабеля

$$S_{cp} = \frac{\sigma_{ж}}{10^{-1}} \left( \frac{1}{1,14H + 2B} + \frac{1}{\pi D_{тр}} \right) \quad (\text{Б.7})$$

Б.2.2.2 Тепловое сопротивление по Б.2.2.1 в воде резервуара или водоема:

а) для круглого кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{ж}}}{\pi D \cdot 10^{-1}} \quad (\text{Б.8})$$

б) для плоского кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{ж}}}{(1,14H + 2B) \cdot 10^{-1}} \quad (\text{Б.9})$$

Б.2.2.3 Тепловое сопротивление по Б.2.2.1 в скважинной жидкости нефтяной скважины:

а) для круглого кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-1}} \left[ \sigma_{\text{н}} \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{D_{\text{тр}}} \right) + \frac{\sigma_{\text{в}}}{D} \right] \quad (\text{Б.10})$$

б) для плоского кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-1}} \left[ \sigma_{\text{н}} \left( \frac{1}{1,14H + 2B} + \frac{1}{\pi D_{\text{тр}}} \right) + \frac{\sigma_{\text{в}}}{1,14H + 2B} \right] \quad (\text{Б.11})$$

Б.2.2.4 Тепловое сопротивление при теплоизлучении в воздушной среде:

а) для круглого кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{\pi D \cdot 10^{-1}} \quad (\text{Б.12})$$

б) для плоского кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{(1,14H + 2B) \cdot 10^{-1}} \quad (\text{Б.13})$$

Б.2.2.5 Тепловое сопротивление при теплоизлучении в газовой среде скважины:

а) для круглого кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{\pi \cdot 10^{-1}} \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{D_{\text{тр}}} \right) \quad (\text{Б.14})$$

б) для плоского кабеля

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{10^{-1}} \left( \frac{1}{1,14H + 2B} + \frac{1}{\pi D_{\text{тр}}} \right) \quad (\text{Б.15})$$

Б.2.3 Электрическое сопротивление токопроводящей жилы  $R_T$ , Ом, при длительно допустимой температуре нагрева жилы:

$$R_T = R[1 + \alpha(T - 20)] \quad (\text{Б.16})$$

Б.2.4 Длительно допустимый ток  $I$ , А, нагрузки кабеля:

$$I = \sqrt{\frac{(T - T_{\text{ср}}) \cdot 10^5}{3(S_{\text{к}} + S_{\text{ср}}) R_T}} \quad (\text{Б.17})$$

## Приложение В

(рекомендуемое)

### Материалы, рекомендуемые в качестве изоляции (оболочки) нефтепогружных кабелей в зависимости от длительно-допустимой температуры нагрева токопроводящих жил

Таблица В.1

Длительно допустимая температура нагрева жил кабеля, °С, не более	Материал изоляции и оболочек
90	Изоляция и оболочки из полиэтилена высокой плотности
100	Изоляция и оболочки из композиций полипропилена
110	Изоляция и оболочки из термоэластопластов
120	Изоляция и оболочки из вулканизированного полиэтилена высокой плотности, сополимеров и блоксополимеров пропилена
130	Оболочки из резины на основе нитрильного каучука
160	Изоляция фторсополимеров, изоляция из резины на основе этиленпропиленового каучука
200 и выше	Полиимидно-фторопластовая изоляция, изоляция из фторопласта и фторсополимеров, изоляция из резины на основе этиленпропиленового каучука, а также оболочки из свинца и его сплавов