



**ЕРСМ Сибири**

Engineering Procurement Construction Management

**ООО «ЕРСМ Сибири»**

660074, г. Красноярск,  
ул. Борисова, 14 стр 2  
оф. 606, а/я 21641

**тел.: +7 (391) 205-20-24**

e-mail: info@epcmsiberia.ru

www.epcmsiberia.ru

ИНН/КПП 2463242025/246301001

ОГРН 1122468065587

ОКПО 10210537

р/с 40702810912030113472

Филиал ООО «Экспобанк»

в г. Новосибирске

БИК 045004861

к/с 30101810450040000861

Заказчик – ООО «Четырнадцатый Ветропарк ФРВ»

«Гражданская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 4. «Гражданская ВЭС»: ВЭУ №№ 12-22 (код ГТП генерации GVIE0649)

максимальной мощностью 50,05 МВт

Проектная документация

Раздел 3 «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения. Кабельные сети»

ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ООО «ЕРСМ Сибири»

Заказчик – ООО «Девятый Ветропарк ФРВ»

«Гражданская ВЭС».

Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 4. «Гражданская ВЭС»: ВЭУ №№ 12-22 (код ГТП генерации GVIE0649)

максимальной мощностью 50,05 МВт

Проектная документация

Раздел 3 «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения. Кабельные сети»

ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Взам инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Технический директор

Главный инженер проекта



Лушников А.А.

Бондарчук А.Н

2021


# Содержание тома

Лист	Наименование	Примечание
2	Содержание тома	
4	Справка главного инженера проекта	
5	1 Общее положение	
8	2 Основные технические решения КЛ 35 кВ	
10	2.1 Кабельная арматура	
11	2.2 Защитное заземление	
12	2.3 Противопожарная защита КЛ 35 кВ	
13	3 Обоснование марки и сечения кабеля 35 кВ	
14	3.1 Проверка кабелей 35 кВ по длительно допустимому току	
15	3.2 Проверка кабелей 35 кВ по односекундному току КЗ	
16	3.3 Проверка кабелей 35 кВ на невозгораемость	
18	3.4 Проверка экранов кабеля 35 кВ	
19	3.5 Расчет потерь напряжения в линиях 35 кВ	
20	4 Электроснабжение	
21	5 Пересечение с инженерными сооружениями	
22	Разрезы кабельных траншей	
23	Заземление металлических частей оборудования и металлоконструкций, нормально не находящихся под напряжением	
24	Кабельный журнал КЛ-35 кВ	
27	Спецификация оборудования, изделий и материалов	
	Приложение 1 – Сертификаты на муфты	
	Приложение 2 – Инструкция по прокладке и эксплуатации силовых кабелей на напряжение 6 - 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена	
	Приложение 3 – Сертификат на кабель 35 кВ	
	Приложение 4 – Механический расчет полимерных труб	

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР-С		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	«Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 4. «Гражданская ВЭС»: ВЭУ №№ 12-22 (код ГТП генерации GVIE0649) максимальной мощностью 50,05 МВт Содержание тома		
ГИП		Бондарчук			01.21			
Н.контр.		Пирогова			01.21			
Нач. отд.								
Пров.		Вершинин			01.21			
Разраб.		Егоров			01.21	Стадия Лист Листов П 1 2 		

## Приложение 5 – Опросные листы на концевые муфты

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									2
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР



Справка главного инженера проекта

В настоящем проекте все технические решения по сооружениям, конструкциям, оборудованию и технологической части приняты и разработаны в полном соответствии с проектом планировки территории, проектом межевания территории, заданием на проектирование, техническими регламентами, в том числе устанавливающими требования по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий, с соблюдением технических условий и с действующими на дату выпуска проекта нормами и правилами, включая правила пожарной безопасности.

При соблюдении правил технической эксплуатации, а также требований техники безопасности и пожарной безопасности, эксплуатация сооружений по данному проекту безопасна.

Главный инженер проекта

Бондарчук А. Н.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР – СГИ			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	«Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 4. «Гражданская ВЭС»: ВЗУ №№ 12-22 (код ГТП генерации GVIE0649) максимальной мощностью 50,05 МВт  Справка главного инженера	Стадия	Лист	Листов
ГИП		Бондарчук			01.21		П	1	1
Н.контр.		Пирогова			01.21				
Нач. отд.									
Пров.		Вершинин			01.21				
Разраб.		Егоров			01.21				



## 1 Общее положение

Проектная документация «Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги» выполнена на основании следующих документов:

- Техническое задание на выполнение проектно-изыскательских работ по Объектам «Гражданская ВЭС» располагается на территории Красноармейского муниципального района Самарской области;

- Отчет «Схемы выдачи мощности ветроэлектрических станций. Этап 2. Разработка схемы выдачи мощности Гражданской ВЭС (вариант 220-3 с ВЭУ 4,55 МВт) с уточнением требуемых капитальных вложений»;

- Проект планировки территории для строительства объекта «Гражданская ВЭС» ВЭС000107.356.1.1-ППТ;

- Проект межевания территории для строительства объекта «Гражданская ВЭС» ВЭС000107.356.1.1-ПМТ.

Строительство ветровой электрической станции Гражданская ВЭС выполняется в четыре этапа строительства. В настоящей части проектной документации представлены электротехнические решения четвертого этапа строительства ветровой электрической станции Гражданская ВЭС.

Четвертый этап строительства ветровой электрической станции «Гражданская ВЭС» предусматривает строительство:

- ВЭУ №№ 12-22 ((код ГТП генерации GVIE0649 (50,05 МВт)), максимальной мощностью 50,05 МВт (установка 11 ВЭУ типа V126-4,55 MW фирмы «Vestas» (Дания) с выходной мощностью 4,55 МВт, поставляемых комплектно с генераторами с мощностью 4,8 МВт (с  $\cos\phi = 0,88$ ), преобразователями частоты, силовыми трансформаторами 35/0,72 кВ, оборудованием собственных нужд ВЭУ и комплектным распределительным устройством с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 35 кВ).

Суммарная максимальная мощность Гражданская ВЭС на данном этапе строительства составляет 100,1 МВт.

Взам. инв. №	максимальной мощностью 50,05 МВт (установка 11 ВЭУ типа V126-4,55 MW фирмы «Vestas» (Дания) с выходной мощностью 4,55 МВт, поставляемых комплектно с генераторами с мощностью 4,8 МВт (с $\cos\phi = 0,88$ ), преобразователями частоты, силовыми трансформаторами 35/0,72 кВ, оборудованием собственных нужд ВЭУ и комплектным распределительным устройством с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 35 кВ).					
	Подп. и дата					
И.в. № подл.	Суммарная максимальная мощность Гражданская ВЭС на данном этапе строительства составляет 100,1 МВт.					
	ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
						1

Главная схема электрических соединений четвертого этапа строительства Гражданской ВЭС представлена на чертеже ВЭС000107.356.1.1.4-ИЛОЗ.1.01 в томе «Электротехнических решений» ВЭС000107.356.1.1.4-ИЛОЗ.1.

В четвертый этап строительства Гражданская ВЭС, максимальной мощностью 50,05 МВт, входят:

- 11 ветроэнергетических установок (ВЭУ) мощностью 4,55 МВт каждая;
- кабельные линии 35 кВ;
- волоконно-оптические линии связи.

В комплект поставки ВЭУ типа V126-4,55 MW производства Vestas с выходной мощностью 4,55 МВт входит следующее основное электротехническое оборудование:

- асинхронный генератор мощностью 4,8 МВт ( $\cos \phi = 0,88$ );
- выпрямитель мощностью 5,1 МВА;
- инвертор мощностью 5,1 МВА;
- силовой трансформатор 35/0,72 кВ мощностью 5,15 МВА;
- комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 35 кВ;
- оборудование собственных нужд ВЭУ.

Административно участок проектируемой ВЭС расположен на территории Красноармейского муниципального района Самарской области.

Режим работы ВЭС – автоматический (без постоянного присутствия персонала на площадке), круглосуточный, круглогодичный. В соответствии с Техническим заданием ВЭС имеет II (нормальный) уровень ответственности.

Проектом предусмотрено объединение 11 ВЭУ в две группы. Каждая группа ВЭУ подключается по магистральной схеме к секциям РП-35 кВ в составе Модуля управления Гражданская ВЭС. Для этого предусматривается прокладка двух кабельных линий 35 кВ для выдачи мощности:

1 группа состоит из пяти ВЭУ №№ 12, 13, 14, 15, 16;

2 группа состоит из шести ВЭУ №№ 17, 18, 19, 20, 21, 22.

Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
<p>Проектом предусмотрено объединение 11 ВЭУ в две группы. Каждая группа ВЭУ подключается по магистральной схеме к секциям РП-35 кВ в составе Модуля управления Гражданская ВЭС. Для этого предусматривается прокладка двух кабельных линий 35 кВ для выдачи мощности:</p> <p>1 группа состоит из пяти ВЭУ №№ 12, 13, 14, 15, 16;</p> <p>2 группа состоит из шести ВЭУ №№ 17, 18, 19, 20, 21, 22.</p>							
						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		2

Для подключения РП-35 кВ Гражданская ВЭС к РУ 220/35 кВ Гражданской ВЭС прокладывается одна кабельная линия 35 кВ.

И.ф. № подл.	Подп. и дата	Взам. ин.ф. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР

## 2 Основные технические решения по КЛ 35 кВ

Проектируемые кабельные линии выполняются одножильным силовым кабелем для стационарной прокладки с алюминиевой жилой в изоляции из сшитого полиэтилена, в усиленной оболочке из полиэтилена, на номинальное напряжение 35 кВ марки АПвПуг, изготовленному по ТУ 16.К71-335-2004 (или аналог). Прокладка силового кабеля выполняется в соответствии с альбомом шифр А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях» и рекомендациями завода-изготовителя.

Совместно с кабельными линиями на всем протяжении трассы прокладываются оптические кабели на расстоянии не менее 0,5 м от них и на глубине не менее 1 м, вдоль внутриплощадочных автомобильных дорог на расстоянии не менее 1 м от края дороги.

Волоконно-оптические линии связи выполняются кабелем марки ОКПнг(А)-НФ-0,22-8П 7кН. Конструктивно представляет собой повив оптических модулей вокруг стеклопластикового прутка, покрытый промежуточной полиэтиленовой оболочкой, броней из стеклопластиковых прутков и наружной оболочкой из полиэтилена средней плотности. Свободное пространство в оптических модулях, в сердечнике кабеля, а также в бронепокрове заполнено гидрофобным гелем.

Кабель ОКП является полностью диэлектрическим и не чувствителен к электромагнитным полям.

Одножильные кабели каждой линии прокладываются «треугольником» с креплением стяжками через 1 м (на изгибах трассы на расстоянии не более чем 0,5 м с обеих сторон от изгиба).

Сечения жил и экранов одножильных кабелей марки АПвПуг (или аналог) приняты в соответствии с расчётом. Выбранный кабель удовлетворяет условиям невозгораемости и термической стойкости, конструкция кабеля соответствует условиям прокладки.

При прокладке выбрана двухсторонняя схема заземления экранов кабеля.

И.в. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР			4



При выходе из МУ ВЭС и ВЭУ кабели 35кВ прокладываются в трубах  $d=200$  термостойкая труба для защиты кабеля ПК – 200 SN6 T110°C (или аналогичная), которая удовлетворяет требованиям по температуре (допускает длительное воздействие температуры не менее 90 °С, при перегрузках нагрев до 180 °С, при коротких замыканиях до 250 °С), с внутренним слоем стойким к воздействию короткого замыкания, а ВОЛС в трубах  $d=63$  (труба напорная из полиэтилена, техническая (ПЭ 80 SDR 17,6-63x3,6 ГОСТ 18599-2001)).

При пересечении технологических/пожарных проездов и коммуникаций кабели 35кВ прокладываются в трубах  $d=200$  термостойкая труба для защиты кабеля СТ - 200/12,6 SN24 F155 T95°C (или аналогичная), которая удовлетворяет требованиям по температуре (допускает длительное воздействие температуры не менее 90 °С, при перегрузках нагрев до 180 °С, при коротких замыканиях до 250 °С), с внутренним слоем стойким к воздействию короткого замыкания), а ВОЛС в трубах  $d=110$  (труба напорная из полиэтилена, техническая (ПЭ 80 SDR 17,6-110x6,3 ГОСТ 18599-2001)) с выводом трубы по обе стороны от подшвы насыпи или полевой бровки на длину не менее 1 метра.

Каждый вывод из рабочих труб необходимо герметизировать термоусаживаемым уплотнителем. Каждый конец резервных труб необходимо герметизировать заглушками.

## 2.1 Кабельная арматура

Соединение строительных длин по трассе одноцепных кабельных линий 35 кВ осуществляется соединительными муфтами серии POLJ-42, предназначенными для одножильных небронированных кабелей.

Марки соединительных муфт:

- POLJ-42/1x 500 – для кабелей сечением 500 мм<sup>2</sup>;
- POLJ-42/1x 300-400 – для кабелей сечением от 300 мм<sup>2</sup> до 400 мм<sup>2</sup>;
- POLJ-42/1x 120-240 – для кабелей сечением от 120 мм<sup>2</sup> до 240 мм<sup>2</sup>;
- POLJ-42/1x 70-120 – для кабелей сечением от 70 мм<sup>2</sup> до 120 мм<sup>2</sup>

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР

Лист

6





Корпуса концевых кабельных муфт, экраны силовых кабелей заземляются в ячейках 35 кВ через болтовое соединение к шине заземления (положение шины заземления внутри ячейки уточняется на стадии рабочей документации). Металлоконструкции присоединяются к контуру заземления полосовой оцинкованной полосой 50х5 мм при помощи электродуговой сварки. После всех сварных работ места сварки защищаются от коррозии при помощи составов Цинол + АЛПОЛ.

2.3 Противопожарная защита КЛ 35 кВ

В качестве пассивной противопожарной защиты кабелей проектом предусмотрено покрытие проектируемых кабелей 35 кВ на переходных пунктах огнезащитной пастой «СИНТОСИЛ С-61» (или аналог) толщиной слоя 0,6 мм согласно ТУ 2257-001-42828606-2015 «Силиконовое огнезащитное покрытие СИНТОСИЛ С-61». Расход пасты 0,8 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности за один проход.

Применение средств пассивной огнезащиты кабельных линий регламентируется требованиями, направленными на обеспечение, в первую очередь, безопасности персонала и спасателей, а также на обеспечение огнестойкости и сохранности кабелей, и минимизацию ущерба в случае возникновения пожара.

Во избежание повреждения проложенного кабеля, прокладку кабеля начинать после завершения строительных работ в кабельных сооружениях и на конструкциях.

Прокладка кабеля осуществляется с креплением к металлоконструкциям с расстоянием не более 1 м.

Все металлоконструкции для прокладки кабелей должны быть оцинкованными.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		8

### 3 Обоснование марки и сечения кабеля 35 кВ

Кабельные линии выполнены одножильными экранированными кабелями с алюминиевой жилой и медным экраном на напряжение 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, для прокладки как в помещениях, кабельных сооружениях, так и в земле.

Все КЛ-35 кВ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55025-2012.

Трехфазная группа одножильных кабелей прокладывается треугольником, скрепление кабелей осуществляется специальными липкими лентами, стяжками, хомутами. Экраны кабелей 35 кВ заземлены с обеих сторон.

После прокладки КЛ в местах перехода через стены и перекрытия зазоры заделываются материалом, соответствующим ГОСТ Р 53310-2009, обеспечивающим нормированный предел огнестойкости пересекаемых конструкций.

Все марки и сечения КЛ-35 кВ выбраны из следующих условий прокладки:

- коэффициент загрузки  $k_3 = 1$ ;
- температура грунта  $t = 15^\circ\text{C}$ ;
- глубина прокладки от верхнего кабеля трилистника  $h = 1,0$  м;
- глухое заземление экранов кабелей;
- прокладка кабелей в ПЭ трубах 200 мм, три фазы в одной трубе;
- расстояние между крайними точками КЛ: 2 КЛ = 250 мм;
- расстояния между центрами фаз одинаковые по всей длине КЛ;
- отсутствуют дополнительные источники тепла.

Учитывая, что все ВЭУ соединены в последовательную цепь из 5 или 6 ВЭУ рассчитаем наибольший длительный ток участка цепи из последовательно соединенных ВЭУ. Наибольший длительный ток участка цепи будет рассчитан по формуле, А:

$$I_{\text{раб.нагр.цепи}} = \frac{\sum S_{\text{р.ВЭУ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} = \frac{\sqrt{4,55^2 + 0,964^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 76,72,$$

где  $\sum S_{\text{р.ВЭУ}}$  – расчетная нагрузка участка цепи, кВт;

$U_{\text{ВН}}$  – напряжение сети, кВ.

Расчетный ток 1 ВЭУ при  $U = 1.0$ pu на выводах инвертора ВЭУ:

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР

Лист

9

$$I_{p.max.ВЭУ.НН} = \frac{\sqrt{4,55^2 + 0,964^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,72} = 3729,5 \text{ А};$$

$$I_{p.max.ВЭУ.ВН} = I_{p.max.ВЭУ.НН} \left( \frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right) = 3729,5 \cdot \left( \frac{0,72}{35} \right) = 76,72 \text{ А}.$$

Для дальнейших расчетов и применения в проекте приведены предварительно выбранные марки и сечения КЛ-35 кВ с указанием расчётных нагрузок в таблице 3.1.

Значения длин КЛ-35 кВ в соответствии с планами трасс, включая запас занесены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Марки и сечения КЛ-35 кВ с указанием расчетных нагрузок

п/п	Участок КЛ 35 кВ	Марка кабеля АПвПуг, сечением	Длина КЛ-35 кВ (с учетом запаса), м	Расчетный ток участка цепи, А
1	ВЭУ №12 – ВЭУ №13	3×(1×95мк/16-35)	1210	76,72
2	ВЭУ №13 – ВЭУ №14	3×(1×95мк/16-35)	970	153,44
3	ВЭУ №14 – ВЭУ №15	3×(1×150мк/25-35)	1010	230,16
4	ВЭУ №15 – ВЭУ №16	3×(1×240мк/25-35)	1240	306,88
5	ВЭУ №16-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×400мк/35-35)	1160	383,60
6	ВЭУ №17 – ВЭУ №18	3×(1×95мк/16-35)	770	76,72
7	ВЭУ №18 – ВЭУ №19	3×(1×95мк/16-35)	2250	153,44
8	ВЭУ №19 – ВЭУ №20	3×(1×150мк/25-35)	860	230,16
9	ВЭУ №20 – ВЭУ №21	3×(1×240мк/25-35)	990	306,88
10	ВЭУ №21 – ВЭУ №22	3×(1×400мк/35-35)	790	383,60
11	ВЭУ №22-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×500мк/35-35)	990	460,32

### 3.1 Проверка кабелей 35 кВ по длительно допустимому току

Для прокладки в земле в одной трубе более 10 м трех одножильных кабелей применяется поправочный коэффициент  $K_{1П}=0,9$ , для параллельной прокладки нескольких кабелей, проложенных в земле, включая проложенные в трубах, должны быть уменьшены путем применения поправочного коэффициента  $K_{2П}$ . Данные поправочные коэффициенты приняты по каталожным данным завода изготовителя кабельной продукции ООО «Камский кабель» (или аналог). Длительно допустимые токи КЛ-35 кВ ( $I_{ДДТ}$ , А) приняты в соответствии с каталожными данными ООО «Камский кабель» (или аналог).

Проверка КЛ-35 кВ по условию длительно допустимой пропускной способности приведена в таблице 3.2.

						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР	Лист 10
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Таблица 3.2 – Проверка КЛ-35 кВ по условию длительно допустимой пропускной способности

п/п	Участок КЛ 35 кВ	Марка кабеля АПвПуг, сече- нием	I <sub>ддт</sub> , А	K <sub>1п</sub>	K <sub>2п</sub>	I <sub>ддт</sub> , А с учетом K <sub>1п</sub> · K <sub>2п</sub>	Расчетный ток участка цепи, А
1	ВЭУ №12 – ВЭУ №13	3×(1×95мк/16)	253	0,9	0,925	210,62	> 76,72
2	ВЭУ №13 – ВЭУ №14	3×(1×95мк/16)	253	0,9	0,925	210,62	> 153,44
3	ВЭУ №14 – ВЭУ №15	3×(1×150мк/25)	322	0,9	0,925	268,07	> 230,16
4	ВЭУ №15 – ВЭУ №16	3×(1×240мк/25)	422	0,9	0,925	351,32	> 306,88
5	ВЭУ №16-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×400мк/35)	541	0,9	0,925	450,38	> 383,60
6	ВЭУ №17 – ВЭУ №18	3×(1×95мк/16)	253	0,9	0,925	210,62	> 76,72
7	ВЭУ №18 – ВЭУ №19	3×(1×95мк/16)	253	0,9	0,925	210,62	> 153,44
8	ВЭУ №19 – ВЭУ №20	3×(1×150мк/25)	322	0,9	0,925	268,07	> 230,16
9	ВЭУ №20– ВЭУ №21	3×(1×240мк/25)	422	0,9	0,925	351,32	> 306,88
10	ВЭУ №21 – ВЭУ №22	3×(1×400мк/35)	541	0,9	0,925	450,38	> 383,60
11	ВЭУ №22-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×500мк/35)	615	0,9	0,925	511,98	> 460,32

### 3.2 Проверка кабелей 35 кВ по односекундному току КЗ

Проверка жил по односекундному току КЗ проводится с учетом времени срабатывания основной релейной защиты КЛ и времени отключения ближайшего к месту КЗ выключателя РП 35 кВ (основная защита отходящей КЛ, согласно п. 8.1.1 РД 153-34.0-20.527-98).

В соответствии с методикой расчета ООО «Камский кабель» (или аналог) произведена проверка кабелей КЛ-35 кВ по односекундному току КЗ.

Поправочный коэффициент для определения тока КЗ кабеля 35 кВ:

$$K = \frac{1}{\sqrt{t}} = \frac{1}{\sqrt{0,4}} = 1,58,$$

где  $t$  – продолжительность короткого замыкания, с.

$$t = t_{\text{р.з.}} + t_{\text{о.в.}} = 0,34 + 0,06 = 0,4 \text{ с,}$$

где  $t_{\text{р.з.}}$  – время действия основной защиты (МТЗ ОЛ к ВЭС, РУ-35 кВ), с;

$t_{\text{о.в.}}$  – полное время отключения выключателя 35 кВ, с.

Допустимый ток короткого замыкания для кабеля АПвПуг 1×500/35-35 в соответствии с поправочным коэффициентом составит:

$$I_{\text{КЗдоп.}}^{(3)} = K \cdot I_{\text{КЗдоп.кат.}}^{(3)} = 1,58 \cdot 47 = 74,3 \text{ кА,}$$

где  $K$  – поправочный коэффициент;

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР	Лист
							11

$I_{\text{КЗ доп.кат.}}^{(3)}$  – допустимый ток односекундного КЗ, кА (данные кабеля по каталогу).

Значения минимально допустимых сечений по условиям термической стойкости сведены в таблицу 3.3 для каждого участка цепи.

Таблица 3.3 – Минимально допустимые сечения по условиям термической стойкости

№ п/п	Участок КЛ 35 кВ	Марка кабеля АПвПуг, сечением	$t_{\text{р.з.}} + t_{\text{о.в.}}, \text{с}$	$I_{\text{КЗ доп.кат.}}^{(3)}$ 1-го КЗ, кА	$I_{\text{КЗ доп.}}^{(3)}$ , кА	$I_{\text{КЗ}}^{(3)}$ на шине ВЭУ, кА
1	ВЭУ №12 – ВЭУ №13	3×(1×95мк/16-35)	0,34+0,06	8,9	14,1	>13,07
2	ВЭУ №13 – ВЭУ №14	3×(1×95мк/16-35)	0,34+0,06	8,9	14,1	>14,03
3	ВЭУ №14 – ВЭУ №15	3×(1×150мк/25-35)	0,34+0,06	14,2	22,5	>14,82
4	ВЭУ №15 – ВЭУ №16	3×(1×240мк/25-35)	0,34+0,06	22,7	35,9	>15,67
5	ВЭУ №16-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×400мк/35-35)	0,34+0,06	37,6	59,5	>16,42
6	ВЭУ №17 – ВЭУ №18	3×(1×95мк/16-35)	0,34+0,06	8,9	14,1	>11,99
7	ВЭУ №18 – ВЭУ №19	3×(1×95мк/16-35)	0,34+0,06	8,9	14,1	>14,02
8	ВЭУ №19 – ВЭУ №20	3×(1×150мк/25-35)	0,34+0,06	14,2	22,5	>14,68
9	ВЭУ №20 – ВЭУ №21	3×(1×240мк/25-35)	0,34+0,06	22,7	35,9	>15,33
10	ВЭУ №21 – ВЭУ №22	3×(1×400мк/35-35)	0,34+0,06	37,6	59,5	>15,81
11	ВЭУ №22-РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×500мк/35-35)	0,34+0,06	47,0	74,3	>16,42

Все сечения выбранных КЛ-35 кВ удовлетворяют требованиям термической стойкости

### 3.3 Проверка кабелей 35 кВ на невозгораемость

Проверка на невозгораемость – это проверка кабеля на возможность выдерживать (без воспламенения) ток КЗ в кабеле в течении времени работы резервной защиты (при отказе основной). Температура кабеля не должна превышать 400 °С.

Для примера расчет выполняется для КЛ-35 кВ для участка цепи ВЭУ №12 – ВЭУ №13:

Тепловой импульс тока КЗ определяется по выражению (Ц-02-98(Э) – Циркуляр о проверке кабелей на возгорание при воздействии тока короткого замыкания), интеграл Джоуля, кА<sup>2</sup>·с:

$$B_k = \left(I_{\text{КЗ}}^{(3)}\right)^2 \cdot (t_{\text{р.з.р.}} + t_{\text{выкл.}} + T_a) = 13,07^2 \cdot (0,64 + 0,06 + 0,005) = 120,43,$$

ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР

Лист

12

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

где  $I_{\text{КЗ}}^{(3)}$  – трехфазный расчетный ток КЗ, кА;

$t_{\text{р.з.р.}}$  – время отключения резервной защиты (МТЗ ввода), с;

$T_a$  – эквивалентная постоянная времени затухания аperiodического тока КЗ от удаленных источников, с.

По выражению определяется значение коэффициента  $k$  (Ц-02-98(Э) – Циркуляр о проверке кабелей на возгорание при воздействии тока короткого замыкания):

$$k = \frac{b \cdot B_K}{S^2} = \frac{45,65 \cdot 120,43}{95^2} = 0,61,$$

где  $b$  – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, для алюминиевых жил  $45,65 \text{ мм}^4/\text{кА}^2\text{с}$ ;

$S$  – сечение кабеля,  $\text{мм}^2$ .

Значение начальной температуры жилы до КЗ определяем по формуле, °C:

$$Q_H = Q_0 + (Q_{\text{дд.}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{ддт}}} \right)^2 = 15 + (90 - 15) \cdot \left( \frac{76,72}{210,6} \right)^2 = 24,95^\circ\text{C},$$

где  $Q_0$  – фактическая температура окружающей среды во время КЗ,  $15^\circ\text{C}$ ;

$Q_{\text{дд.}}$  – значение расчетной длительной допустимой температуры жилы,  $90^\circ\text{C}$ ;

$Q_{\text{окр.}}$  – значение расчетной температуры окружающей среды в земле  $15^\circ\text{C}$ ;

$I_{\text{раб}}$  – значение рабочего тока, А;

$I_{\text{ддт}}$  – значение длительно допустимого тока нагрузки кабеля, А.

Значение конечной температуры жилы в конце КЗ определяем по формуле, °C:

$$Q_K = Q_H \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1) = 24,95 \cdot e^{0,61} + 228 \cdot (e^{0,61} - 1) = 237,15^\circ\text{C},$$

где  $Q_H$  – температура жилы до КЗ, °C;

$a$  – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при  $0^\circ\text{C}$ , равная  $228^\circ\text{C}$ .

Вывод: кабель АПвПуГ –  $1 \times 95/16-35$  не сгорит и годен к эксплуатации после КЗ.

И.в. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР						Лист
									13
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Для остальных кабелей расчет аналогичен и все результаты сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Предельно допустимые температуры нагрева КЛ-35 кВ при КЗ

№ п/п	Участок КЛ-35 кВ	Сечение КЛ-35 кВ типа АПвПуг	$I_{КЗ}^{(3)}$ , кА	$t_{откл.}$ , с	$B_k$ , $кА^2 \cdot с$	$k$	$Q_n$ , °С	$Q_k$ , °С	Условие $Q_k \leq Q_{доп}$
1	ВЭУ №12 – ВЭУ №13	3×(1×95 <sub>МК</sub> /16)	11,75	0,71	120,43	0,61	24,95	237,15	$\leq 400$
2	ВЭУ №13 – ВЭУ №14	3×(1×95 <sub>МК</sub> /16)	12,75	0,71	138,77	0,70	54,80	342,60	$\leq 400$
3	ВЭУ №14 – ВЭУ №15	3×(1×150 <sub>МК</sub> /25)	13,64	0,71	154,84	0,31	70,29	180,39	$\leq 400$
4	ВЭУ №15 – ВЭУ №16	3×(1×240 <sub>МК</sub> /25)	14,39	0,71	173,11	0,14	72,23	116,38	$\leq 400$
5	ВЭУ №16-ПП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×400 <sub>МК</sub> /35)	15,18	0,71	190,08	0,05	69,41	85,98	$\leq 400$
6	ВЭУ №17 – ВЭУ №18	3×(1×95 <sub>МК</sub> /16)	11,19	0,71	101,35	0,51	24,95	194,35	$\leq 400$
7	ВЭУ №18 – ВЭУ №19	3×(1×95 <sub>МК</sub> /16)	11,74	0,71	138,58	0,70	54,80	342,03	$\leq 400$
8	ВЭУ №19 – ВЭУ №20	3×(1×150 <sub>МК</sub> /25)	13,67	0,71	151,93	0,31	70,29	177,98	$\leq 400$
9	ВЭУ №20 – ВЭУ №21	3×(1×240 <sub>МК</sub> /25)	14,30	0,71	165,68	0,13	72,23	114,36	$\leq 400$
10	ВЭУ №21 – ВЭУ №22	3×(1×400 <sub>МК</sub> /35)	14,91	0,71	176,22	0,05	69,41	84,74	$\leq 400$
11	ВЭУ №22-ПП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС	3×(1×500 <sub>МК</sub> /35)	15,36	0,71	190,08	0,03	75,63	86,35	$\leq 400$

В соответствии с Ц-02-98(Э) для кабеля с алюминиевой жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена предельно допустимая температура нагрева проводника при проверке на невозгорание составляет 400 °С. Следовательно, кабели удовлетворяют условию на невозгораемость.

### 3.4 Проверка экранов кабеля 35 кВ

При резистивном заземлении нейтрали (релейная защита отключает первое же повреждение изоляции сети) выбор сечения экрана выполняется по току однофазного замыкания  $I_{033}$ . Минимальное сечение экранов выбранных КЛ составляет 16 мм<sup>2</sup> (в проекте принимаются стандартные значения экранов для принятых сечений токопроводящей жилы), с допустимым током короткого замыкания в течении 1 с равным 3,1 кА, учитывая что  $I_{033} = 419,1А$  (данный расчет более подробно рассмотрен в томе ВЭС000107.356.1.1.4-ИЛО3.1), а время полного отключения

						ВЭС000107.356.1.1.4 – ТКР	Лист
							14
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.







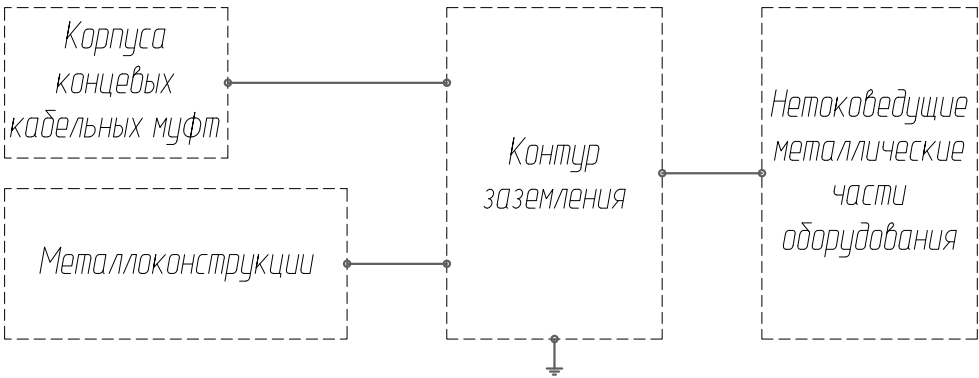
5 Пересечение с инженерными сооружениями

Проектируемая КЛ 35 кВ пересекают небольшое количество инженерных сооружений. Все пересечения выполнены с соблюдением требований ПУЭ. Ведомость пересечений приведена в таблице 4.1 тома ВЭС000107.356.3.1.4-ППО.

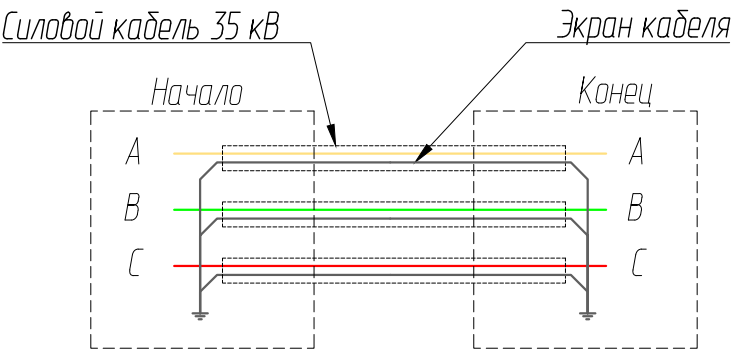
И.в. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР			17



Заземление металлических частей оборудования и металлоконструкций,  
нормально не находящихся под напряжением

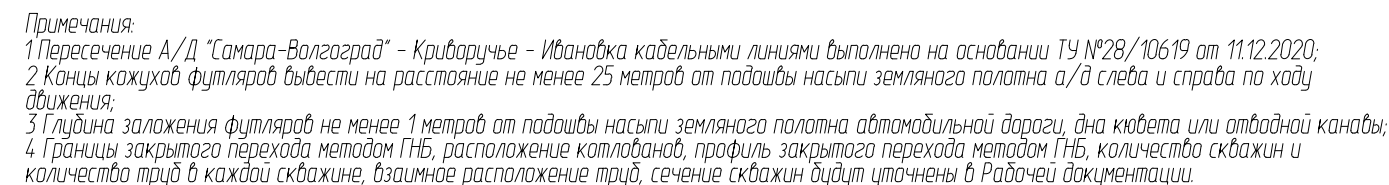
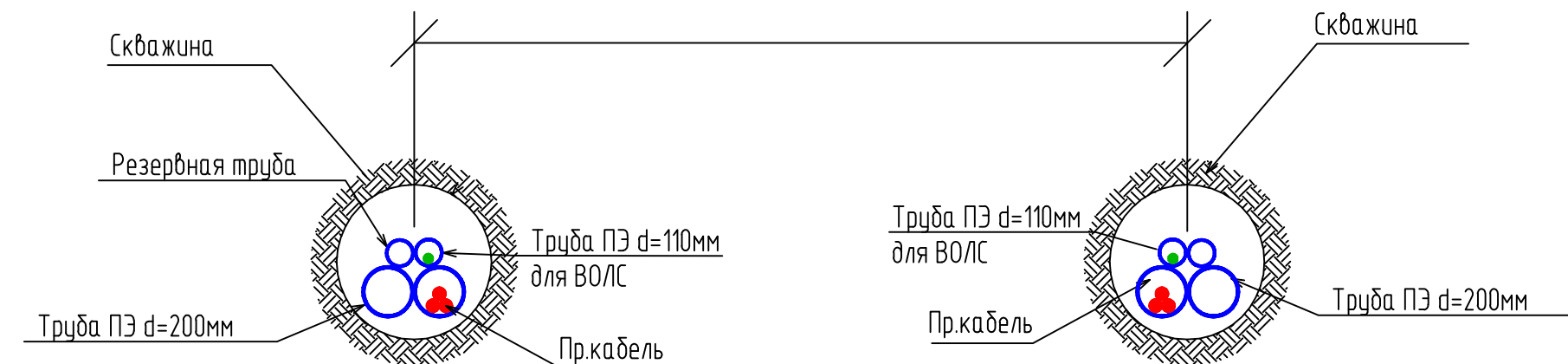






Режим заземления экрана силового кабеля 35 кВ



Согласовано												
Взам. инв. N												
Подл. и дата												
Инв. N подл.	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР					
	Разработал	Егоров				19.02.21	"Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Четвертый этап строительства"					
	Проверил	Вершинин				19.02.21						
	Нач. отд.	Вершинин				19.02.21						
	Н. контр.	Пирогова				19.02.21	Заземление металлических частей оборудования и металлоконструкций, нормально не находящихся под напряжением			ООО "ЕРСМ Сибдир"		
	Утв.											
	ГИП	Бондарчук				19.02.21						

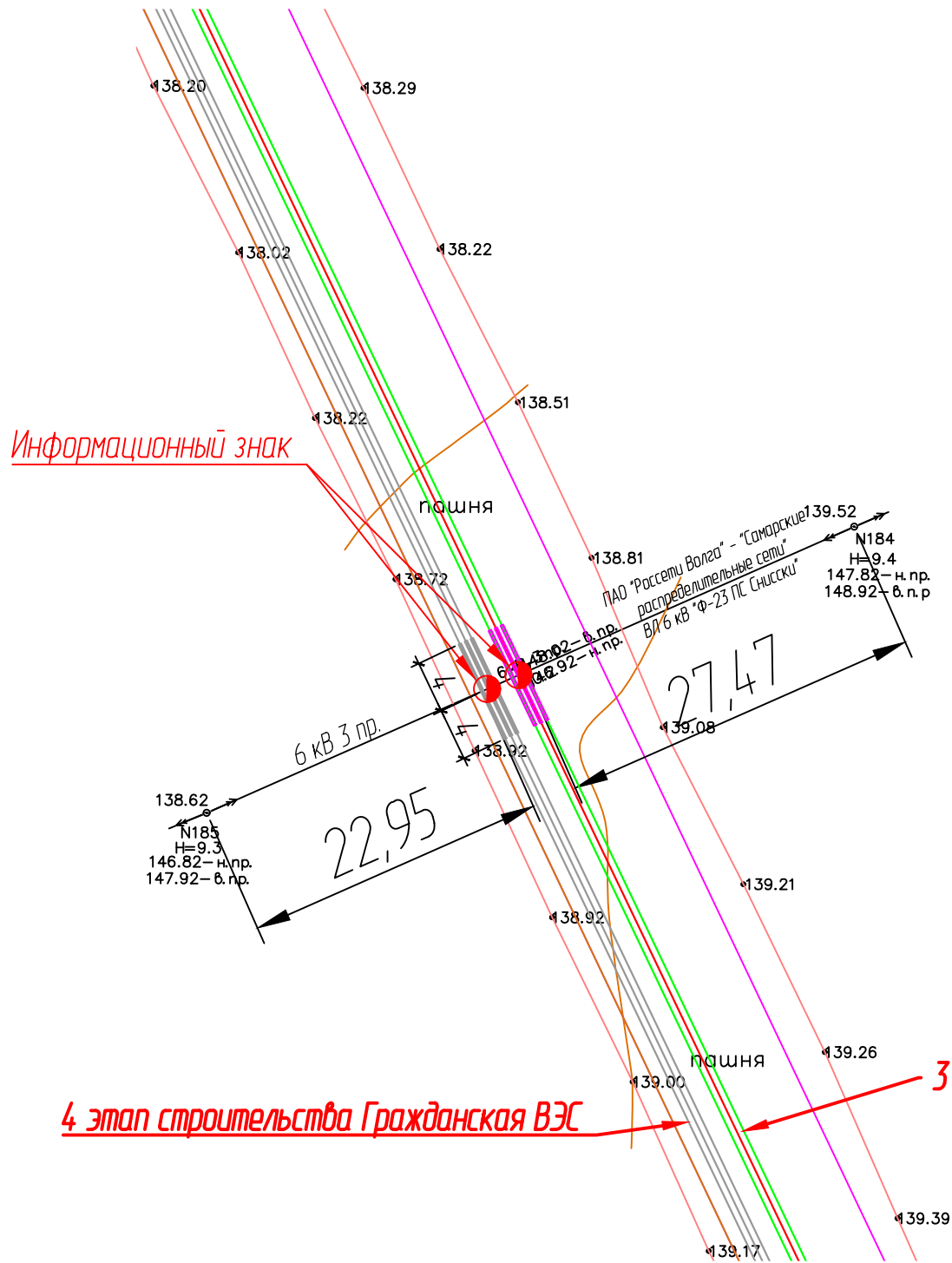




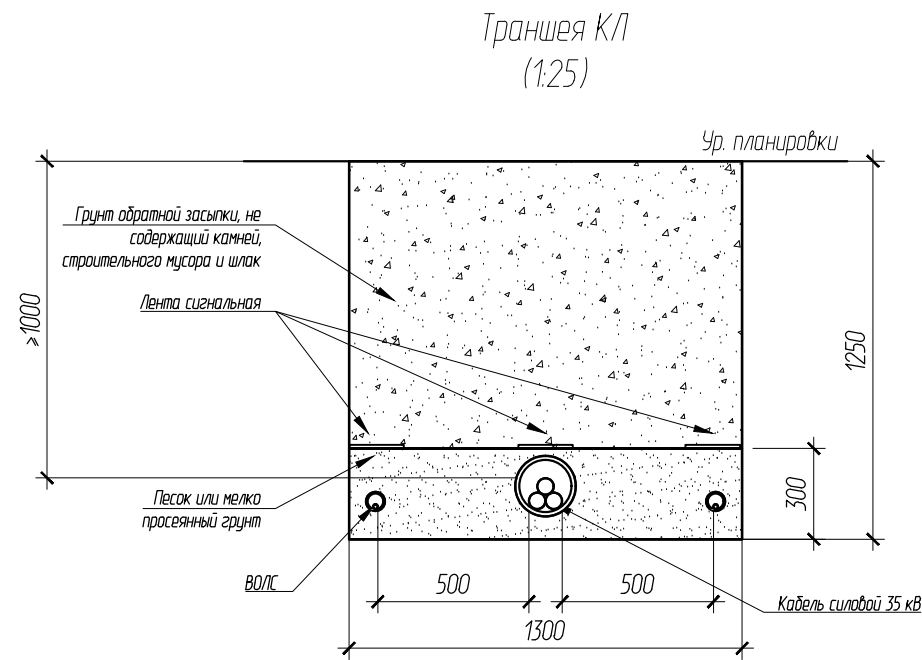
						ВЭС000107.356.1.14-ТКР			
						ООО "Четырнадцатый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Четвертый этап строительства"	Стандия	Лист	Листов
Разработал		Егоров			19.02.21		П	1	
Проверил		Вершинин			19.02.21				
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21				
Н. контр.		Пирогова			19.02.21				
Утв.						Пересечение автодороги методом ГНБ	ООО "ЕРСМ Сибири"		
ГИП		Бондарчук			19.02.21				

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инд. №
<i>Согласовано</i>		




Согласовано					
Взам.	инв. №				
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

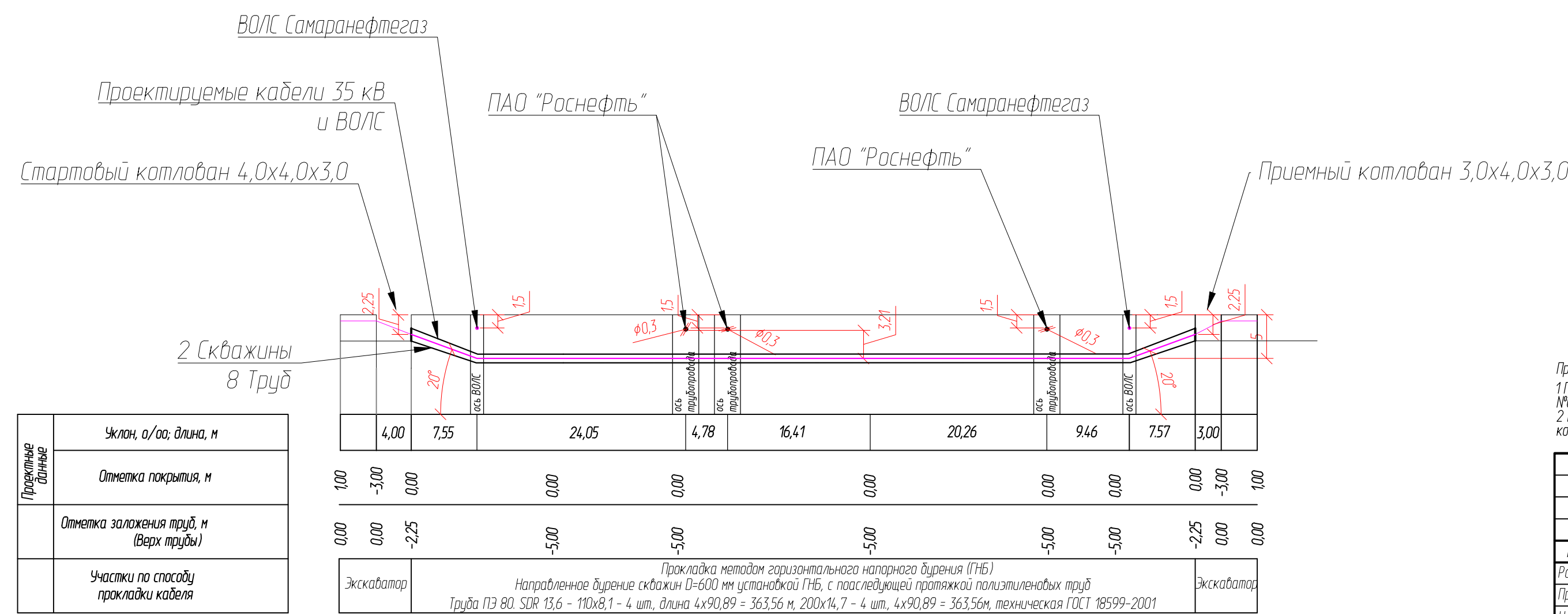
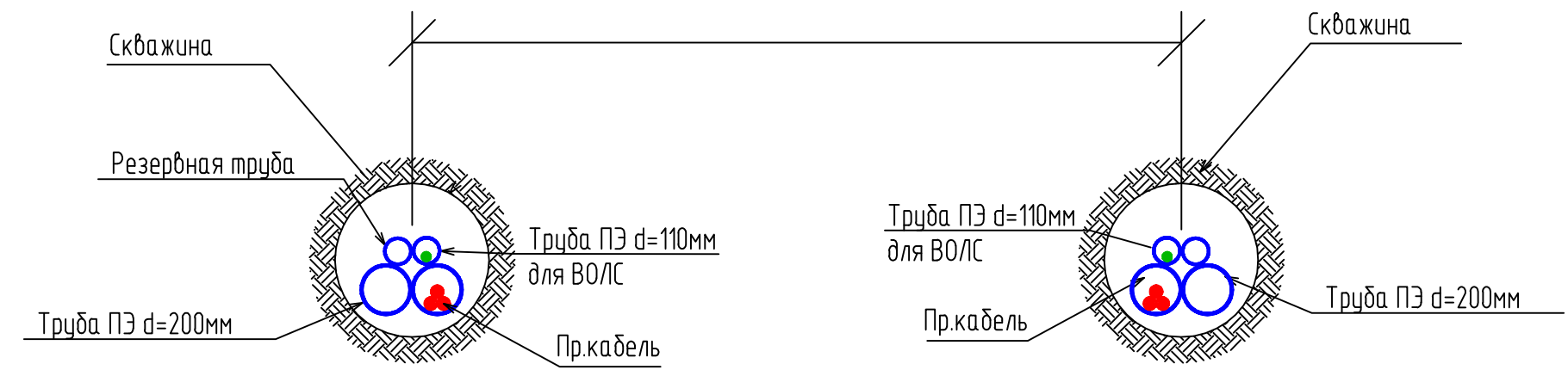
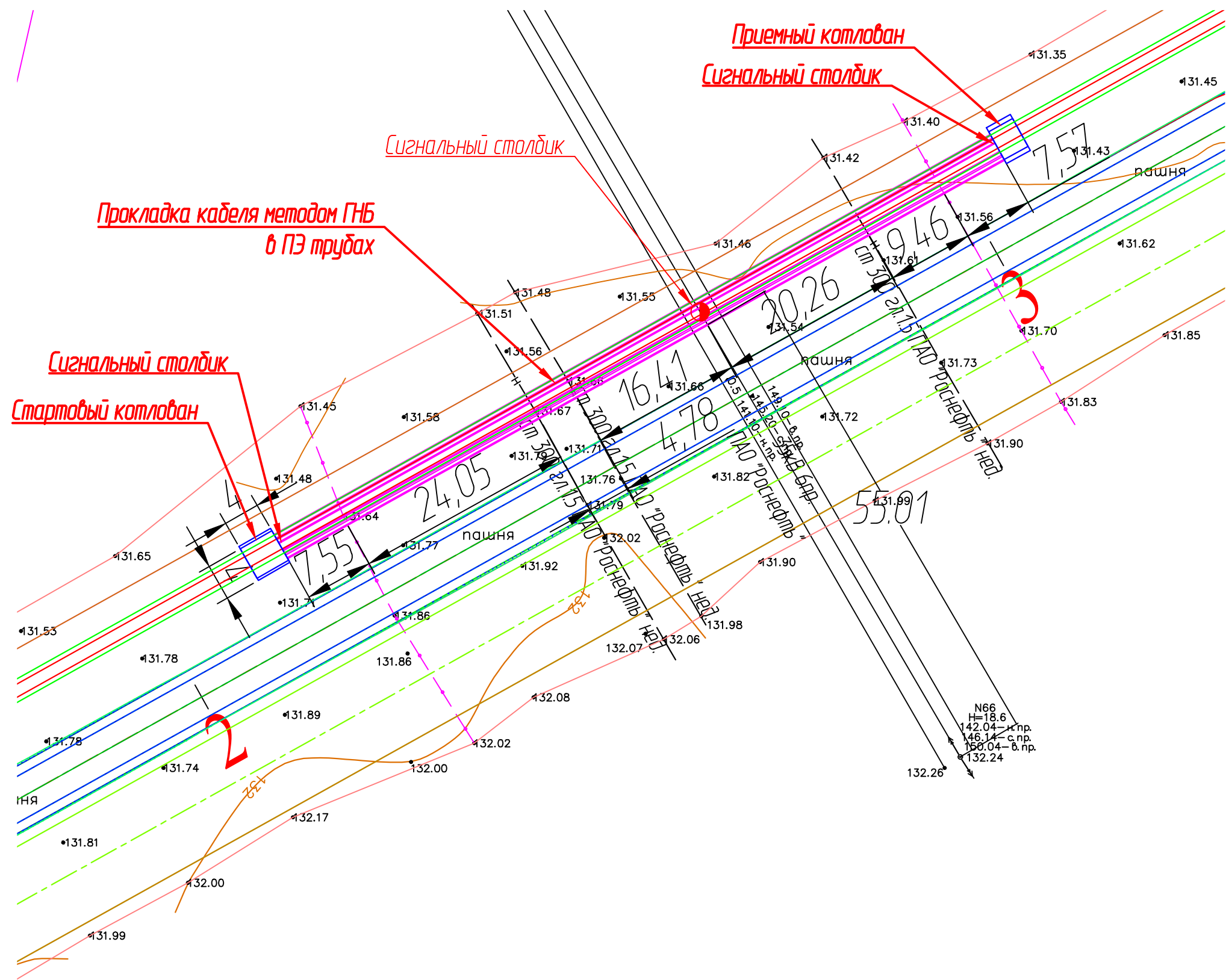


4 этап строительства Гражданская ВЭС



Примечания:  
1 Пересечение ВЛ-6кВ кабельными линиями выполнено на основании ТУ №МР6/121/103/4041 от 17.12.2020;  
2 Для защиты кабеля в местах возможного проезда техники на пересечении инженерных коммуникаций применяются бетонные плиты плоские типа ПКП.

						ВЭС000107.356.1.14 – ТКР			
						ООО "Четырнадцатый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Четвертый этап строительства"	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Егоров			19.02.21		П	1	
Проверил		Вершинин			19.02.21				
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21				
Н. контр.		Пирогова			19.02.21				
Утв.						Пересечение ВЛ-6 кВ	ООО "ЕРСМ Суджури"		
ГИП		Бондарчук			19.02.21				



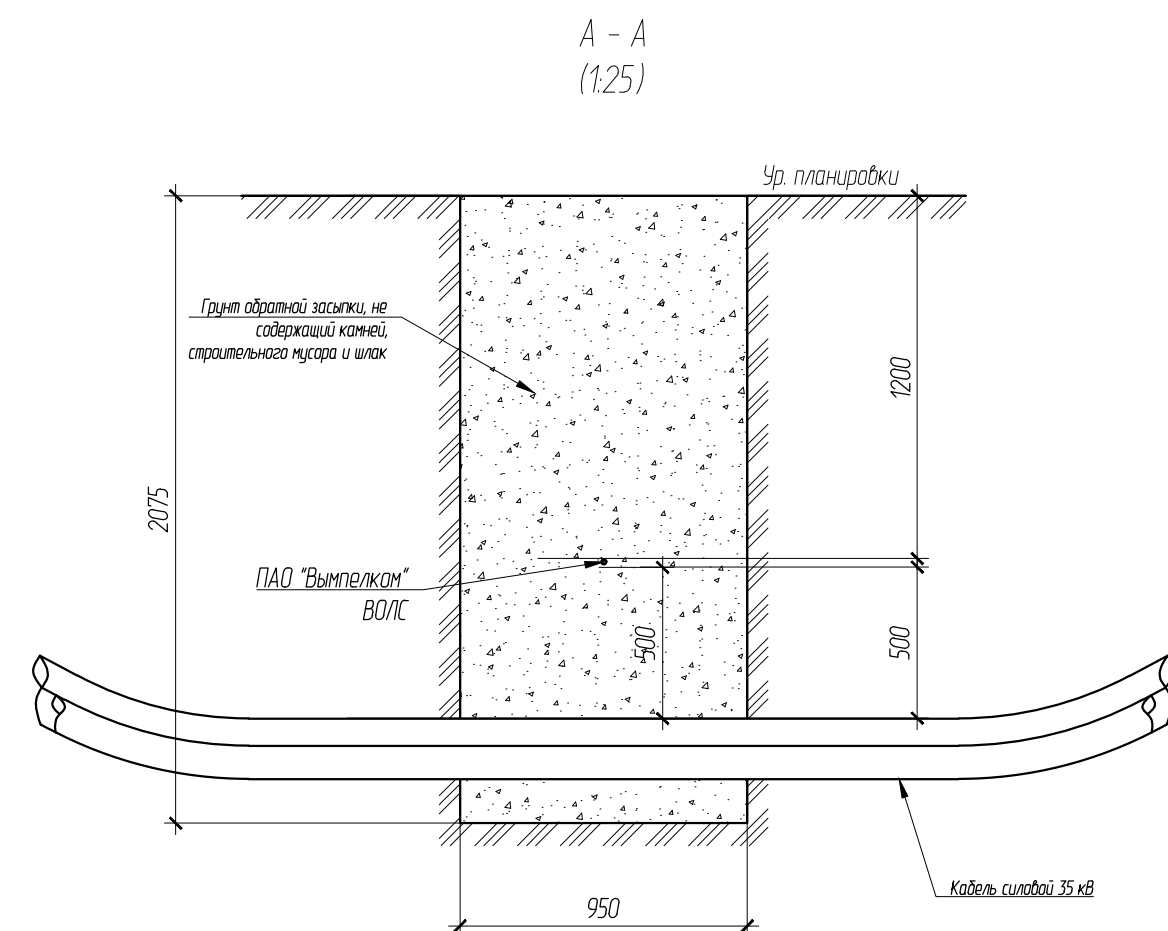
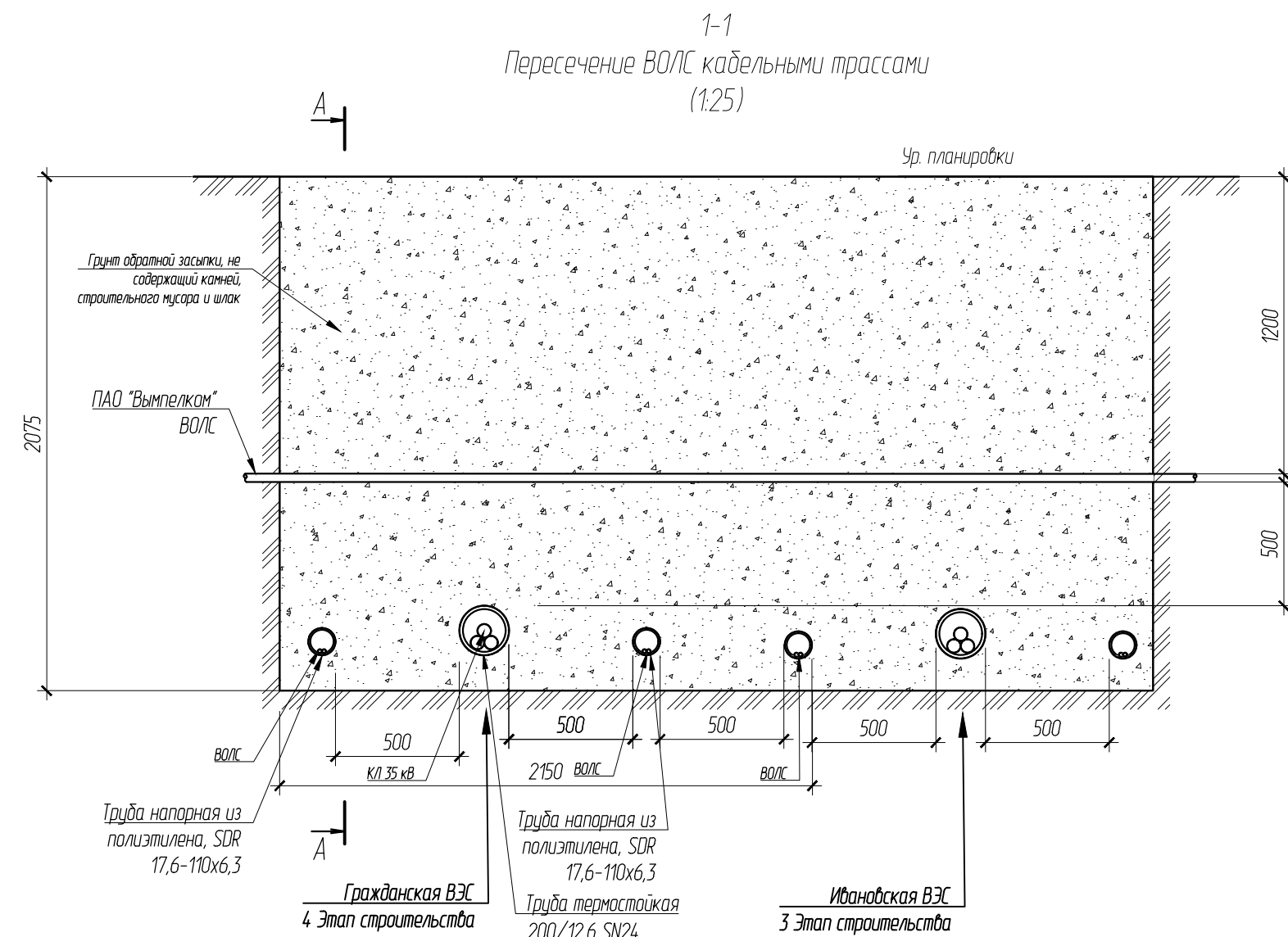
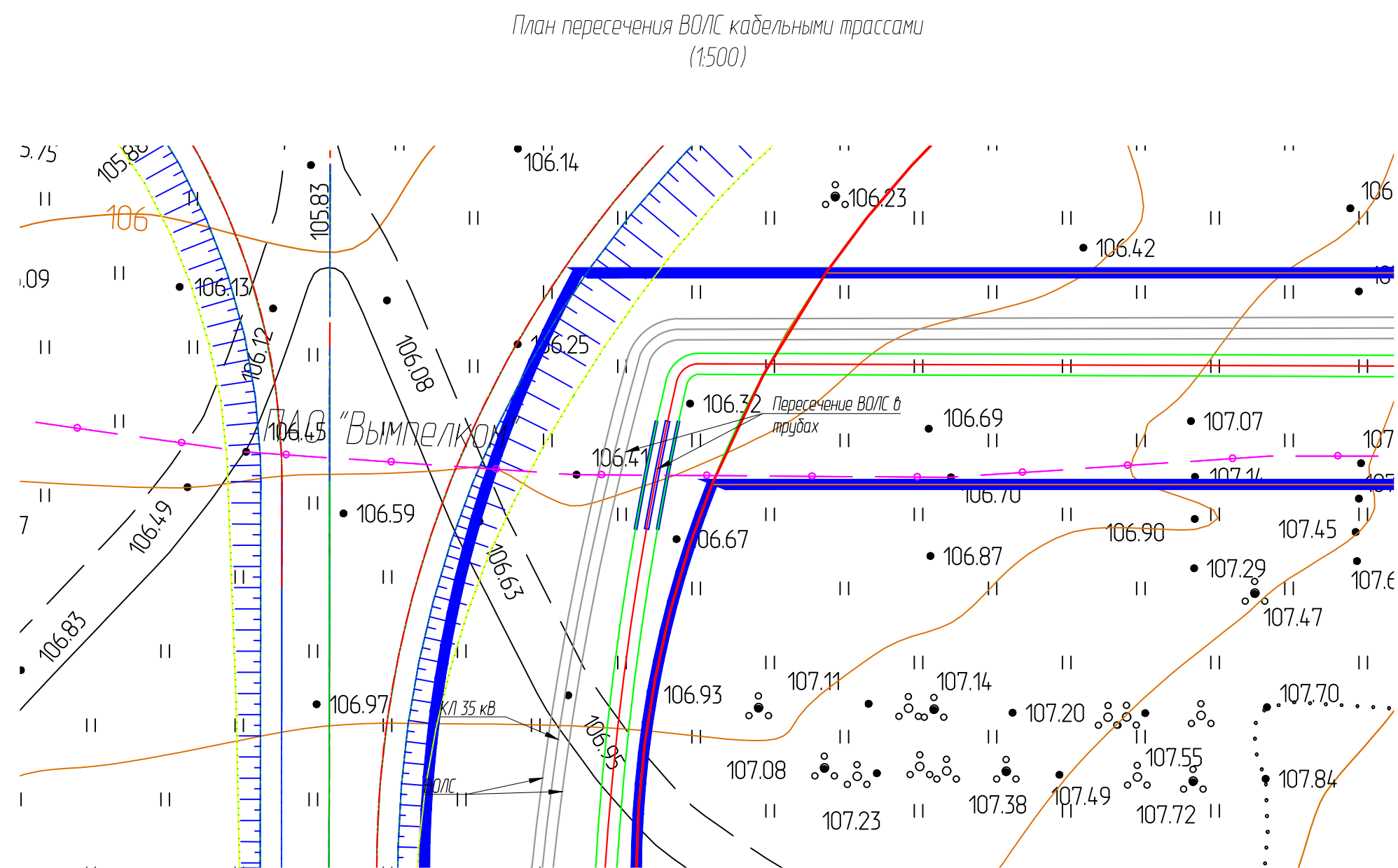
Примечания:  
1 Пересечение ВОЛС, нефтепровода и ВЛ-35 кВ кабельными линиями выполнено на основании ТУ №СНГ24/1-7292 от 04.12.2020 и ТУ №СНГ42-1-05-00059 от 15.01.2021;  
2 Границы закрытого перехода методом ГНБ, расположение котлованов, профиль закрытого перехода методом ГНБ, количество скважин и количество труб в каждой скважине, взаимное расположение труб, сечение скважин будут уточнены в Рабочей документации.

Прокладка кабелей	Уклон, а/оо; длина, м
	Отметка покрытия, м
	Отметка заложения труб, м (Верх трубы)
Участки по способу прокладки кабеля	





100	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	100
0,00	0,00	-2,25	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-2,25	0,00	0,00
Экскаватор										
Прокладка методом горизонтального напорного бурения (ГНБ) Направленное бурение скважин D=600 мм установкой ГНБ, с последующей протяжкой полиэтиленовых труб Труба ПЭ 80. SDR 13,6 - 110x8,1 - 4 шт, длина 4x90,89 = 363,56 м, 200x14,7 - 4 шт, 4x90,89 = 363,56м, техническая ГОСТ 18599-2001										
Экскаватор										

ВЭС000107.356.1.14-ТКР						
ООО "Четырнадцать Ветропарк ФРВ"						
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Гражданская ВЭС. Ветропарковая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги "Четвертый этап строительства"
Разработал	Егороб				19.02.21	
Проверил	Вершинин				19.02.21	
Нач. отд.	Вершинин				19.02.21	
Н. контр.	Пирогова				19.02.21	
Утв.						Пересечение инженерных коммуникаций методом ГНБ
ГИП	Бондарчук				19.02.21	
						ООО "ЕРСМ Сибури"





Примечания:  
1 Пересечение ВОЛС кабельными линиями выполнено на основании ТУ №119-20-03ТИ от 11.12.2020;  
2 Проектируемый эл. кабель /ВОЛС/ прокладывается в п/з труде длиной не менее 4 м под на расстоянии не менее 0,5 м ниже действующего кабеля связи;  
3 В месте пересечения ВОЛС кабельной линией установить кабельный столбик.

						ВЭС000107.356.1.14-ТКР			
						ООО "Четырнадцатый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Разработал		Егоров			19.02.21	Гражданская ВЭС. Ветропоя электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Четвертый этап строительства"	Стация	Лист	Листов
Проверил		Вершинин			19.02.21		П	1	
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21				
Н. контр.		Пирогова			19.02.21	Пересечение ВОЛС	ООО "ЕРСМ Сибдир"		
Утв.									
ГИП		Бондарчук			19.02.21				



ВНИМАНИЕ!

- 1 Кабельный журнал не является основанием для нарезки кабеля.
- 2 Кабели отрезаются по фактически промеренной трассе.

Согласовано		
Взам. инв. N		
Подл. и дата		
Инв. N подл.		

Условия прокладки кабеля:

На открытых площадках:

001 – Кабель в траншее в земле;

001-01 – Кабель в траншее в труде;

002 – Кабель по установленным конструкциям и лоткам (применять в ж/б лотках, по металлоконструкциям (полкам, опорам);



002-01 – с креплением на поворотах и в конце трассы;

002-02 – прокладка кабеля с креплением по всей длине;

003 – Кабели в проложенных трубах, блоках и коробах (при прокладке в гофре, труде, короб. Под коробом принимать замкнуты контур (мет.лоток с крышкой);

В помещениях (ОПУ, ЗРУ, РЩ, зданиях):

006 – Провода (кабель) по стальным конструкциям и панелям (применять при прокладке в каб.полузтаже с вводом в шкафы (панели)

						ВЭС000107.356.1.1.4-ТКР.КЖ					
						ООО "Четырнадцатый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". "Четвертый этап строительства"	Стадия	Лист	Листов		
Разработал		Егоров			19.02.21		П	1	4		
Проверил		Вершинин			19.02.21						
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21						
Н. контр.		Пирогова			19.02.21						
Утв.						Кабельный журнал КЛ-35 кВ	ООО "ЕРСМ Сибири"				
ГИП		Бондарчук			19.02.21						

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление		Способ прокладки				Длина кабеля,м		Приме- чание	24
	По проекту		Фактически						Шифр							
	Тип	Число жил, Сечение мм²	Тип	Число жил, сечение, мм²	По проекту	Факт.	Откуда	Куда	001	001-1	003	006	по проекту	факти- чески		
Кабель 35 кВ, Котовская ВЭС																
W1H12-A	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №12, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №01, ф.А	1120	40	30	20	1210			
W1H12-B	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №12, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №01, ф.В	1120.0	40.0	30.0	20.0	1210.0			
W1H12-C	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №12, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №01, ф.С	1120.0	40.0	30.0	20.0	1210.0			
W1H13-A	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №01, ф.А	880	40	30	20	970			
W1H13-B	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №01, ф.В	880.0	40.0	30.0	20.0	970.0			
W1H13-C	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №13, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №01, ф.С	880.0	40.0	30.0	20.0	970.0			
W1H14-A	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №01, ф.А	920	40	30	20	1010			
W1H14-B	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №01, ф.В	920.0	40.0	30.0	20.0	1010.0			
W1H14-C	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №14, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №01, ф.С	920.0	40.0	30.0	20.0	1010.0			
W1H15-A	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №01, ф.А	1150	40	30	20	1240			
W1H15-B	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №01, ф.В	1150.0	40.0	30.0	20.0	1240.0			
W1H15-C	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №15, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №01, ф.С	1150.0	40.0	30.0	20.0	1240.0			
W1H16-A	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №02, ф.А	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №5, ф.А	1070	40	30	20	1160			
W1H16-B	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №02, ф.В	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №5, ф.В	1070.0	40.0	30.0	20.0	1160.0			
W1H16-C	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №16, ячейка 35 кВ №02, ф.С	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №5, ф.С	1070.0	40.0	30.0	20.0	1160.0			
W1H17-A	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №17, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №01, ф.А	680	40	30	20	770			
W1H17-B	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №17, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №01, ф.В	680.0	40.0	30.0	20.0	770.0			
W1H17-C	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №17, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №01, ф.С	680.0	40.0	30.0	20.0	770.0			
W1H18-A	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №01, ф.А	2160	40	30	20	2250			
W1H18-B	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №01, ф.В	2160.0	40.0	30.0	20.0	2250.0			
W1H18-C	АПбПуз	1×95мм²/16-35			1		ВЗУ №18, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №01, ф.С	2160.0	40.0	30.0	20.0	2250.0			
W1H19-A	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №01, ф.А	770	40	30	20	860			
W1H19-B	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №01, ф.В	770.0	40.0	30.0	20.0	860.0			
W1H19-C	АПбПуз	1×150мм²/25-35			1		ВЗУ №19, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №01, ф.С	770.0	40.0	30.0	20.0	860.0			
W1H20-A	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №01, ф.А	900	40	30	20	990			
W1H20-B	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №01, ф.В	900.0	40.0	30.0	20.0	990.0			
									ВЭС000107.356.114-ТКР.КЖ						Лист	
															2	
									Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление		Способ прокладки				Длина кабеля,м		Приме- чание	25
	По проекту		Фактически						Шифр							
	Тип	Число жил, Сечение мм²	Тип	Число жил, сечение, мм²	По проекту	Факт.	Откуда	Куда	001	001-1	003	006	по проекту	факти- чески		
W1H20-C	АПбПуз	1×240мм²/25-35			1		ВЗУ №20, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №01, ф.С	900.0	40.0	30.0	20.0	990.0			
W1H21-A	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №02, ф.А	ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №01, ф.А	700	40	30	20	790			
W1H21-B	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №02, ф.В	ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №01, ф.В	700.0	40.0	30.0	20.0	790.0			
W1H21-C	АПбПуз	1×400мм²/35-35			1		ВЗУ №21, ячейка 35 кВ №02, ф.С	ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №01, ф.С	700.0	40.0	30.0	20.0	790.0			
W1H22-A	АПбПуз	1×500мм²/35-35			1		ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №02, ф.А	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №6, ф.А	900	40	30	20	990			
W1H22-B	АПбПуз	1×500мм²/35-35			1		ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №02, ф.В	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №6, ф.В	900.0	40.0	30.0	20.0	990.0			
W1H22-C	АПбПуз	1×500мм²/35-35			1		ВЗУ №22, ячейка 35 кВ №02, ф.С	МУ ВЭС, РП-35 кВ, ячейка 35 кВ №6, ф.С	900.0	40.0	30.0	20.0	990.0			
Свободная спецификация кабеля																
Тип	Число и сечение мм²	Число исп. жил	Количество отрезков	Способ прокладки					Длина кабеля,м		Примечание					
				Шифр												
				001	001-1	003	006		по проекту	фактическая						
АПбПуз	1×95мм²/16-35	1	12	14520	480	360	240		15600							
АПбПуз	1×150мм²/25-35	1	6	5070	240	180	120		5610							
АПбПуз	1×240мм²/25-35	1	6	6150	240	180	120		6690							
АПбПуз	1×400мм²/35-35	1	6	5310	240	180	120		5850							
АПбПуз	1×500мм²/35-35	1	3	2700	120	90	60		2970							
<div>Взам. инв. N</div> <div>Подл. и дата</div> <div>Инв. N подл.</div> <div>Примечания: 1 Длина прокладки кабеля в трубе по территории ПС дана ориентировочно. Уточняется в стадии Р; 2 Длина прокладки кабеля в трубе по территории МУ дана ориентировочно. Уточняется в стадии Р.</div>																
											ВЭС000107.356.114-ТКР.КЖ					Лист
																3
Изм.						Кол. уч.		Лист	№ док.		Подпись		Дата			

													26	
				Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечания		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
					1 Кабельно-проводниковая продукция 35 кВ									
				1.1	Кабель силовой с алюминиевой токопроводящей жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена, с герметизированным медным экраном	АПбПуэ 1х95/16-35			м	15600	1,393			
				1.2	Кабель силовой с алюминиевой токопроводящей жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена, с герметизированным медным экраном	АПбПуэ 1х150/25-35			м	5610	1,870			
				1.3	Кабель силовой с алюминиевой токопроводящей жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена, с герметизированным медным экраном	АПбПуэ 1х240/25-35			м	6690	2,213			
				1.4	Кабель силовой с алюминиевой токопроводящей жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена, с герметизированным медным экраном	АПбПуэ 1х300/35-35			м	5850	2,605			
				1.5	Кабель силовой с алюминиевой токопроводящей жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена, с герметизированным медным экраном	АПбПуэ 1х500/35-35			м	2970	3,328			
					2 Муфты для КЛ-35 кВ									
				2.1	Кабельный адаптер для внутреннего конуса для кабелей сечением от 400 мм² до 630 мм²	Seik 35 Gr.3			компл.	2		для РП-35 кВ МУ ВЭС		
				2.2	Кабельный адаптер внутренней установки для кабелей сечением от 70 мм² до 120 мм²	RSTI-7852-CEE01			компл.	8		для ВЗУ		
				2.3	Кабельный адаптер внутренней установки для кабелей сечением от 120 мм² до 240 мм²	RSTI-7853-CEE01			компл.	8		для ВЗУ		
				2.4	Кабельный адаптер внутренней установки для кабелей сечением от 240 мм² до 400 мм²	RSTI-7951-CEE01			компл.	3		для ВЗУ		
				2.5	Кабельный адаптер внутренней установки для кабелей сечением от 500 мм² до 630 мм²	RSTI-7952-CEE01			компл.	1		для ВЗУ		
				2.6	Муфта соединительная наружной/внутренней установки для кабелей сечением от 70 мм² до 120 мм²	POLJ-42/1х70-120			шт.	12				
				2.7	Муфта соединительная наружной/внутренней установки для кабелей сечением от 120 мм² до 240 мм²	POLJ-42/1х120-240			шт.	15				
				2.8	Муфта соединительная наружной/внутренней установки для кабелей сечением от 300 мм² до 400 мм²	POLJ-42/1х300-400			шт.	13				
				2.9	Муфта соединительная наружной/внутренней установки для кабелей сечением 500 мм²	POLJ-42/1х500			шт.	6				

[illegible]



**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



# СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU C-CH.AK01.H.03640/19

Срок действия с 18.06.2019

по 19.06.2022

№ **1288466**

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ** рег. № RA.RU.11AK01

Общества с ограниченной ответственностью "ФЛАЙ". Место нахождения: 302004, Россия, Орловская область, Орёл, ул. Курская 1-я, дом 67, пом. 3, фактический адрес: 302004, Россия, Орловская область, Орёл, ул. Курская 1-я, дом 67, пом. 3, телефон: +7 9851479100, электронная почта: osflay@mail.ru. Аттестат аккредитации № RA.RU.11AK01

## ПРОДУКЦИЯ

Устройства для коммутации или защиты электрических цепей или для подсоединений к электрическим цепям или в электрических цепях на напряжение более 1000 В: по приложению на бланке № 3128872-3128873. Серийный выпуск

код ОК 005 (ОКП):

27.12.10.190

## СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 13781.0-86 п.2.4, п.2.12, п.2.18, п.2.19, п.2.21, п.2.23, п.2.24, п.2.25, п.2.28

СТО00081866-001-2009 табл.10 п.2, п.3, п.4, п.5, п.11, табл.11 п.3, п.4

код ТН ВЭД России:

8535900009

## ИЗГОТОВИТЕЛЬ

"TE Connectivity Solutions GmbH ("TESOG")"

Место нахождения: Amperestrasse 3, 9323 Steinach, Switzerland, Швейцария

Филиалы завода-изготовителя см. приложение на бланке № 3128874, 3128875

## СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

Общество с ограниченной ответственностью "Тайко Электроникс РУС"

Место нахождения: 152616, Ярославская обл., г. Углич, Камышевское ш., 10-А, Российская Федерация, ОГРН

1077612002621, телефон: +7 495 790-79-02, адрес электронной почты: en-ru@te.com

## НА ОСНОВАНИИ

Протоколы испытаний № 34 от 21.05.2018 г., № 17 от 27.03.2018 г., № 965 от 17.01.2017 г., выданные ИЦ ОАО "ВНИИКТ" (аттестат аккредитации № RA.RU.22KB13);

Протокол испытаний № 017 – 098 - 2018 от 04.07.2018 г., выданный ИЦ ВА АО "НТЦ ФСК ЕЭС" (аттестат аккредитации № RA.RU.21MB06).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации: 3



Руководитель органа

М.П.

Эксперт

подпись

подпись

Зезин Сергей Николаевич

инициалы, фамилия

Семиткин Андрей Владимирович

инициалы, фамилия

**Сертификат не применяется при обязательной сертификации**



**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

№ **3128872**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

К сертификату соответствия № РОСС RU С-СН.АК01.Н.03640/19

**Перечень конкретной продукции, на которую распространяется  
действие сертификата соответствия**

код ОК 005 (ОКП) код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
27.12.10.190 8535900009	Концевые кабельные муфты, типы: CSTI; CSTO; EAKT; EMKT; EPKT; FCEV; GUST; IDST; IHVT; IXSU; MVTI; MVTO; OHVT; OXSU; PHVS; PHVT; PHVX; POLT; RWIT; RWOT; SMKT; SMOE; TFTI; TFTO; TRFK; KBтп; KHтп; ПКВТО; ПКНТО. Соединительные кабельные муфты, типы: CATJ; CSBJ; CSJA; CSJH; CSJR; CSJW; ECKJ; EHVM; EHVS; EMKJ; EPKB; EPKE; EPKJ; GUSJ; MXAW; MXSU; MXSW; POLJ; REPJ; RPKJ; SMKJ; SMOE; SXAW; SXST; SXSU; SXSW; TRAJ; ПСтО; СПтп; Стп; СтпР. Комплектующие к соединительным и концевым кабельным муфтам, типы: EPPA-036; EPPA-206; EPPA-076; S1052; S1061; S1085. Аппаратные зажимы для кабеля, шинодержатели, типы: 4 BUAT; 4 C; 4 RD; 4 RDL; 4 RF; 4 TB; 4 TCF; 4 TCFTGN; 4 TG; 4 TGN; 4 TT; 4 TTL; 4 TTN; 4 TZ; 5 AM; 5 CAE; 5 CAMALT; 5 CJ; 5 CS; 5 CT; 5 CTA; 5 CU; 5 MJ; 5 MT; 5 MU; 5 PD; 5 PDA; 5 PE; 5 PF; 5 TABP; 5 TABPC; 5 TAMALT; 5 TAPA; 5 TD; 5 TDJL; 5 TDL; 5 TDN ( $\alpha^\circ$ ); 5 TDZ ( $\alpha^\circ$ ); 5 TJ; 5 TJL; 5 TJN; 5 TJR; 5 TS; 5 TSD; 5 TTBA; 5 TTBAL; 5 TTBF; 5 TTBFLL; 5 TTPA; 5 TTPAL; 5 TTPD; 5 TTPDL; 5 TTPE; 5 TTPEL; 5 TTPF; 5 TTPH; 5 UATFR; BAH; CA; CD; CT; RD; STN; T 82 Термоусаживаемые кабельные уплотнители, типы: EPAF; LTEC; LTCP. Надувные уплотнители, типы: RDSS; RDSS-AD; RDSS-CLIP. Кабельные капы, типы:	ГОСТ 13781.0-86 п.2.4, п.2.12, п.2.18, п.2.19, п.2.21, п.2.23, п.2.24, п.2.25, п.2.28 СТО00081866-001-2009 табл.10 п.2, п.3, п.4, п.5, п.11, табл.11 п.3, п.4



Руководитель органа

Эксперт

подпись

подпись

Зезин Сергей Николаевич

инициалы, фамилия

Семиткин Андрей Владимирович

инициалы, фамилия



**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

№ **3128873**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

К сертификату соответствия № РОСС RU C-CH.AK01.H.03640/19

**Перечень конкретной продукции, на которую распространяется  
действие сертификата соответствия**

код ОК 005 (ОКП) код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
---------------------------------------	--	---

102L; EPKE.  
Термоусаживаемые юбки, тип:  
205W.  
Термоусаживаемые трубки, манжеты и  
"перчатки", типы:  
302K; 402R; 402W; 502K; 502R; 502S; 603W;  
BMTM; CNSM; CNTM; CRSM; EN-CGAT; EN-  
CGPT; EN-DCPT; FCSM; HVOT; MRSM;  
MWTM; MWTR; RFSM; WCSM; WCSR; ZBIT;  
ZCSM.  
Трубки, перчатки и ленты холодной усадки,  
типы:  
CRPS; CSTBO; CSTPH; RVS.  
Адаптеры, типы:  
COOP-DPD250; RCAB; RICS; RPIT; RSES;  
RSSS; RSTi; RSTP; RSTF.  
Шкафы заземления и транспозиции экранов  
кабеля, кабельные хомуты типы:  
CC; CCD; CCT; CRO; EPPA-055; HVLB-C-S;  
HVCA-CABCLAMP-; HVLB-COAX-CRO;  
HVLB-E-S; HVLB-GND; HVLB-SICO-; HVLB-  
SICO-GND; HVLB-SICO-SVL.  
Распределительный щит для подключения  
кабеля, тип:  
MVJB-  
Система усиления изоляции, типы:  
AFD; BBIT; BCAC; BCIC; BISG; BMOD;  
BPTM; HVBC; HVBS; HVBT; HVCE; HVCE-  
WA; HVIS; MVCC; MVFT; MVLC; OLIC; OLIT;  
RRBB; RRGs; SMOE; ЗЩГ.  
Соединители, зажимы и наконечники для  
кабелей, типы:  
4 RAL; 4 RE; B-106; BAH; BLMC; BLMT;  
BSLB; BSM; BSMB; BSMV; BSMU; BSSU; CE  
82; D406; EPPA; EXRM; GURO-MC; HEL;  
HVBRM; HMB; CMB



Руководитель органа

Эксперт

подпись

подпись

Зезин Сергей Николаевич  
инициалы, фамилия

Семиткин Андрей Владимирович  
инициалы, фамилия



№ 3128874

## ПРИЛОЖЕНИЕ

К сертификату соответствия № РОСС RU C-CH.AK01.H.03640/19

Перечень конкретной продукции, на которую распространяется  
действие сертификата соответствия

код ОК 005 (ОКП) код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
---------------------------------------	--	---

- 1) "Tyco Electronics Polska Sp. z o.o.", ul. Kablowa 1, 70-895 Szczecin Zalom, Польша;
- 2) "Tyco Electronics UK LTD", Freebournes Road, Witham, CM8 3АН, Соединенное Королевство;
- 3) "Tyco Electronics Raychem GmbH", Finsinger Feld 1, 85521, Ottobrunn, Германия;
- 4) "Tyco Electronics (Kunshan) Co., Ltd", No. 178, Yangguang Road (M), Zhangpu Town, Kunshan City, Jiangsu Province 215321, KHP;
- 5) "TE Connectivity Morocco SARL", I LOT 60, zone Franche Tangier, 90000 Tangier, Марокко;
- 6) "Raychem RPG PVT. Ltd", Village Kanjiari, Taluka Halol, Near Halol GIDC, District Panchmahal, Gujarat 389350, Индия;
- 7) "TE Connectivity Corporation", Blvd Industrial Norte #23 Blvd, Parque Industrial Hermosillo Norte, CP Hermosillo, Sonora, 83118 Мексика;
- 8) "TE Hungary, Ltd", AMP ut. 2 sz, 2500, Esztergom, Венгрия;
- 9) "Tyco Electronics Logistics AG", Werk Axicom Wohlen, CH-5610 Wohlen, Швейцария;
- 10) "Iskra Mehanizmi, d.o.o.", Lipnica 8, 4245 Крора, Словения;
- 11) "TE Connectivity Corporation", 8000 Purfoy Road, Fuquay-Varina, North Carolina, 27526, Соединенные Штаты;
- 12) "Tyco Electronics Simel SAS", 1 rue Paul Martin, FR-21220, Gevrey Chambertin, Франция;
- 13) "Тайко Электроникс РУС, ООО", 152616, Ярославская область, Углич, Камышевское шоссе, 10 А, Российская Федерация;
- 14) "Metal Product d.o.o.", Dacka 70, 10020,



Руководитель органа

подпись

Эксперт

подпись

Зезин Сергей Николаевич  
инициалы, фамилия

Семиткин Андрей Владимирович  
инициалы, фамилия



**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

№ **3128875**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

К сертификату соответствия № РОСС RU C-CH.AK01.H.03640/19

**Перечень конкретной продукции, на которую распространяется  
действие сертификата соответствия**

код ОК 005 (ОКП) код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
---------------------------------------	--	---

Zagreb-Odra, Хорватия;  
15) "Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o.",  
Komenského 821, 541 01 Trutnov, Чешская  
Республика;  
16) "Tyco Electronics Japan, G.K.", Takatsu-  
ku, Kawasaki-shi, Kanagawa-ken 213-8535,  
Япония;  
17) "Tyco Electronics Austria GmbH",  
Schrackstrasse 1, A-3830 Waidhofen, Thaya,  
Австрия;  
18) "Tyco Electronics Belgium EC bvba",  
Siemenslaan 14, 8020 Oostkamp, Бельгия;  
19) "Tyco Electronics Raychem Ireland Ltd.",  
Bay 105 Shannon Industrial Estate, Shannon,  
Co. Clare, Ирландия;  
20) "TE Connectivity Nederland B.V. ",  
Rietveldenweg 32, 5222 AR 's-Hertogenbosch,  
Нидерланды



Руководитель органа

Эксперт

подпись

подпись

Зезин Сергей Николаевич  
инициалы, фамилия

Семиткин Андрей Владимирович  
инициалы, фамилия



# СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

## ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



# СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС DE.HB27.H00755

Срок действия с 23.09.2020

по 22.09.2023

№ 0563448

### ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ пер. № RA.RU.11HB27

продукции Общества с ограниченной ответственностью "АбсолютСертПлюс". Место нахождения: 198095, РОССИЯ, ГОРОД САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, УЛИЦА МАРШАЛА ГОВОРОВА, ДОМ 49, ЛИТЕРА А, ОФИС 604.1, фактический адрес: 198095, РОССИЯ, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, дом 49 литер А, помещение 604.1, телефон: +79161840048, электронная почта: absolut.cert.plus@gmail.com. Аттестат аккредитации № RA.RU.11HB27, выдан 17.06.2019 года

### ПРОДУКЦИЯ

Арматура кабельная для высоковольтных сетей: Муфты кабельные и арматура, торговая марка "SÜDKABEL" модели по приложению № 1 на бланке № 0120226.  
Серийный выпуск

код ОК  
27.33.13.130

### СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД  
8544190009

### ИЗГОТОВИТЕЛЬ

"Südkabel GmbH". Место нахождения и адрес места осуществления деятельности: Rhenaniastraße 12-30 68199 Mannheim, Германия

### СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

Общество с ограниченной ответственностью "К-Электротехник". Место нахождения: Российская Федерация, Омская область, 644050, город Омск, улица 2-Я Поселковая, дом 53В, 25, телефон: +73812332506, электронная почта: info@elektrotechnik.ru

### НА ОСНОВАНИИ

Протокола испытаний № OUMZF-XF от 23.09.2020 года, выданного Испытательной Лабораторией «ПродЛаб» (ИЛ «ПродЛаб») Общества с ограниченной ответственностью «СОФАРТ», аттестат аккредитации РОСС RU.32093.04КСЕО-003

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации: 3с



Руководитель органа

Эксперт

*Смольяникова*  
подпись  
*Азарян*  
подпись

Смольяникова Оксана Сергеевна

инициалы, фамилия

Азарян Армен Альбертович

инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации



**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

№ **0120226**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

К сертификату соответствия № РОСС DE.HB27.H00755

**Перечень конкретной продукции, на которую распространяется  
действие сертификата соответствия**

код ОК	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
код ТН ВЭД		
27.33.13.130	Арматура кабельная для высоковольтных сетей: Муфты кабельные и арматура, торговая марка "SÜDKABEL": - муфты соединительные, тип SEHDV(CB), класс напряжения до 550 кВ - муфты концевые силиконовые для наружной установки, тип EHFVC, класс напряжения до 550 кВ - муфты концевые силиконовые сухие для наружной установки, тип EHFS, класс напряжения до 550 кВ - муфты концевые газозаполненные для наружной установки, тип EHFVCS, класс напряжения до 550 кВ - муфты концевые фарфоровые для наружной установки, тип EHFV, класс напряжения до 550 кВ - муфты концевые штекерные для распределительных устройств, тип EHSV(S), EHSDV, класс напряжения до 550 кВ, тип A, B, C, D, E, F - муфты концевые штекерные для трансформаторов, тип EHTV(S), класс напряжения до 550 кВ, тип A, B, D - адаптеры кабельные экранированные, тип SEW, SEHDG, SEHDW, SET, SEHDK, SEHDT, SAT, класс напряжения до 42 кВ - ограничители перенапряжения, тип MUT, класс напряжения до 36 кВ - муфты концевые штекерные для распределительных устройств, тип SEIK, класс напряжения до 52 кВ - муфты концевые натяжные, тип SEI, SEHDI, SEF, SEHDF, класс напряжения до 36 кВ - муфты концевые на постоянное напряжение 111 кВ, тип SEHDL - муфты соединительные и переходные, тип SEV, SEVü, AM/ SEVü, класс напряжения до 36 кВ.	
8544190009		



Руководитель органа

Эксперт

*Смольникова*  
подпись  
*Азарян*  
подпись

Смольникова Оксана Сергеевна

инициалы, фамилия

Азарян Армен Альбертович

инициалы, фамилия





## **ИНСТРУКЦИЯ**

По прокладке и эксплуатации силовых кабелей на напряжение 6 - 35 кВ  
с изоляцией из сшитого полиэтилена

ИМ СК-20 -10

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Назначение инструкции.....	3
2	Указания мер безопасности .....	3
3	Общие указания по прокладке .....	3
4	Общие сведения по кабелям.....	4
5	Условия прокладки.....	4
6	Способы прокладки кабелей.....	8
7	Приемка трассы.....	11
8	Подготовительные работы.....	11
9	Прокладка кабелей.....	12
10	Раскатка кабелей.....	14
11	Прокладка кабелей в трубах и блоках.....	15
12	Прокладка кабелей при низких температурах.....	15
13	Прокладка кабелей в вечномёрзлых грунтах.....	16
14	Рекомендации по эксплуатации кабелей.....	16
15	Обходы и осмотры кабельных линий.....	18
16	Испытание кабельной линии.....	19
	Приложение А- Перечень оборудования и материалов для прокладки одной строительной длины кабеля.....	21
	Приложение Б- Технология ремонта оболочки кабеля.....	23
	Приложение В- Перечень веществ, вредно действующих на оболочку...	25
	Приложение Г- Рекомендации по выбору кабелей на напряжение (6-35) кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена и арматуры к ним.....	27
	Приложение Д- Форма журнала результатов обхода и осмотра кабельных линий.....	44

## **1 Назначение инструкции**

1.1 Настоящая инструкция распространяется на технологический процесс прокладки и дает рекомендации по эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение (6-35) кВ ТУ 16.К71-359-2005, ТУ 16.К71-335-2004, ТУ 16.К180-014-2009, ТУ 16.К180-016-2009, ТУ 3530-397-00217053-2009.

1.2 Требования настоящей инструкции должны быть учтены при составлении проектов по сооружению кабельных линий на напряжение (6-35) кВ.

## **2 Указания мер безопасности**

2.1 При выполнении работ по прокладке кабельных линий следует соблюдать правила техники безопасности согласно следующих документов:

Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах (М.; Минмонтажспецстрой СССР, 1990 г.);

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ - 16 - 2СС1;

СНиП III - 4 - 80 Техника безопасности в строительстве (с изменениями и дополнениями);

Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;

Правила безопасности при работе с инструментом и принадлежностями (М, Энергоатомиздат, 1988 г.).

2.2 Эксплуатация кабельных линий должна осуществляться с соблюдением действующих правил эксплуатации электроустановок.

## **3 Общие указания по прокладке**

3.1 Приведенная в инструкции технология распространяется на условия и способы прокладки кабелей в земле (траншее), в кабельных сооружениях, трубах, тоннелях и каналах. На подводную прокладку данная технология не распространяется (условия и способы подводной прокладки кабелей определяются при проектировании кабельных линий с учетом конкретных условий прокладки).

3.2 Прокладку кабелей разрешается выполнять при наличии проекта производства работ (ППР).

3.3 Прокладка кабелей должна выполняться специализированной монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, приспособления, инструмент, материалы (приложение А) и квалифицированных специалистов.

3.4 Все операции по прокладке указаны для одной строительной длины кабеля или для трех кабелей в связке.

3.5 Прокладку и монтаж кабелей необходимо осуществлять по документации, утвержденной в установленном порядке, разработанной с учетом требований действующих «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) и СНиП 3.05.06 – 85 «Электротехнические устройства».

## **4 Общие сведения по кабелям**

4.1 Марки кабелей, наименования и основные области применения кабелей приведены в таблице 1 приложения Г.

4.2 Кабели предназначены для прокладки на трассах без ограничения разности уровней.

4.3 Строительная длина кабелей должна быть согласована при заказе.

4.4 Транспортирование и хранение кабелей должно соответствовать требованиям ГОСТ 18690. Для транспортирования и хранения кабели должны быть намотаны на барабаны рядами без ослабления и перепутывания витков. При выборе размеров (номеров барабанов) необходимо соблюдать минимально допустимый радиус изгиба кабеля.

4.5 Хранение барабанов с кабелями может осуществляться на открытых, специально оборудованных площадках, в закрытых помещениях и под навесом. Срок хранения кабелей на открытых площадках - не более 2 лет, под навесом - не более 5 лет, в закрытых помещениях - не более 10 лет. Кабели должны храниться в потребительской таре предприятия-изготовителя. Концы кабеля при хранении должны быть защищены от попадания влаги.

4.6 Упаковка кабелей должна соответствовать ГОСТ 18690. Кабели должны поставляться на деревянных или металлических барабанах. Барабан с кабелем должен иметь полную или частичную обшивку. Ярлык и сопроводительная документация должны быть помещены в водонепроницаемую упаковку и прикреплены к щеке барабана.

4.7 Маркировка кабелей, должна соответствовать требованиям ГОСТ 18690 и ТУ на кабель. На оболочке кабеля с интервалом не более 1000 мм должны быть нанесены марка кабеля, наименование предприятия-изготовителя, год выпуска кабеля. Допускается в содержании маркировки указывать дополнительную информацию, например число и сечение жил, номинальное напряжение и длину.

## **5 Условия прокладки**

5.1 К началу работ по прокладке кабелей должны быть полностью закончены строительные работы по сооружению туннелей, каналов, эстакад, колодцев, включая установку закладных частей для крепления кабельных конструкций, выполнены отделочные работы, смонтировано электроосвещение, вентиляция, а также системы пожаротушения и водоудаления. Траншеи и блоки для прокладки кабелей к началу работ должны быть полностью подготовлены в соответствии с требованиями СНиП 3.05.06 - 85.

5.2 Кабельные металлические конструкции должны быть заземлены в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) и СНиП 3.05.06 – 85 «Электротехнические устройства».

5.3 Кабели всех марок с наружной оболочкой из полиэтилена могут



быть проложены без предварительного нагрева при температуре не ниже минус 20 °С, марок (А)ПвВ, (А)ПвВнг(А)-LS, (А)ПвБВ, (А)ПвБВнг(А)-LS, (А)ПвВнг(В)-LS, (А)ПвБВнг(В)-LS, (А)ПвПнг(А)-НФ, (А)ПвБПнг(А)-НФ, (А)ПвПнг(В)-НФ, (А)ПвБПнг(В)-НФ - не ниже минус 15 °С. При более низкой температуре (до минус 40 °С) прокладка должна осуществляться только после прогрева кабеля. При температуре ниже - 40 °С прокладка кабелей не разрешается.

5.4 Условия прокладки кабелей приведены в таблице 1 приложения Г.

5.5 Кабели марок ПвВнг(А)-LS, ПвБВнг(А)-LS могут быть использованы для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа; кабели марок АПвВнг(А)-LS, АПвБВнг(А)-LS- во взрывоопасных зонах классов В-Iб, D-Iг, В-II, В-IIа.

5.6 Тяжение кабелей во время прокладки должно производиться при помощи проволочного кабельного чулка, закрепляемого на оболочке или за токопроводящую жилу при помощи клинового захвата.

5.7 Допустимые усилия тяжения кабелей по трассе прокладки должны быть не более рассчитанных по формуле 1:

$$F=S*\sigma, \quad (1)$$

где F- допустимое усилие тяжения, Н;

S- суммарное сечение жил кабеля, мм<sup>2</sup>;

$\sigma$  - допустимая напряженность, равная 50 Н/мм<sup>2</sup> (5 кГс/мм<sup>2</sup>) - для кабелей с медной жилой, 30 Н/мм<sup>2</sup> (3 кГс/мм<sup>2</sup>) - для кабелей с алюминиевой жилой.

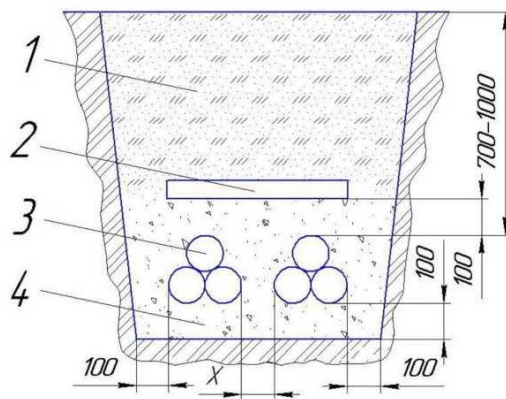
5.8 Условия тяжения кабелей при прокладке должны быть рассчитаны при проектировании кабельной линии и учтены при заказе строительных длин кабелей.

5.9 Минимальный радиус изгиба кабелей при прокладке и монтаже должен быть не менее 15 D<sub>h</sub> для одножильных кабелей и 12 D<sub>h</sub> для трехжильных кабелей, где D<sub>h</sub> - наружный диаметр кабеля. Число изгибов кабеля под углом до 90° на трассах прокладки должно быть не более 8 на строительную длину кабеля. При монтаже одножильных кабелей с использованием специального шаблона допускается минимальный радиус изгиба кабеля 7,5 D<sub>h</sub>.

5.10 Кабели следует укладывать с запасом по длине, достаточным для компенсации температурных деформаций кабелей и конструкций, а также возможных смещений почвы. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается.

5.11 При прокладке кабельных линий в земле кабели прокладываются в траншеях и должны иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку из песчано-гравийной смеси или мелкого грунта, не содержащего камней, строительного мусора и шлака. Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений железобетонными плитами, кирпичами или пластмассовыми сигнальными лентами.

Трасса кабельной линии, глубина заложения кабелей, расстояние между отдельными линиями определяется при проектировании в соответствии с ПУЭ. Пример расположения кабелей в траншее показан на рисунке 1.



- 1-засыпной грунт;
  - 2 - железобетонная плита;
  - 3 - кабели 6 - 35 кВ;
  - 4- песчано - гравийная смесь или мелкий грунт.
- (Для кабелей 6 - 10 кВ расстояние  $X > 100$  мм;  
для 20 -35 кВ  $X > 250$  мм)

Рис 1. Прокладка кабелей 6 - 35 кВ в траншее, расстояние между кабельными линиями при параллельной прокладке в земле.

5.12 При прокладке кабельной линии кабели трех фаз должны прокладываться параллельно и располагаться треугольником или в одной плоскости.

5.13 При расположении треугольником кабели должны скрепляться вместе в треугольник в местах, расположенных по длине кабельной линии с шагом от 1 до 1,5 м (на изгибах трассы на расстоянии не более чем 0,5 и с обеих сторон от изгиба). При выборе шага скрепления кабелей, прокладываемых в земле, следует учитывать, что скрепленные в треугольник кабели не должны менять своего положения при засыпке их грунтом. Скрепление с указанным выше шагом должно быть по всей кабельной линии, за исключением участков около соединительных и концевых муфт. Скрепление кабелей трех фаз в треугольник должно осуществляться лентами, стяжками, хомутами или скобами. Шаг скрепления, тип, конструкция и материал креплений определяется при проектировании кабельной линии. Для скрепления кабелей трех фаз одной кабельной линии в треугольник возможно использование хомутов или скоб из магнитных материалов (например, стали) с обязательным использованием эластичных прокладок для защиты оболочки кабеля.

5.14 Кабели в однофазном исполнении (не связанные в треугольник) должны прокладываться так, чтобы вокруг каждого из них не было замкнутых металлических контуров из магнитных материалов. В связи с этим запрещается использование магнитных материалов для бандажей, крепежных или иных изделий (скоб, хомутов, манжет, экранов), охватывающих кабель по замкнутому контуру. Запрещается прокладывать отдельные кабели внутри труб из магнитных материалов (например, стальных или чугунных). Бирки на кабель рекомендуется крепить капроновыми, пластмассовыми нитями или проволоками из немагнитных металлов (например из меди).

5.15 При параллельной прокладке кабелей в плоскости (в земле и на воздухе) расстояние по горизонтали в свету между кабелями отдельной кабельной линии должно быть равным величине наружного диаметра прокладываемого кабеля.

5.16 При прокладке нескольких кабелей в траншее концы кабелей, предназначенные для последующего монтажа соединительных муфт, следует располагать со сдвигом мест соединений на соседних кабелях не менее чем на 2 м. При этом должен быть оставлен запас кабеля длиной, необходимой для монтажа муфты, а также укладки дуги компенсатора (длиной на каждом конце не менее 350 мм для кабелей напряжения до 15 кВ и не менее 400 мм для кабелей напряжением 20 и 35 кВ. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается. В стесненных условиях при больших количествах кабелей допускается располагать компенсаторы в вертикальной плоскости ниже уровня прокладки кабелей. Муфта при этом остается на уровне прокладки кабелей.

5.17 Для монтажа соединительных муфт на трассе кабельной линии должны быть подготовлены котлованы, соосные с траншеей, шириной не менее 1,5 м для кабелей (6-15) кВ и 1,7 м для кабелей (20-35) кВ (для одноцепных линий). Глубина котлована определяется глубиной залегания кабеля в траншее, длина - количеством и расположением муфт (для монтажа трех муфт в разбежку требуется не менее 5 м для кабелей (6-15) кВ и 7 м для кабелей (20-35) кВ. Для моноцепных линий размеры котлованов определяются при проектировании с учетом конкретных условий.

5.18 Траншеи и кабельные сооружения перед прокладкой кабеля должны быть осмотрены для выявления мест на трассе, содержащих вещества или мусор, разрушительно действующие на оболочку кабеля, в том числе:

- для кабелей с полиэтиленовой оболочкой - места загрязненные нефтяными маслами с высоким содержанием ароматических углеводородов (в том числе, кабельными, трансформаторными) или другими веществами, приведенными в приложении В;
- насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор;
- участки, расположенные ближе 2 м от выгребных и мусорных ям.

При невозможности обхода этих мест (при прокладке в траншее) кабель должен быть проложен в чистом нейтральном грунте в безнапорных асбоцементных трубах, покрытых битумным составом или пластмассовых трубах с герметичными стыками. При засыпке кабеля нейтральным грунтом траншея должна быть дополнительно расширена с обеих сторон на (0,5-0,6) м и углублена на (0,3-0,4) м.

5.19 При прокладке кабелей на открытом воздухе необходимо предусмотреть дополнительные меры защиты от прямых солнечных лучей.

## 6 Способы прокладки кабелей

6.1 Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена могут прокладываться в земле (траншее), в кабельных помещениях (туннели, галереи, эстакады), в блоках (трубах), в производственных помещениях (в кабельных каналах, по стенам). Способ прокладки кабелей выбирается на стадии проектирования кабельной линии.

При этом необходимо руководствоваться следующим:

6.1.1 При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести кабелей. При большом количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях.

6.1.2 Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и галереям рекомендуется при количестве кабелей, идущих в одном направлении более двадцати.

6.1.3 Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т. п.

6.2 Кабели при прокладке в земле (в траншеях) должны быть защищены на всем протяжении трассы от механических повреждений бетонными плитами, кирпичами, или сигнальной полимерной лентой, положенной над кабелями на высоте 250 мм;

6.3 Одножильные кабели могут быть проложены в пластмассовых или керамических трубах. Прокладка одножильного кабеля в стальной трубе не допускается;

6.4 Одножильные кабели, прокладываемые на воздухе, располагают в одной плоскости с зазором равным одному диаметру кабеля, или вплотную, или треугольником вплотную. При прокладке в земле одножильные кабели располагают или треугольником вплотную, или в одной плоскости с зазором, равным одному наружному диаметру кабелю;

6.5 Для защиты кабелей при пересечении дорог, инженерных сооружений и естественных препятствий, а также для изготовления кабельных блоков должны применяться трубы (асбоцементные, керамические, пластмассовые или из иного немагнитного материала). Допускается при прокладке трех фаз одной цепи в одну трубу использование труб из магнитных материалов.

6.6 Внутренний диаметр трубы при прокладке одного кабеля должен быть не менее  $1,5 D_h$ , но не менее 50 мм при длине труб до 5 м и 100 мм при большей длине труб. Внутренний диаметр трубы при прокладке трех кабелей треугольником должен быть не менее  $3D_h$ , но не менее 150 мм.

6.7 При прокладке кабелей с ПЭ оболочкой на воздухе в кабельных сооружениях и производственных помещениях проектом должно быть предусмотрено нанесение огнезащитных покрытий на оболочку.

6.8 Кабели в кабельных сооружениях рекомендуется прокладывать це-

лыми строительными длинами, избегая применения соединительных муфт.

6.9 Соединительные муфты кабелей, прокладываемых в блоках, должны быть расположены в колодцах.

6.10 На трассе, состоящей из проходного туннеля, переходящего в полупроходной туннель или непроходной канал, соединительные муфты должны быть расположены в проходном туннеле.

6.11 Перед прокладкой в туннеле (галерее) должны быть установлены конструкции для крепления кабелей и каркасы противопожарных перегородок. Сварка в туннеле (галерее) после прокладки кабелей запрещена.

6.12 Крепление кабелей должно быть выполнено таким образом, чтобы не допускать деформации кабелей под действием собственного веса, а также в результате механических напряжений, возникающих при циклах «нагрев-охлаждение» и при электромагнитных взаимодействиях при коротких замыканиях.

6.13 Варианты креплений кабелей на металлоконструкциях с помощью хомутов (скоб) показаны на рисунке 2.

6.14 Проходы кабелей через стены, перегородки и перекрытия должны осуществляться через отрезки труб (асбоцементных, пластмассовых и т.д.).

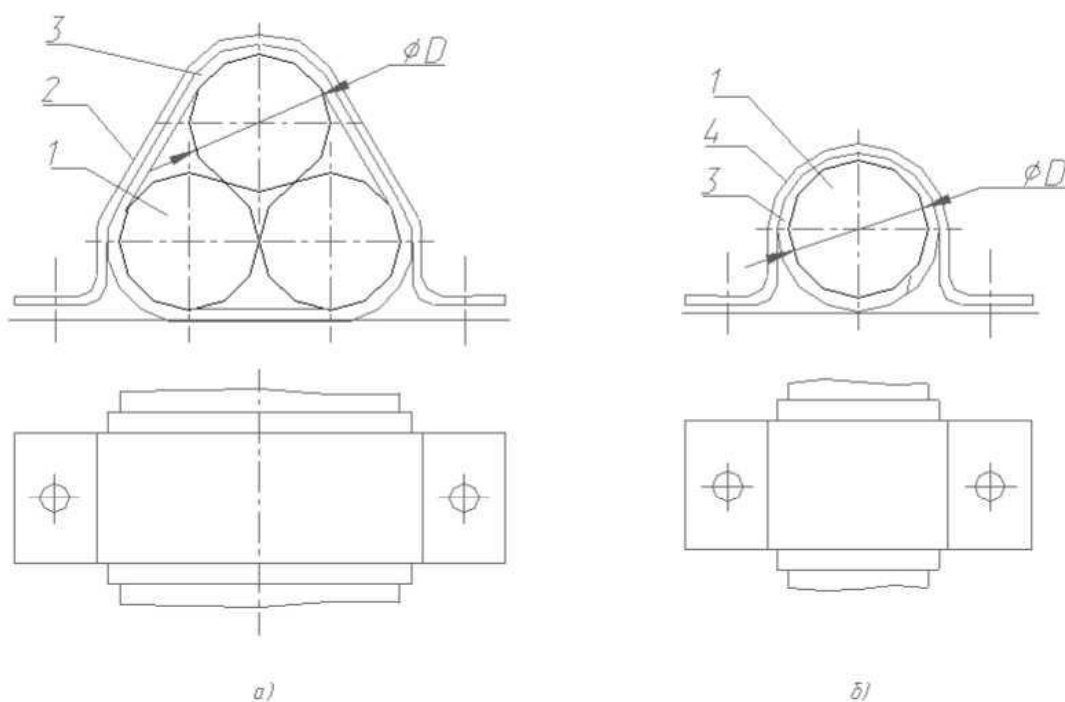


Рис.2 Варианты крепления кабелей на металлоконструкциях.  
1 -кабели, 2 -металлический хомут (скоба), 3 -прокладка из эластичного материала,  
4 -металлический хомут (скоба) из немагнитного материала

Вариант крепления кабеля с помощью клиц показаны на рисунках 3 и 4.

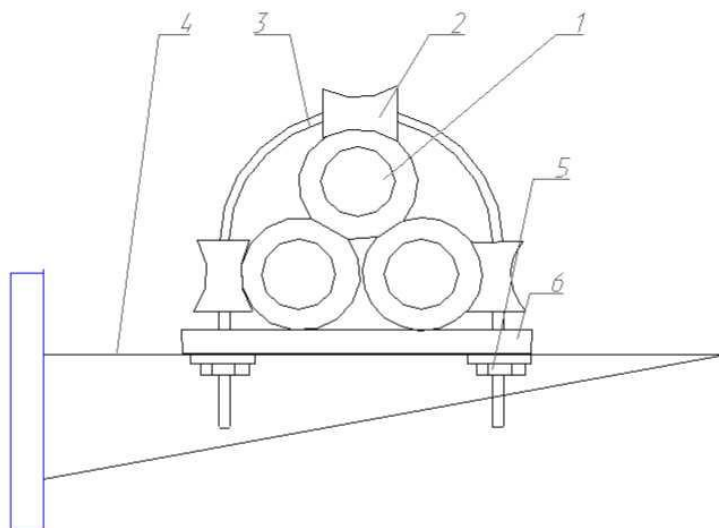


Рис. 4 Вариант крепления кабеля с помощью клиц (треугольник).  
1 - кабель; 2 - клица; 3 - оцинкованная скоба;  
4 - кабельная полка; 5 - гайка; 6 - пластина

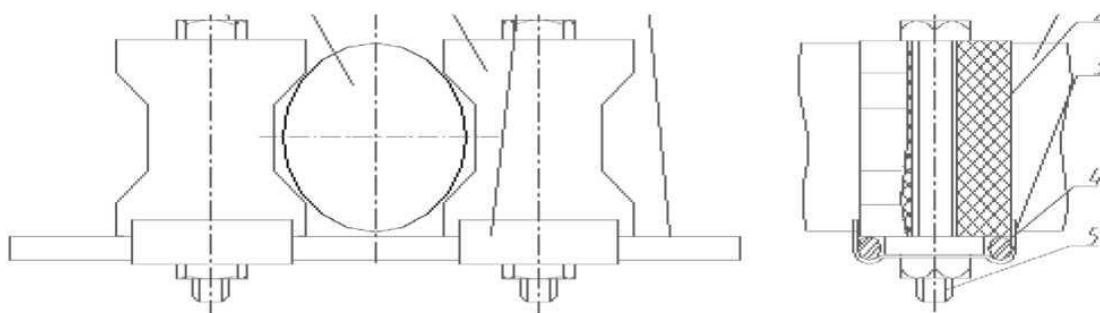


Рис. 3 Вариант крепления кабеля с помощью клиц.  
1 - кабель; 2 - клица; 3 - крепежная арматура;  
4 - несущая арматура; 5 - долтовое соединение

## **7 Приемка трассы**

7.1 Перед началом прокладки кабелей трасса кабельной линии должна быть принята от строителей по акту. Допускается приемку трассы производить участками от муфты до муфты.

7.2 Приемку трассы должны производить представители заказчика, монтажной организации и шефмонтажной организации.

7.3 При приемке трассы необходимо обратить особое внимание на соответствие ее проектной документации требованиям ПУЭ, СНиП и данной инструкции.

7.4 До прокладки кабелей должны быть выполнены следующие работы:

- установлены опорные стойки для концевых муфт;
- выполнены пересечения с другими коммуникациями;
- подготовлены проходы для вводов кабелей в здания и сооружения через фундаменты, стены, и в них вставлены трубы;
- в кабельных сооружениях смонтированы опорные конструкции согласно проекту;
- из траншей откачана вода, удалены камни, прочие посторонние предметы и строительный мусор, спланировано дно траншей;
- сделана подсыпка на дне траншеи или в лотках толщиной 100 мм из песчано-гравийной смеси или разрыхленным грунтом, не содержащим камней, строительного мусора, шлака и т. п.
- заготовлена вдоль трассы песчано- гравийная смесь (песок с размерами зерен не более 2 мм и гравий с размерами частиц от 5 до 15 мм в соотношении 1:1) или просеянный грунт для присыпки кабеля после прокладки;
- заготовлены железобетонные плиты, кирпичи или сигнальные ленты для перекрытия кабелей, предусмотренные проектом;
- подготовлены котлованы для монтажа соединительных муфт, из них удалена вода;
- проходимость блочных труб должна быть проверена специальными калибрами.

## **8 Подготовительные работы**

8.1 Вывозить барабаны на трассу рекомендуется не более чем за один день до прокладки, чтобы избежать возможных повреждений при длительном хранении барабанов на трассе.

8.2 Произвести внешний осмотр барабанов с кабелем. Убедиться в отсутствии повреждений обшивки и целостности кап на концах кабелей.

8.3 Установить барабаны с кабелем на отдающие устройства так, чтобы при размотке конец кабеля сходил сверху.

8.4 Расставить на трассе кабеля оборудование и приспособления для прокладки согласно ППР.

8.5 Для обеспечения плавного схода кабеля с барабана установить на-

правляющие рольганги, ширина первого из них должна быть не менее ширины барабана.

8.6 Расставить по трассе линейные ролики. Расстояние между роликами должно быть не более 4 м. На поворотах трассы установить угловые ролики, обеспечивающие поворот кабеля с радиусом не более допустимого. Ролики должны свободно и легко вращаться.

8.7 При прокладке кабеля в туннеле или блоках установить другое оборудование согласно ППР (распорные крепления, воронки, специальные направляющие ролики и т.д.).

8.8 Установить тяговое устройство (лебедку) у конца трассы или за кабельным колодцем.

8.9 Установить телефонную или УКВ связь между местами расположения лебедки, барабанов, поворотов, перегородок и переходов трассы.

8.10 Снять обшивку с барабана. Проверить крепление закладных втулок барабана, при необходимости подтянуть гайки на шпильках. Проверить крепление нижнего конца кабеля (при необходимости закрепить его).

8.11 Установить на барабане тормозные устройства, предназначенные для регулирования скорости вращения барабана при протяжке и его остановки, а также для предотвращения инерционного раскручивания барабана.

8.12 Смонтировать на конце кабеля проволочный чулок или клиновой захват. Забандажировать чулок тонкой стальной проволокой и липкой ПВХ лентой. Соединить чулок или захват коротким тросом с противозакручивающим устройством.

8.13 Растянуть трос тяговой лебедки по трассе. Соединить его с противозакручивающим устройством.

8.14 В случае одновременного тяжения трех кабелей чулки и захваты должны соединяться с противозакручивающим устройством в разбежку. На сходе кабелей с барабанов установить устройство для группирования кабелей в треугольник.

8.15 Подготовить необходимые для прокладки инструменты и материалы.

## **9 Прокладка кабеля**

9.1 Примерная схема расстановки рабочих при протяжке кабеля:

- барабан, на тормозе - 1 человек;
- рольганги на сходе кабеля с барабана - 1 человек;
- спуск кабеля в траншею (вход, выход из туннеля) - 1 человек;
- на лебедке - 2 человека;
- сопровождение конца кабеля - 1 человек;
- на каждом углу поворота - 1 человек;
- на каждом проходе в трубах через перегородки или перекрытия, у входа в камеру или здание - 1 человек;
- на прямых участках - по необходимости.

При одновременном тяжении трех кабелей за устройством для группирования кабелей должны находиться 2 человека для скрепления кабеля в



треугольник (если это предусмотрено проектом).

9.2 Руководитель работ сопровождает движение конца кабеля по трассе. Команду на включение лебедки при протяжке дает только руководитель работ. Команду на остановку лебедки может дать любой, заметивший неполадки при протяжке.

9.3 Скорость прокладки не должна превышать 30 м/мин и должна выбираться в зависимости от характера трассы, погодных условий и усилий тяжения.

9.4 В случае, если усилие тяжения превышает допустимую величину, то необходимо остановить прокладку и проверить правильность установки и исправность линейных и угловых роликов, наличие смазки (воды) в трубах, а также проверить возможность заклинивания кабеля в трубах.

Дальнейшая протяжка кабеля возможна только после устранения причин превышения допустимых усилий тяжения.

9.5 Барабан с кабелем необходимо подтормаживать так, чтобы не было рывков, ослабления и провисания витков кабеля и в то же время не создавать чрезмерных усилий торможения.

9.6 При спуске кабеля в траншею или входе в туннель необходимо следить, чтобы кабель не соскальзывал с роликов не терся о трубы и стенки в проходах.

9.7 На входе в асбоцементные, керамические или пластмассовые трубы необходимо следить за тем, чтобы не повреждались защитные покровы кабелей.

9.8 При повреждении оболочки кабеля необходимо остановить прокладку, осмотреть место повреждения и принять решение о способе ремонта оболочки (приложение Б).

9.9 Сопровождающие конец кабеля должны следить за тем, чтобы кабель шел по роликам, при необходимости подправляют ролики, а также направляют конец кабеля специальным крюком.

9.10 Кабель вытягивается таким образом, чтобы при укладке его по проекту расстояние от верха концевой муфты или от условного центра соединительной муфты было не менее 2 м.

9.11 Отсоединить тяговый трос и снять чулок или захват с конца кабеля. В случае, если на барабане находится кабель для нескольких участков трассы, или если длина кабеля существенно больше длины участка, необходимо обрезать кабель.

9.12 После обрезки кабеля закапировать концы кабелей. Для более надежной герметизации концов кабелей возможно применить двойное капирование. Внутреннюю капю осадить на электропроводящий слой по изоляции кабеля, а наружную капю - на внутреннюю капю и на оболочку кабеля. Возможно также перед капированием нанести на обрез кабеля слой расплавленного битума.

9.13 При необходимости концы кабеля завести в камеры, колодцы, кабельные помещения. При этом необходимо соблюдать допустимые радиусы изгиба кабеля.

9.14 Снять кабель с роликов, уложить и закрепить его по проекту.

9.15 При прокладке в траншее произвести присыпку кабеля песчано-гравийной смесью или мелким грунтом толщиной не менее 100 мм и провести испытания оболочки кабеля.

9.16 После прокладки и монтажа арматуры кабелей рекомендуется проводить испытание кабельной линии переменным напряжением  $2U_0$  частотой 50 Гц в течение 60 мин или переменным номинальным напряжением  $U_0$  частотой 50 Гц в течение 24 ч, или переменным напряжением  $3U_0$  частотой 0,1 Гц в течение 60 мин приложенным между жилой и металлическим экраном;

9.17 Наружная оболочка кабелей, проложенных в земле, должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ в течение 1 минуты. Испытательное напряжение прикладывается между металлическим экраном кабеля или броней и заземлителем;

9.18 В случае, если оболочка кабеля испытание не выдержала, необходимо определить место повреждения, произвести ремонт оболочки и повторить испытание. Для ремонта оболочек рекомендуется применять термоусаживаемые манжеты;

9.19 После испытания оболочки, проложенный в траншее кабель засыпать ПГС, уложить механическую защиту (плиты, кирпичи) или сигнальную ленту и произвести окончательную засыпку траншеи.

## **10 Раскатка кабелей**

10.1 Раскатка кабелей может производиться с движущегося кабельного транспортера, автомобиля или трубоукладчика в тех случаях, когда механизм может свободно двигаться вдоль трассы и когда в траншее нет сооружений, требующих протяжки через них кабелей (трубы, блоки, подземные сооружения).

10.2 Раскатку кабеля с барабана, установленного на движущемся кабельном транспортере, следует производить путем буксировки транспортера автомобилем, трактором или тягачем. Для раскатки кабеля с автомобиля барабан устанавливают на кабельных домкратах либо на инвентарных подставках в кузове автомобиля. Домкраты и подставки должны быть надежно закреплены в кузове автомобиля. Во время раскатки кабеля с транспортера или автомобиля барабан вращается вручную.

10.3 Для раскатки кабеля с движущегося трубоукладчика барабан устанавливают на специальной траверсе. При движении трубоукладчика барабан перемещается над траншеей и вращается под действием собственного веса сматываемого с барабана кабеля. Кабель при этом укладывается на дно траншеи свободно (без натяжения).

10.4 Скорость движения механизма при раскатке кабелей должна быть в пределах 3–17 м/мин, при этом расстояние между краем траншеи и колесом механизма должно быть не менее глубины траншеи, умноженной на коэффициент 1,25.

10.5 При раскатке кабеля с движущегося транспортера или автомобиля по дну траншеи вслед за кабелем должны передвигаться рабочие, которые должны принимать сматываемый с барабана кабель и укладывают его на дно

траншеи (при необходимости связать по проекту).

10.6 При раскатке нельзя допускать рывков кабеля при сходе с барабана, которые могут привести к повреждению кабеля. Для этого необходимо следить, чтобы кабель плавно сходил с барабана и имел провис. Необходимо также следить, чтобы сматываемый кабель не терся о щеку барабана (особенно на поворотах трассы).

## **11 Прокладка кабелей в трубах и блоках**

11.1 При прокладке кабелей в блочной канализации должна быть определена общая длина канала блока по условиям предельно допустимых усилий тяжения, исходя из конструктивных параметров кабелей и условий прокладки. Предельная длина канала блока и усилия тяжения должны быть определены на стадии проектирования кабельной линии.

11.2 Для уменьшения усилий тяжения при протягивании кабелей через трубы и блочные каналы следует покрывать поверхности кабелей смазкой, не содержащей веществ вредно действующих на оболочку кабелей (для кабелей с ПЭ оболочкой возможно использовать технический вазелин; для кабелей с ПВХ оболочкой - тавот, солидол, технический вазелин).

11.3 Для этих же целей вместо смазки возможно проливать через каналы или трубы воду.

11.4 При протяжке в трубу или канал блока трех фаз кабеля запрещается последовательная протяжка отдельных кабелей с использованием стального троса из-за возможности повреждения тросом уже проложенных кабелей.

11.5 При длине труб до 20 м возможна последовательная протяжка отдельных кабелей вручную с использованием веревки.

11.6 Скорость протяжки должна быть не более 17 м/мин и кабель необходимо протягивать по возможности без остановок.

## **12 Прокладка кабелей при низких температурах**

12.1 Прокладка кабелей без предварительного прогрева разрешается при следующих температурах:

- для кабелей с ПВХ и Пнг-НФ - оболочкой - не ниже минус 15 °С;
- для кабелей с ПЭ - оболочкой - не ниже минус 20 °С.

12.2 При температурах от минус 15 °С до минус 40 °С (для кабелей с ПВХ и Пнг-НФ - оболочкой), и от минус 20 °С до минус 40 °С (для кабелей с ПЭ - оболочкой) прокладка кабеля допускается только после предварительного прогрева кабеля.

12.3 Для прогрева барабанов с кабелем должен быть сооружен тепляк с обогревом печами или тепловоздуховками.

Не допускается обогрев с применением открытого тепла.

12.4 Продолжительность прогрева кабеля на в тепляке при температуре плюс 25 - 40°С не менее 18 часов. Контроль температуры должен производиться

термометром, установленным на витках кабеля.

12.5 Прокладка должна быть выполнена в срок не более 30 минут после прогрева, после чего кабель должен быть немедленно засыпан первым слоем песчано-гравийной смеси или разрыхленного грунта.

12.6 Прокладка кабелей при температуре ниже минус 40 °С запрещается.

### **13 Прокладка кабелей в вечномёрзлых грунтах**

13.1 Глубина прокладки кабелей в вечномёрзлых грунтах определяется при проектировании кабельной линии с учетом конкретных грунтовых и климатических условий.

13.2 Местный грунт, используемый для обратной засыпки траншей должен быть размелен и уплотнен. Наличие в траншее льда и снега не допускается. Грунт для насыпи следует брать из мест, удаленных от оси трассы кабеля не менее чем на 5 м. Грунт в траншее после осадки должен быть покрыт мохоторфяным слоем.

13.3 В качестве дополнительных мер против возникновения морозобойных трещин следует применять:

- засыпку траншей с кабелем песчаным или гравийно-галечным грунтом;
- устройство водоотводных канав или прорезей глубиной до 0,6 м, расположенных с обеих сторон трассы на расстоянии 2-3 м от ее оси;
- обсев кабельной трассы травами и обсадку кустарником.

### **14 Рекомендации по эксплуатации кабелей**

14.1 После приемки кабельной линии в эксплуатацию эксплуатирующая организация должна оформить техническую документацию по данной кабельной линии. На каждую кабельную линию должен быть заведен паспорт, содержащий все необходимые технические данные по линии и систематически пополняемый сведениями по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации.

14.2 Длительно допустимая температура нагрева токопроводящих жил кабелей при эксплуатации не должна превышать 90 °С.

14.3 Предельно допустимая температура токопроводящих жил при коротком замыкании не должна превышать- 250 °С, предельно допустимая температура нагрева медного экрана кабеля при коротком замыкании - 350 °С, предельная температура нагрева жилы при коротком замыкании по условиям невозгораемости кабеля- 400 °С при протекании тока короткого замыкания в течении до 4 с. Допустимый нагрев жил кабеля в режиме перегрузки- не более 130°С. Продолжительность работы кабеля в режиме перегрузки должна быть не более 8 часов в сутки и не более 1000 часов за срок службы.

14.4 Допустимые токи кабелей рассчитаны при коэффициенте нагрузки  $K=1,0$  для температуры окружающей среды 25 °С- при прокладке на воздухе и 15 °С- при прокладке в земле.

14.5 Длительно допустимые токовые нагрузки рассчитаны в соответствии со стандартными условиями эксплуатации и приведены в технических условиях и отражены в каталоге ООО «Камский кабель». Под стандартными условиями следует понимать: в грунте- глубина 0,7 м, удельное термическое сопротивление нормализованного грунта 1,2 К м/Вт;

Токи кабелей рассчитаны для случая заземления медных экранов с двух концов кабеля.

14.6 Для одножильных кабелей токи рассчитаны при прокладке их треугольником- вплотную, при прокладке в плоскости- при расстоянии между кабелями в свету, равному диаметру кабеля. При этом металлические экраны кабелей соединены с двух сторон кабелей и заземлены.

14.7 При проектировании кабельной линии сечение токопроводящей жилы кабеля и медного экрана должно выбираться с учетом следующих фактических условий:

- схема заземления экрана;
- температура окружающей среды (земли, воздуха, воды);
- условия теплоотвода (наличие или отсутствие принудительной вентиляции в кабельных сооружениях);
- количество рядом проложенных кабелей и их взаимное расположение;
- наличие или отсутствие внешних источников нагрева (теплотрасс);
- термическое сопротивление грунта всей трассы КЛ и на участке с наименее благоприятными условиями охлаждения;
- наличие участков в трубах длиной более 10 м.

14.8 Сечение токопроводящей жилы кабеля и медного экрана необходимо согласовать с заводом-изготовителем и проектной организацией. При эксплуатации кабеля в условиях отличных от стандартных завод-изготовитель выдает соответствующие рекомендации, подтвержденные расчетами.

14.9 При изменении в процессе эксплуатации кабельных линий исходных расчетных условий токовые нагрузки на КЛ должны быть пересмотрены или восстановлены до проектных значений путем улучшения требуемого теплоотвода. Решение данного вопроса необходимо согласовать с заводом-изготовителем и проектной организацией.

14.10 Принятое согласно проекту расчетное значение длительно допустимого тока и значение тока перегрузки должны быть записаны в паспорт кабельной линии (введены в электронную базу данных автоматизированной системы учета условий эксплуатации КЛ).

14.11 Электротехническому персоналу эксплуатирующей организации рекомендуется опытным путем убедиться в правильности расчета длительно допустимой нагрузки посредством измерения фактической температуры внешней оболочки, температуры окружающей среды при известном токе нагрузки.

14.12 При необходимости токовая нагрузка КЛ корректируется в соответствии с фактическими эксплуатационными условиями с участием проектной организации. Измененное значение должно быть отражено в протоколах измерений, а также в паспорте КЛ (электронной базе данных).

14.13 Эксплуатирующей организации рекомендуется обеспечить периодичность измерения температуры окружающей среды в кабельных сооружениях,

температуру грунта в местах пересечения с теплотрассами и проч. источниками тепла, а также температуру оболочки кабеля на различных участках кабельной линии.

14.14 Для выполнения контроля тока, протекающего по экранам фаз кабелей СПЭ одножильного исполнения с транспозицией экранов, следует применять токовые клещи с соответствующим диапазоном измерения, которые надеваются:

- на каждой фазе на проводник соединяющий экран кабеля с заземляющим проводником (для фактического измерения тока в экране конкретной фазы КЛ);

- на заземляющий проводник, осуществляющий связь трех экранов с заземлителем подстанции (для измерения тока в проводнике, соединяющем объединение трех экранов с заземлителем подстанции).

14.15 При обнаружении в процессе эксплуатации участков с неудовлетворительными условиями охлаждения рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

- уменьшить токовую нагрузку на кабель до необходимой величины;
- улучшить вентиляцию в кабельных сооружениях;
- засыпать траншеи нормализованным грунтом (термическое сопротивление 1,0-1,2 °К м/Вт, влажность не менее 9%).

14.16 Основными задачами непрерывного мониторинга фактического теплового режима эксплуатации КЛ являются:

- выявление случаев превышения максимально допустимой температуры кабеля по времени, а также случаев локального перегрева;

- оперативное предотвращение токовых перегрузок КЛ;

- обеспечение оптимальных токовых нагрузок и снижение вероятности теплового пробоя;

- прогнозирование остаточного ресурса кабеля на основе диагностики технического состояния КЛ.

## **15 Обходы и осмотры кабельных линий**

15.1 Обходы и осмотры кабельных линий производятся с целью своевременного обнаружения каких-либо изменений, возникающих на трассах линий, а также для наблюдения за состоянием кабельной арматуры.

15.2 Осмотры кабельных линий производятся перед включением их в эксплуатацию, периодически во время эксплуатации и после ремонтных работ. Внеочередные осмотры производятся после аварийного отключения кабельной линии.

15.3 При осмотрах линий необходимо следить, чтобы возле трассы не проводились работы, несогласованные с эксплуатирующей организацией, на трассе не было провалов грунта и всего того, что может привести к механическому повреждению кабеля.

15.4 При осмотрах концевых муфт необходимо обращать внимание на подтеки изоляционного масла через уплотнения, состояние изолятора и его загрязненность, целостность опорных изоляторов и заземлений.

15.5 Результаты осмотра кабельной линии записываются в журнал обхода и осмотра трассы (приложение ).

15.6 Осмотры трасс и сооружений кабельных линий производятся в следующие сроки:

15.6.1 Трассы линий, проложенных в земле – 2 раза в месяц.

15.6.2 Трассы линий, проложенных в туннеле, галерее – 1 раз в три месяца.

15.6.3 Концевые муфты в течение первого месяца эксплуатации – ежедневно, в течение последующей эксплуатации – 2 раза в месяц.

15.7 При обнаружении дефектов, представляющих опасность для линии и аварийного выхода ее из строя, проводящий осмотр обязан немедленно поставить в известность об этом руководство эксплуатирующей организации.

15.8 Дефекты, не представляющие непосредственной опасности для кабельной линии, должны быть записаны в журнал и устранены в обоснованные сроки с оформлением соответствующей записи в журнале.

15.9 Данные о нагрузках и температурах окружающей среды при обходе должны быть записаны в журнале обхода.

15.10 Измерение сопротивления заземляющего провода и испытание оболочки напряжением постоянного тока должно проводиться в следующие сроки: перед вводом линии в эксплуатацию, через год после ввода и затем через каждые три года.

15.11 Сведения об эксплуатации кабельных линий, отмеченные недостатки и замечания сообщаются предприятию – изготовителю кабеля и разработчику кабеля для принятия соответствующих мер.

## **16 Испытание кабельной линии**

16.1 Кабели после прокладки и монтажа арматуры рекомендуется испытать переменным напряжением  $3U_0$  частотой 0,1 Гц в течение 60 минут или переменным напряжением  $U_0$  номинальной частотой 50 Гц в течение 24 ч или переменным напряжением  $2U_0$  номинальной частотой 50 Гц в течение 60 минут, приложенной между жилой и металлическим экраном, где  $U_0$ - номинальное напряжение кабеля между жилой и экраном в нормальном режиме эксплуатации, кВ.

16.2 При испытании изоляции кабелей напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля. При этом остальные жилы и все экраны должны быть заземлены. Допускается одновременное испытание всех трех фаз кабельной линии.

16.3 оболочка кабеля, проложенного в земле, должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ в течение 1 минуты. Испытательное напряжение должно быть приложено между металлическим экраном или броней и заземлителем. После испытания постоянным напряжением необходимо заземлить или соединить их с экраном и броней на время не менее 1 ч.

16.4 Кабельные линии (6-35) кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, включая кабельные вставки, необходимо испытывать:

- перед включением в эксплуатацию;
- после ремонта;
- периодически 1 раз в 5 лет после включения в эксплуатацию.

Испытания оболочек кабелей, проложенных в земле необходимо осуществлять:

- перед включением в эксплуатацию;
- после ремонта основной изоляции кабельной линии;
- в случае проведения раскопок в охранной зоне кабельной линии и связанного с этим возможного нарушения целостности оболочки;
- периодически 1 раз в 5 лет после включения в эксплуатацию.

Величина испытательного напряжения для изоляции принимается в соответствии с п. 16.1, для оболочки- п. 16.3.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Список оборудования, приспособлений, инструментов и материалов, необходимых для прокладки одной строительной длины кабеля

№ п/п	Наименование	Един. изм.	Кол-во
1	Тяговая лебедка	шт	1
2	Отдающее устройство (грузоподъемность не меньше веса барабана с кабелем)	шт	1
3	Противозакручивающее устройство	шт	1
4	Рольганги	шт	по ППР
5	Ролики линейные	шт	по ППР
6	Ролики угловые	шт	по ППР
7	Воронка разъемная	шт	по ППР
8	Приспособление для направления кабеля в трубы	шт	по ППР
9	Распорная стойка	шт	по ППР
10	Контрольный цилиндр и ерши для прочистки труб и каналов	шт	по ППР
11	Кабельный чулок или клиновой захват	шт	3
12	Устройство для группирования кабелей (при одновременной протяжке трех кабелей)	шт	1
13	Крюк для направления кабеля при прокладке	шт	1
14	Переговорное устройство, радиостанции или полевые телефоны	шт	по ППР
15	Набор инструментов и приспособлений для кабельных работ НКИ - 3М	шт	1
16	Баллон с пропаном типа БЗ-50 с редуктором типа ДПИ 1-65	шт	1
17	Горелка газовая со шлангами	шт	1
18	Лента ПВХ пластиката шириной 30-50 мм ТУ 6-05-1254-75 ГОСТ 16272-79	кг	0,2
19	Бязь белая ГОСТ 1680-76	м	2
20	Ветошь чистая обтирочная ГОСТ 345-79	кг	2
21	Тавот или солидол (для кабелей с ПВХ оболочкой), технический вазелин (для кабелей с ПЭ оболочкой)	кг	по ППР
22	Капа	шт	3

2. Материалы для ремонта оболочки кабеля  
(определяются при разработке ППР, один из перечисленных ниже комплектов)

2.1 Комплект материалов для ремонта с использованием термоусаживаемой манжеты

№ п/п	Наименование материала	Ед.изм	Кол-во
1	Ацетон технический ГОСТ 2768-84	л	1
2	Термоусаживаемая манжета	шт	по ППР

2.2 Комплект материалов для ремонта с использованием лент ЛЭТСАР ЛП

№ п/п	Наименование материала	Ед.изм	Кол-во
1	Ацетон технический ГОСТ 2768-84	л	1
2	Лак КО-916 ГОСТ 16508-80	кг	0,05
3	Лента САР ЛП ТУ 38.103.272-75	кг	0,2
4	Лента ПВХ пластиката шириной 30...50 мм ТУ 6-05-1254-75 ГОСТ 16272-79	кг	0,3
5	Лента смоляная ТУ 16.503.020-76	кг	1

2.3 Комплект материалов для ремонта с использованием лент RULLE

№ п/п	Наименование материала	Ед.изм	Кол-во
1	Ацетон технический ГОСТ 2768-84	л	1
2	Лента RULLE 1 или RULLE 2	шт	по ППР

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

### Технология ремонта оболочки кабеля

#### 1 Ремонт с использованием термоусаживаемой манжеты

1.1 Для ремонта оболочек кабелей рекомендуется использовать термоусаживаемые манжеты фирмы «Райхем» длиной 1500 мм различных размеров в зависимости от диаметра ремонтируемого кабеля. Основные данные по манжетам приведены в таблице.

Наружный диаметр ремонтируемого кабеля, мм	Внутренний диаметр манжеты, мм		Обозначение манжеты для заказа
	До усадки $D_a$ (минимум)	После усадки $D_b$ (максимум)	
От 17 до 32	54	15	CRSM 53/13-1500/239
От 24 до 50	86	21	CRSM 84/20-1500/239
От 31 до 65	108	27	CRSM 107/29-1500/239
От 33 до 86	144	28	CRSM143/36-1500/239

Манжета выбирается по размерам так, чтобы после усадки на кабель ее внутренний диаметр был в пределах от  $(D_b + 15\% D_b)$  до  $(D_a + 20\% D_a)$ .

Допускается использовать равноценные по качеству термоусаживаемые манжеты других производителей.

1.2 Определить границы места ремонта оболочки кабеля (минимум по 100 мм в обе стороны от краев дефекта).

1.3 При наличии ребер на оболочке кабеля в месте ремонта - снять ребра по всей окружности.

1.4 Зачистить наждачной бумагой поверхность оболочки и обезжирить ацетоном.

1.5 Отрезать от манжеты и замка участок равный по длине месту ремонта.

1.6 Снять с отрезанного участка манжеты защитную пленку и обернуть манжету вокруг кабеля так, чтобы адгезивный подслои примыкал к оболочке кабеля. Надвинуть на приливы манжеты замок.

1.7 Легким пламенем газовой горелки усадить манжету на кабель, начиная прогрев с середины стороны противоположной замку.

1.8 После полной усадки манжеты дополнительно прогреть зону вблизи замка. При правильной усадке из под концов манжеты на оболочку кабеля должен выдавиться в виде ровных валиков клеевой состав.

1.9 Дать остыть манжете до температуры ниже плюс 35°C. Не допускать до остывания механических воздействий на манжету.

## 2 Ремонт с использованием лент ЛЭТСАР ЛП

2.1 Определить границы места ремонта оболочки кабеля (минимум по 150 мм в обе стороны от краев дефекта).

2.2 При наличии ребер на оболочке кабеля в месте ремонта - снять ребра по всей окружности.

2.3 Зачистить наждачной бумагой поверхность оболочки и обезжирить ацетоном.

2.4 В случае, если в месте ремонта на оболочке имеются сквозные отверстия, трещины или разрывы, у которых ширина или диаметр более 3 мм, заложить туда кусочки ленты ЛЭТСАР ЛП и сжать их до такой степени, чтобы они были на уровне наружной поверхности оболочки или выступали над оболочкой не более чем на 1 мм.

2.5 Промазать поверхность ремонтного участка лаком КО-916 и дать лаку подсохнуть.

2.6 Наложить на поверхность оболочки, покрытую лаком, четыре слоя ленты ЛЭТСАР ЛП с 50% перекрытием.

2.7 Промазать поверхность наложенной ленты и участки оболочки кабеля на длине 50 мм от лент лаком КО-916 и наложить два слоя ПВХ ленты с 50% перекрытием.

2.8 Наложить на поверхность ПВХ лент два слоя смоляной ленты с 50% перекрытием, предварительно прогревая ее пламенем газовой горелки.

2.9 После наложения смоляной ленты дать кабелю остыть в месте ремонта до температуры ниже 35°C. Не допускать до остывания механических воздействий на место ремонта.

## 3 Ремонт с использованием лент RULLE.

3.1 Ленты RULLE выполнены из этиленпропиленовой резины с клейким слоем из бутилкаучука, закрытым защитной пленкой, которая снимается при монтаже. Толщина лент - 2 мм, ширина - 60 мм. Длина в рулоне: ленты RULLE 1 - 3,5 м, ленты RULLE 2 - 5,5 м.

3.2 Определить границы места ремонта оболочки кабеля (минимум по 100 мм в обе стороны от краев дефекта).

3.3 При наличии ребер на оболочке кабеля в месте ремонта - снять ребра по всей окружности.

3.4 Зачистить наждачной бумагой поверхность оболочки и обезжирить ацетоном.

3.5 Наложить с 50% перекрытием два слоя ленты RULLE. Наматывать клеевым слоем к оболочке кабеля, снимая защитную ленту. При намотке ленту следует вытягивать до такой степени, чтобы нарисованные на ее поверхности овалы превратились в круги.



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

### Перечень веществ, вредно действующих на оболочку кабеля

В перечне приведены данные о вредных веществах неудовлетворительно действующих на оболочку кабелей из полиэтилена высокой плотности при отсутствии внутреннего давления внешних механических воздействий и температурах 20°C и 60°C.

1 Материал оболочки кабелей имеет неудовлетворительную стойкость при температурах 20°C и 60°C к воздействию следующих веществ:

- бром (жидкий или газ), йод в спиртовом растворе и в соли калия, фтор (газ);
- галогенопроизводные вещества: бромистый метил, бромформ, ди- хлорэтилен, дихлорбензол, дихлорпропилен, метилциклогексанон, пропилен ди-хлорид, тетрахлорэтилен, трихлорбензол, трихлорэтилен, трибромметан, хлорбензол, хлороформ, хлоросульфоновая кислота, хлористый тионил, хлористый этил, хлористый этилен, хлористый метил, хлористый метилен;
- ароматические углеводороды;
- дипентен, тетрадекан, тетрагидрофуран, трехокись серы, диэтиловый эфир, дипентен, изопентан, изопропиламин, изопропиловый амин, меркаптанат этила, нитробензол, нитротолуол, N-пентан, олеум, пен- тан-2, фурфурол, циклогексан, O-Zylene, P-Zylene, этилбензол;
- азотная кислота (95% и выше), «царская водка»( $\text{HCl}/\text{HNO}_3=3/1$ ), серная кислота (кипящая);
- керосин, скипидар(живица).

2 Материал оболочки кабелей имеет ограниченную стойкость при температуре 20°C и неудовлетворительную стойкость при температуре 60°C к воздействию следующих веществ:

- акрилат этила, декан, дибутиловый амин, дисульфид углерода, тетрахлорид углерода, ксилол, лигроин, лизоль, метилциклогексан, N-гептан, озон, стирол, тетрахлорид титана, тетрахлорметан, трехфтористое соединение бора, толуол, тормозная жидкость, хлор(насыщенный водный раствор или газ), хлорид аллила.

3 Материал оболочки кабелей имеет удовлетворительную стойкость при температуре 20°C и неудовлетворительную стойкость при температуре 60°C к воздействию следующих веществ:

- изопримовый эфир, нитроэтан, октиловый спирт, оливковое масло, перекись водорода (90%), серная кислота (80-98%), хлорная кислота (70%), этилацетат.

4 Материал оболочки имеет ограниченную стойкость при температурах 20° и 60°C к воздействию следующих веществ:

- ацетон, амилацетат, бензол, бензин, диацетоновый спирт, диэтиловый кетон, гексахлорофен, камфорное масло, сернистый кальций.

5 Материал оболочки имеет удовлетворительную стойкость при температуре 20°C и ограниченную стойкость при температуре 60° к воздействию следующих веществ:

- дизельное топливо, нефтепродукты, тавот, солидол, анилин, гексан, бензальдегид, бензолхлорид, изооктан, серная кислота (70%), уксусная кислота (более 96%), масляная кислота, хромовая кислота, хлорная кислота (50%);
- фурфуроловый спирт, этиловый спирт, перекись водорода

6 Материал оболочки имеет удовлетворительную стойкость при температурах 20°C и 60°C к воздействию следующих веществ:

- моторные масла, битум, подсолнечное, кукурузное и хлопковое масла, вазелин, силиконовые смазки.

Перечень составлен на основании данных фирмы «Borealis».

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(рекомендуемое)

### Рекомендации

по выбору кабелей на напряжение 6 - 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) и арматуры к ним

Настоящие рекомендации составлены для монтажных и эксплуатирующих организаций, применяющих кабель с СПЭ изоляцией производства ООО «Камский кабель».

При составлении настоящих рекомендаций использованы следующие материалы:

1. ПУЭ, М, Энергоатомиздат, 1986.
2. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии. Учебное пособие. М, Энергия 1970.
3. ТУ 16.К71-335-2004 Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10, 20, 35 кВ.
4. ТУ 16.К71-359-2005 Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6 кВ.
5. ТУ 3530-397-00217053-2009 Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена, не распространяющие горение на напряжение 6 и 10 кВ.
6. Каталог *Tyco Electronics (Raychem)* 2008/2009.
7. Прайс-лист АОЗТ «Подольский завод электромонтажных изделий».

Марки, наименования и основные области применения кабелей приведены в таблице 1.

**Таблица 1- Марки кабелей и области применения**

Марка кабеля*	Наименование кабеля	Область применения
ПвП АПвП	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле (в траншеях), если кабель защищен от механических повреждений независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка на воздухе, в т. ч. и в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, огнезащитных покрытий
ПвПу АПвПу	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой из полиэтилена	Для прокладки в земле (в траншеях), если кабель защищен от механических повреждений независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка на воздухе, в т. ч. и в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, огнезащитных покрытий. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвПг АПвПг	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полиэтилена, с водоблокирующей лентой (лентами) под металлическим эк-	Для прокладки в земле (в траншеях), а также в воде (в несудоходных водоемах) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля, если кабель защищен от механических повреждений независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка на воздухе, в т. ч. и в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, огнезащитных покрытий
ПвПгж АПвПгж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвП2г АПвП2г	То же, что и кабели марок АПвПг, ПвПг, с алюмополимерной лентой поверх разделительного слоя	
ПвП2гж АПвП2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	



## Продолжение таблицы 1

ПвПу2г АПвПу2г	То же, с усиленной оболочкой из полиэтилена	Для прокладки в земле, а также в воде (в несудоходных водоемах) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвПу2гж АПвПу2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвПуг АПвПуг	То же, что и кабели марок АПвПг, ПвПг, с усиленной оболочкой из полиэтилена	
ПвПугж АПвПугж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвБП АПвБП	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле (в траншеях), где возможны механические воздействия на кабель (кроме растягивающих) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка на воздухе, в т. ч. и в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, огнезащитных покрытий. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвБПг АПвБПг	То же, что и кабели марок АПвБП, ПвБП, с водоблокирующей лентой (лентами) под металлическим экраном, бронированный стальными лентами, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле, а также в воде (в несудоходных водоемах), где возможны механические воздействия на кабель (кроме растягивающих) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля независимо от степени коррозионной активности грунтов. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвБПгж АПвБПгж	То же, что и кабели марок АПвБПг, ПвБПг, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвБП2г АПвБП2г	То же, что и с индексом «г», с алюмополимерной лентой поверх разделительного слоя	
ПвБП2гж АПвБП2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	

## Продолжение таблицы 1

ПвБПу2г АПвБПу2г	То же, с усиленной оболочкой из полиэтилена	Для прокладки в земле, а также в воде (в несудоходных водоемах), где возможны механические воздействия на кабель (кроме растягивающих), при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвБПу2гж АПвБ-Пу2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвВ АПвВ	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из поливинилхлоридного пластика	Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %)
ПвБВ АПвБВ	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика	Для одиночной прокладки в земле (в траншеях), одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, где возможны механические воздействия на кабель, за исключением растягивающих усилий, пучинистых и просадочных грунтов. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %)
ПвКП АПвКП	То же, бронированный стальными проволоками, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле (траншеях), в местах, где возможны механические воздействия на кабель, в том числе растягивающие, независимо от степени коррозионной активности грунтов
ПвКПг АПвКПг	То же, что и кабели марок АПвБП, ПвБП, с водоблокирующей лентой (лентами) под металлическим экраном, бронированный стальными проволоками, в оболочке из полиэтилена	Для прокладки в земле, а также в воде (в несудоходных водоемах), где возможны механические воздействия на кабель (в т. ч. и растягивающих) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвКПгж АПвКПгж	То же, что и кабели марок АПвКПг, ПвКПг, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвКП2г АПвКП2г	То же, что и с индексом «г», с алюмополимерной лентой поверх разделительного слоя	
ПвКП2гж АПвКП2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	

## Продолжение таблицы 1

ПвКПу2г АПвКПу2г	То же, с усиленной оболочкой из полиэтилена	Для прокладки в земле, а также в воде (в несудоходных водоемах), где возможны механические воздействия на кабель (в т. ч. и растягивающих), при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля. Прокладка на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м
ПвКПу2гж АПвК-Пу2гж	То же, с герметизацией токопроводящей жилы	
ПвКВ АПвКВ	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, шахтах в местах, где возможны механические воздействия на кабель, в том числе растягивающие. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14
ПвКВнг АПвКВнг	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, шахтах в местах, где возможны механические воздействия на кабель, в том числе растягивающие. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %
ПвКВнг(А)-LS АПвКВнг(А)-LS	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, шахтах в местах, где возможны механические воздействия на кабель, в том числе растягивающие. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %
ПвКПнг(А)-HF АПвКПнг(А)-HF	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из полимерной композиции, содержащей галогенов	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, шахтах в местах, где возможны механические воздействия на кабель, в том числе растягивающие, где есть требования по ограничению воздействия коррозионно-активных газов на оборудование. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %
ПвВнг(А)-LS АПвВнг(А)-LS	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности	Для групповой прокладки кабельных линий в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %;
ПвВВнг(А)-LS АПвВВнг(А)-LS	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности	

## Продолжение таблицы 1

ПвПнг(A)- HF АПвПнг(A)- HF	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов	Для групповой прокладки в помещениях, где есть требования по ограничению воздействия коррозионно- активных газов на оборудование. Для прокладки на открытом воздухе и сухих грунтах (песок, песчано- глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %).
ПвБПнг(A)- HF АПвБПнг(A)- HF	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов	
ПвВнг(A)- LS АПвВнг(A)- LS	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности	По ТУ 3530-397-00217053-2009 для стационарной прокладки кабельных линий, питающих оборудование систем собственных нужд вне гермозоны АС, а также для общепромышленного применения.
ПвБВнг(A)- LS АПвБВнг(A)- LS	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности	
ПвПнг(A)- HF	Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов	По ТУ 3530-397-00217053-2009 для стационарной прокладки в кабельных линиях в гермозоне и вне гермозоны АС.
ПвБПнг(A)- HF	То же, бронированный стальными лентами, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов	ТУ 3530-397-00217053-2009 – то же, при наличии опасности мех. повреждений при эксплуатации вне гермозоны АС.

\* В числителе указаны марки кабелей с медными жилами, в знаменателе - с алюминиевыми жилами

\*\*Индекс LS в марках означает низкое дымо- и газовыделение (Low Smoke).

\*\*\*Индекс HF в марках означает применение в оболочках полимерных композиций, не содержащей галогенов (Halogen Free).

\*\*\*\* Помимо проволочной стальной брони (К), могут быть обозначения проволочной брони из проволок из алюминиевого сплава (Кс), проволочной брони из алюминиевых проволок (Ка).



1. Расчетные значения емкости кабелей с круглыми жилами приведены в таблице 2

Таблица 2

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкость 1 км кабеля, мкФ					
	Номинальное напряжение кабеля, кВ					
	6	10	15	20	30	35
35	0,29	0,22	0,19	-	-	-
50	0,32	0,25	0,21	0,17	0,15	0,14
70	0,37	0,29	0,23	0,19	0,16	0,16
95	0,41	0,32	0,26	0,21	0,18	0,18
120	0,45	0,35	0,28	0,23	0,19	0,19
150	0,50	0,38	0,30	0,26	0,21	0,20
185	0,54	0,42	0,33	0,27	0,22	0,22
240	0,59	0,46	0,37	0,29	0,25	0,24
300	0,60	0,51	0,41	0,32	0,27	0,26
400	0,64	0,57	0,46	0,35	0,30	0,29
500	0,66	0,63	0,50	0,39	0,33	0,32
630	0,73	0,70	0,55	0,43	0,36	0,35
800	0,82	0,77	0,61	0,49	0,40	0,40
1000	0,95	0,87	0,67	0,57	0,42	0,39

Расчетные значения индуктивного сопротивления жилы одножильного кабеля при частоте 50 Гц при условии заземления экрана кабеля с двух сторон

Таблица 3

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Индуктивное сопротивление 1 км кабеля, Ом при расположении					
	Номинальное напряжение кабеля, кВ					
	6, 10 кВ		20 кВ		35 кВ	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	0,204	0,127	0,219	0,143	0,231	0,156
70	0,196	0,119	0,21	0,134	0,222	0,146
95	0,189	0,112	0,203	0,127	0,214	0,139
120	0,184	0,108	0,198	0,122	0,209	0,133
150	0,179	0,103	0,192	0,116	0,203	0,127
185	0,175	0,099	0,188	0,112	0,198	0,122
240	0,170	0,094	0,183	0,107	0,193	0,117
300	0,167	0,091	0,179	0,103	0,189	0,113
400	0,165	0,088	0,173	0,097	0,182	0,106
500	0,161	0,085	0,169	0,093	0,178	0,102
630	0,159	0,083	0,166	0,09	0,174	0,098
800	0,157	0,081	0,163	0,087	0,17	0,094
1000	0,154	0,079	0,159	0,083	0,166	0,09

2. Токи одножильных кабелей напряжением (6-35) кВ должны соответствовать указанным в таблицах 4 - 9.

Таблица 4

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 6 кВ при прокладке в земле, А			
	с медной жилой при расположении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	221	193	172	147
50	250	225	195	170
70	310	275	240	210
95	336	326	263	253
120	380	370	298	288
150	416	413	329	322
185	466	466	371	364
240	531	537	426	422
300	590	604	477	476
400	633	677	525	541
500	697	759	587	614
630	792	848	653	695
800	825	933	719	780

Таблица 5

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 10 и 15 кВ при прокладке в земле, А			
	с медной жилой при расположении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	220	193	172	147
50	250	225	195	170
70	310	275	240	210
95	336	326	263	253
120	380	370	298	288
150	416	413	329	322
185	466	466	371	364
240	531	537	426	422
300	590	604	477	476
400	633	677	525	541
500	697	759	587	614
630	762	848	653	695
800	825	933	719	780
1000	900	1003	800	845

Таблица 6

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 20, 30 и 35 кВ при прокладке в земле, А			
	с медной жилой при расположении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	230	225	185	175
70	290	270	225	215
95	336	326	263	253
120	380	371	298	288
150	417	413	330	322
185	466	466	371	365
240	532	538	426	422
300	582	605	477	476
400	635	678	526	541
500	700	762	588	615
630	766	851	655	699
800	830	942	722	782
1000	906	1007	805	850

Таблица 7

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 6 кВ при прокладке на воздухе, А			
	с медной жилой при рас- положении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	250	203	188	155
50	290	240	225	185
70	360	300	280	230
95	448	387	349	300
120	515	445	403	346
150	574	503	452	392
185	654	577	518	450
240	762	677	607	531
300	865	776	693	609
400	959	891	787	710
500	1081	1025	900	822
630	1213	1166	1026	954
800	1349	1319	1161	1094

Таблица 8

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 10 и 15 кВ при прокладке на воздухе, А			
	с медной жилой при расположении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	217	192	189	150
50	290	240	225	185
70	360	300	280	230
95	448	387	349	300
120	515	445	403	346
150	574	503	452	392
185	654	577	518	450
240	762	677	607	531
300	865	776	693	609
400	959	891	787	710
500	1081	1025	900	822
630	1213	1166	1026	954
800	1349	1319	1161	1094
1000	1423	1411	1220	1180

Таблица 9

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток кабеля на напряжение 20, 30 и 35 кВ при прокладке на воздухе, А			
	с медной жилой при расположении		с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	290	250	225	190
70	365	310	280	240
95	446	389	348	301
120	513	448	402	348
150	573	507	451	394
185	652	580	516	452
240	760	680	605	533
300	863	779	690	611
400	957	895	783	712
500	1081	1027	897	824
630	1213	1172	1023	953
800	1351	1325	1159	1096
1000	1430	1415	1230	1186



3. Длительно допустимые токи трехжильных бронированных и небронированных кабелей должны соответствовать указанным в таблицах 10 и 11.

Таблица 10

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке в земле, А					
	Кабеля с медными жилами			Кабеля с алюминиевыми жилами		
	6 кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ	6кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ
35	164	175	-	126	136	-
50	192	207	207	148	156	161
70	233	253	248	181	193	199
95	279	300	300	216	233	233
120	316	340	341	246	265	265
150	352	384	384	275	300	300
185	396	433	433	311	338	339
240	457	500	500	358	392	392
300	507	563	563	410	456	456
400	572	635	635	463	515	515

При определении допустимых токов для кабелей, проложенных в среде, температура которой отличается от приведенной в п. 3.1., следует применять поправочные коэффициенты, приведенные в таблице 12.

Таблица 11

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке на воздухе, А					
	кабеля с медными жилами			кабеля с алюминиевыми жилами		
	6 кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ	6 кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ
35	179	-	-	138	-	-
50	213	206	215	165	159	163
70	263	255	264	204	196	204
95	319	329	331	248	255	256
120	366	374	376	285	291	292
150	413	423	426	321	329	331
185	471	479	481	368	374	375
240	550	562	564	432	441	442
300	567	630	630	441	490	490
400	639	710	710	499	554	554

Таблица 12

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты при температуре среды, °С											
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Земля	1,13	1,1	1,06	1,03	1,0	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73
Воздух	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

3.1 Допустимые токи кабелей в режиме перегрузки при прокладке в земле и на воздухе могут быть рассчитаны путем умножения значений, указанных в таблицах 4, 5, 6, 10 на коэффициент 1,17 и указанных в таблицах 7, 8, 9, 11 на коэффициент 1,20.

3.2 Допустимые токи кабелей, проложенных в земле в трубах длиной более 10 м, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах 4, 5, 6, 10 на коэффициент 0,94, если одножильные кабели проложены в отдельных трубах, и на коэффициент 0,9, если три одножильных кабеля проложены в одной трубе. Допустимые токи трехжильных кабелей, проложенных в земле в трубах, указаны в таблице 13.

3.3 Допустимые токи нескольких кабелей проложенных в земле, включая проложенные в трубах, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах 4, 5, 6 на коэффициенты приведенные в таблице 14.

Таблица 13

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке в земле в трубах, А					
	Кабеля с медными жилами			Кабеля с алюминиевыми жилами		
	6 кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ	6кВ	10 кВ	20, 30 и 35 кВ
35	143	152	-	109	118	-
50	168	180	180	129	135	140
70	203	220	215	159	170	175
95	246	264	264	190	205	205
120	280	303	303	217	233	233
150	313	342	342	244	267	267
185	353	385	385	277	300	300
240	411	450	450	321	353	353
300	450	507	507	344	410	410
400	508	578	578	371	468	468

Таблица 14

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при числе кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

3.4 Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей должны быть не более указанных в таблице 15.

Таблица 15

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА, кабеля	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой
35	5,0	3,3
50	7,15	4,7
70	10,0	6,6
95	13,6	8,9
120	17,2	11,3
150	21,5	14,2
185	26,5	17,5
240	34,3	22,7
300	42,9	28,2
400	57,2	37,6
500	71,5	47,0
630	90,1	59,3
800	114,4	75,3
1000	142,9	94,5

3.5 Токи короткого замыкания рассчитаны при температуре жилы до начала короткого замыкания 90 °С и предельной температуре жилы при коротком замыкании 250 °С.

3.6 Допустимые токи односекундного короткого замыкания в экранах приведены в таблице 16.

3.7 Для других значений сечения медного экрана допустимый ток односекундного короткого замыкания рассчитывают по формуле 2:

$$I_{к.з.} = k \times S_{э}, \quad (2)$$

где  $I_{к.з.}$  — допустимый ток односекундного короткого замыкания в медном экране, кА;

$k$  - коэффициент, равный 0,191 кА/мм<sup>2</sup>;

$S_{э}$  — номинальное сечение медного экрана, мм<sup>2</sup>.

3.8 Для продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 с, значения тока короткого замыкания, указанные в таблицах 14 и 15, необходимо умножить на поправочный коэффициент К, рассчитанный по формуле 3:

$$K = 1/\sqrt{t} , \quad (3)$$

где t- продолжительность короткого замыкания, с .

Таблица 16

Номинальное сечение экрана, мм <sup>2</sup>	Ток односекундного короткого замыкания, кА, не более	
	Медного экрана	Алюминиевого экрана
16	3,3	2,0
25	5,1	3,2
35	7,1	4,4
50	10,2	6,3
70	14,2	8,8
95	18,1	11,9
120	22,9	15,1
150	28,7	18,9
185	35,3	23,3
240	45,8	30,2

3.9 Для других значений сечения алюминиевого экрана и экрана из алюминиевого сплава допустимый ток односекундного короткого замыкания рассчитывают по формуле:

$$I_{к.з.} = k_a \times Sэ, \quad (4)$$

где I<sub>к.з.</sub> — допустимый ток односекундного короткого замыкания в алюминевом экране и экране из алюминиевого сплава, кА;

k — коэффициент для алюминиевого экрана, равный 0,126 кА/мм<sup>2</sup>;

Sэ — номинальное сечение алюминиевого экрана и экрана из алюминиевого сплава, мм<sup>2</sup>

#### 4. Соединительные муфты для кабелей с СПЭ изоляцией.

4.1 В качестве соединительные муфт рекомендуется применять модели отечественные и зарубежные производителей. Пример выбора соединительные муфт для кабелей 10 кВ в таблице 17.

Таблица 17 Соединительные муфты

Марка кабеля	U, кВ	Сечения жилы мм <sup>2</sup>	Маркоразмер муфты	Примечание
Подольский завод электромонтажные изделий				
АПвП, АПвПу АПвВ, ПвВнгLS	10	70-120 150-240	ПСТО 10-70/120 ПСТО 10-150/240	ТУ 3599-009-04001953-2000 Муфты на основе ТУТ с соединительными гильзами со срывными головками
Raychem (на основе ТУ"		" с болтовыми соединителями)		
АПвП, АПвПу АПвВ, ПвВнгLS	10	25-70 70-150 120-240 300-400 500-630 800 25-70 70-150 120-240	POLJ 12/1x25-70 POLJ 12/1x70-150 POLJ 12/1x120-240 POLJ 12/1x300-400 POLJ 12/1x500-630 POLJ 12/1x800-AI-C* POLJ 12/1x25-70 AW POLJ 12/1x70-150AW POLJ 12/1x120- 240AW	AW для кабелей с алюминиевой проволочной броней или ленточным экраном
Raychem (на основе ТУ"		" без болтовые соединителей)		
ПвП, АПвП ПвПу, АПвПу ПвВ, АПвВ ПвПнгLS, >ПвВнгLS	10	50-70 95-150 185-300 400-630	SXSU 4111 SXSU 4121 SXSU 4131 SXSU 4141	
Raychem (ремонтная)				
ПвП, АПвП ПвПу, АПвПу ПвВ, АПвВ ПвПнгLS, ПвВнгLS	10	35-95 120-185 240-400	REPJ-12A/1XU REPJ-12B/1XU REPJ-12C/1XU	Большая длина ремонтной муфты позволяет удалить поврежденную часть кабеля и заменить ее вставкой участка жилы с двумя соединителями

\*включает соединитель под опрессовку алюминиевых жил



## 5. Концевые муфты для кабелей с СПЭ изоляцией.

5.1 Концевые муфты для кабелей с СПЭ изоляцией на основе термоусаживаемых изделий представлены широким модельным рядом. Фирма Cellpack, наряду с термоусаживаемой муфтой, представляет в своем каталоге концевые муфты т.н. холодного монтажа с эластомерным изолятором. При монтаже данной муфты исключена операция нагрева. Наконечник эластомерной муфты должен быть под опрессовку герметичного исполнения. Пример выбора концевые муфт для кабелей 10 кВ в таблице 18.

Таблица 18 Концевые муфты

Марка кабеля	U, кВ	S,мм <sup>2</sup>	Маркоразмер муфты		Примечание
			наружной установки	внутренней установки	
Подольский завод Э		VII			
АПвП, АПвПу АПвВ, АПвВнг-LS	10	70-120 150-240	ПКНт0-70/120 ПКНт0-150/240	ПКВт0-70/120 ПКВт0-150/240	ТУ 3599-009-04001953-2000
Raychem (на основе ТУТ с болтовыми оконцевателями)					
АПвП, АПвПу АПвВ, АПвВнгLS	10	25-70 70-150 120-240 185-400 400-630	POLT-12C/1XO-L12 POLT-12D/1XIO-L12A POLT-12D/1XO-L12B POLT-12E/1XO-L12 POLT-12F/1XO-L12	POLT-12C/1XI-L12 POLT-12D/1XI-L12A POLT-12D/1XI-L12B POLT-12E/1XI-L12 POLT-12F/1XI-L12	
Raychem (на основе ТУТ без болтовых оконцевателей)					
ПвП, АПвП ПвПу, АПвПу ПвВ, АПвВ ПвПнгLS, АПвВнгLS	10	25-95 95-240 240-500 500-800	POLT-12C/1XO POLT-12D/1XIO POLT-12E/1XO-L12B POLT-12F/1XO-L12	POLT-12C/1XI-L12 POLT-12D/1XI-L12A POLT-12E/1XI-L12B POLT-12F/1XI-L12	

ПРИМЕЧАНИЕ: Арматура непаяного присоединения заземляющего провода (для кабелей с ленточным алюминиевым или медным экраном) заказывается отдельно.

## 6. Инструмент для опрессования гильз и наконечников гидравлический.

1. Ножной гидравлический насос РО 700.
2. Гидравлическая прессующая головка RH 230 к насосу РО 700 (диапазон применения AL 10-500 мм<sup>2</sup>, CU 10-625 мм<sup>2</sup>).
3. Шестигранные прессующие матрицы для головки RH 230.

7 Инструмент для удаления электропроводящего полимерного экрана кабеля и монтажа арматуры.

1. Инструмент для снятия электропроводящего экрана.

Таблица 19

Марка инструмента	Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>
IT 1000-017-2	25-120
	70-400
	120-500

2. Комплект ножей для разделки кабеля WL20/1, WM20/1.
3. Набор газовых горелок «SIEVER MATIC S».

**Приложение Д**  
**(рекомендуемое)**

Форма журнала  
результатов обхода и осмотра кабельной линии

Дата и время проверки	Напряжение, кВ	Ток нагрузки, А	Замеченные недостатки	Подпись проверяющего	Срок устранения дефекта и подпись ответственного	Дата устранения дефекта и подпись ответственного	Примечание



## СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(обязательная сертификация)

№ RU C-RU.AЖ03.B.00041/19

## ЗАЯВИТЕЛЬ

№ 0002101

Общество с ограниченной ответственностью «Камский кабель». Адрес (место нахождения): 614030, РОССИЯ, Пермский край, г. Пермь, ул. Гайвинская, 105, ОГРН: 1085904004779, телефон: +73422747473, факс: +73422747473, электронная почта: kamkabel@kamkabel.ru

## ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Общество с ограниченной ответственностью «Камский кабель». Адрес (место нахождения): 614030, РОССИЯ, Пермский край, г. Пермь, ул. Гайвинская, 105, ОГРН: 1085904004779, телефон: +73422747473, факс: +73422747473, электронная почта: kamkabel@kamkabel

## ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

Орган по сертификации Общества с ограниченной ответственностью Испытательный Центр «Оптикэнерго». Место нахождения (адрес юридического лица) и адрес места осуществления деятельности: 430001, РОССИЯ, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Строительная, дом 3Б, строение 1, телефон: +78342482769, адрес электронной почты: info@icorticsenergo.ru. Регистрационный номер аттестата аккредитации RA.RU.11AЖ03 от 26.09.2016

## ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ

Кабели силовые, не распространяющие горение, с алюминиевыми или медными жилами, с изоляцией из сшитого полиэтилена, с броней и без брони, одно- и трехжильные, с номинальным сечением жил от 35 до 1000 мм<sup>2</sup>, на номинальное переменное напряжение 6, 10, 15, 20, 30 и 35 кВ номинальной частотой 50 Гц, марок: см. Приложение 1, бланк № 0002143. ТУ 16.K180-014-2009. Серийный выпуск

КОД ОК 005 (ОКП): 27.32.14.110

КОД ЕКПС:

КОД ТН ВЭД России: 8544 60

## СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ

## ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ)

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ), "см. Приложение 2, бланк № 0002144"

## ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ

Протоколы испытаний № 323С-2019 от 19.11.2019, № 324С-2019 от 19.11.2019, № 325С-2019 от 19.11.2019, № 326С-2019 от 19.11.2019, № 327С-2019 от 19.11.2019 Испытательного центра кабельной продукции ООО ИЦ «Оптикэнерго», регистрационный № RA.RU.21КБ29 от 05.05.2016

## ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015), РС 001280 с 13.04.2018 до 12.04.2021 выдан ОС систем менеджмента ООО ССУ «ДЭКУЭС» номер аттестата аккредитации в ФСА RA.RU.13ИК54

СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА СООТВЕТСТВИЯ с 21.11.2019

по 20.11.2024

Руководитель (заместитель руководителя)  
органа по сертификации

Эксперт (эксперты)

О.В. Исаева

инициалы, фамилия

А.В. Таранов

инициалы, фамилия







**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**К СЕРТИФИКАТУ СООТВЕТСТВИЯ № RU C-RU.АЖ03.В.00041/19**

(обязательная сертификация)

№ **0002144**

**Приложение 2**

**Сведения о национальных стандартах (сводах правил), применяемых на добровольной основе для соблюдения требований технического регламента**

Обозначение национального стандарта или свода правил	Наименование национального стандарта или свода правил	Подтверждаемые требования национального стандарта или свода правил
ГОСТ 31565-2012	Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности	<p>п. 5.2 (предел распространения горения кабельного изделия при одиночной прокладке – ПРГО1);</p> <p>п. 5.3 (предел распространения горения кабельного изделия при групповой прокладке по категории А – ПРГП 16, по категории В – ПРГП 2);</p> <p>п. 5.4 (показатель дымообразования при горении и тлении кабельного изделия ПД 2);</p> <p>п. 5.6 (эквивалентный показатель токсичности продуктов горения кабельного изделия ПТПМ 2).</p> <p>Класс пожарной опасности кабельных изделий исполнения нг(А) – П16.8.2.5.4.</p> <p>Класс пожарной опасности кабельных изделий исполнения нг(В) – П2.8.2.5.4.</p> <p>Класс пожарной опасности кабельных изделий исполнения нг(А)-LS – П16.8.2.2.2.</p> <p>Класс пожарной опасности кабельных изделий исполнения нг(В)-LS – П2.8.2.2.2.</p> <p>Класс пожарной опасности кабельных изделий без обозначений - О1.8.2.5.4.</p>



Руководитель (заместитель руководителя)  
органа по сертификации

М.П.

RA.RU-11AJ03

Эксперт (эксперты)

*Подпись*  
ПОДПИСЬ

**О.В. Исаева**  
инициалы, фамилия

**А.В. Таранов**  
инициалы, фамилия







**Соответствует требованиям:** ГОСТ Р 55025-2012, п.п. 4.3, 4.4, 4.6, 5.2.1.1, 5.2.1.3, 5.2.1.4, 5.2.1.5, 5.2.1.6, 5.2.1.9 - 5.2.1.11, 5.2.1.13, 5.2.1.15 (кроме проверки прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве внутренней оболочки), 5.2.1.16, 5.2.1.17, 5.2.1.21, 5.2.2.1, 5.2.2.2, 5.2.2.7, 5.2.3, 5.2.5.1 табл. 10 (пп.1-3, 5), 5.2.5.2 табл. 11 (пп.1, 2, 4), 5.2.5.3, 5.2.7.2, 5.2.7.3

**Декларация о соответствии принята на основании** сертификата системы менеджмента качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015), регистрационный № PC 001280 от 13.04.2018г., сроком до 12.04.2021г., выданного ОС систем менеджмента качества ООО ССУ «ДЭКУЭС», № RA.RU.13ИК54.; схема декларирования: 1д.

**Дата принятия декларации**

25.07.2019

**Декларация о соответствии действительна до**

24.07.2022



Пономарев Владимир Васильевич

фамилия, инициалы

**Сведения о регистрации декларации о соответствии** RA.RU.11АБ69, Общество с ограниченной ответственностью "ЛенСерт", 195027, РОССИЯ, город Санкт-Петербург, Пискаревский проспект, 2, корпус 3, литер А, офис 852, 854

**Регистрационный номер декларации о соответствии**

РОСС RU Д-RU.АБ69.В.02084/19

**Дата регистрации**

25.07.2019



Вагер Галина Андреевна

фамилия, инициалы руководителя органа по сертификации

РАЗРАБОТАНО

Генеральный директор  
АО «НТЦ ФСК ЕЭС»



Т.В. Рябин

2019 г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Управления  
координации строительного  
контроля и комплектации  
Департамента капитального  
строительства ПАО «Россети»



А.В. Юрьев

2019 г.

**ПРОТОКОЛ № ТПД-75/19 от 05.06.2019 г.**

по продлению срока действия Заключения аттестационной комиссии

№ 67-13 от 15.07.2013 и дополнению

Срок действия с 05.06.2019 г. по 05.06.2024 г.

### ОБОРУДОВАНИЕ

Кабели силовые на напряжение 10, 20, 35 кВ с круглыми многопроволочными, уплотненными, в том числе герметизированными жилами, одножильные с сечением жилы от 35 до 800 мм<sup>2</sup> включительно, трехжильные с сечением жилы от 35 до 240 мм<sup>2</sup> включительно, марок ПвП, ПвПг, ПвП2г, ПвПу, ПвПу2г, ПвБП, ПвБПг, ПвБП2г, ПвВнг(А)-LS, ПвБВнг(А)-LS, АПвП, АПвПг, АПвП2г, АПвПу, АПвПу2г, АПвБП, АПвБПг, АПвБП2г, АПвВнг(А)-LS, АПвБВнг(А)-LS производства ООО «Камский кабель» (ТУ 16.К71-335-2004 изм. 6) в комплекте с кабельными муфтами производства Tycso Electronics Raychem GmbH на основе термоусаживаемых изделий на напряжение 10, 20 и 35 кВ: концевые муфты для наружной и внутренней установки POLT-12, POLT-24, POLT-42 и соединительные муфты POLJ-12, POLJ-24, POLJ-42; климатическое исполнение кабельной системы УХЛ\* 1, 2 (с ограничением по минимальной температуре окружающей среды до «минус» 50 °С для кабелей с оболочкой из ПВХ композиций пониженной пожарной опасности)

### ЗАЯВИТЕЛЬ

ООО «Камский кабель»

(614030, г. Пермь, ул. Гайвинская, д. 105)

### ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Изготовитель кабеля: ООО «Камский кабель»

(614030, г. Пермь, ул. Гайвинская, д. 105)

Изготовители муфт:

Tycso Electronics Raychem GmbH (Германия)

(Finsinger Feld 1, 85521 Ottobrunn/Munich, Germany)

### СООТВЕТСТВУЕТ

техническим требованиям ПАО «Россети»

### РЕКОМЕНДУЕТСЯ

для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети»

Запрещается передача, перепечатка и публикация материалов настоящего Заключения без разрешения ПАО «Россети»

## Механический расчет полимерных труб (по методике производителя Энерготек)

### Прокладка траншейным методом

Методика выбора кольцевой жесткости трубы от веса грунта и транспорта.

Достаточная кольцевая жесткость трубы при прокладке в траншее:

$$SN=0.458 \times q - 7,5 \times E'_s,$$

Где  $q$  и  $SN$  измеряются в кПа ( $\text{кН/м}^2$ ), а  $E'_s$  измеряется в МПа.

Секущий модуль грунта  $E'_s$  зависит от типа грунта, которым засыпается труба, и степени его уплотнения. Как правило, для этих целей используется песок, и тогда рекомендуется использовать данные табл.1, основанные на обобщении опыта ряда европейских стран. В остальных случаях рекомендуется принимать  $E'_s=0$ .

Вертикальная нагрузка на трубу ( $\text{кН/м}^2$ ) складывается из двух составляющих  $q = q_r + q_{ат}$ , где  $q_r$  – нагрузка от веса грунта ( $\text{кН/м}^2$ ),  $q_{ат}$  – нагрузка от автотранспорта ( $\text{кН/м}^2$ ).

Нагрузка от грунта может быть определена методом «в насыпи» или «в траншее» (нагрузка будет меньше из-за арочного эффекта). Рассмотрим наиболее неблагоприятный случай, когда на трубу давит весь столб грунта высотой  $H$ :

$$q_r = \rho_r \times g \times H,$$

где  $\rho_r$  – удельный вес грунта (обычно не более  $2\text{т/м}^3$ ),  $g = 9,81\text{м/с}^2$  – ускорение свободного падения,  $H$  – глубина залегания трубы в земле (м).

### **Расчитаем нагрузку от грунта на трубу, проложенную в зеленой зоне установок ВЭС:**

$$q_r = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{кН/м}^2,$$

$SN = 0.458 \times 19,62 - 7,5 \times 0,5 = 5,24 \text{кПа}$ , то есть для прокладки в зеленой зоне необходима полимерная труба с кольцевой жесткостью не менее  $SN_6$ .

### **Нагрузка от автотранспорта для труб, проложенных под автодорогой может быть определена по формуле:**

$$q_{ат} = 186 / 2,7 + H = 50,3 \text{кН/м}^2,$$

Общая нагрузка от веса грунта и автотранспорта составит  $69,92 \text{кН/м}^2$ .



$SN=0.458 \times 69,92 - 7,5 \times 1,2 = 23 \text{ кПа}$ , то есть для прокладки под автодорогой необходима полимерная труба с кольцевой жесткостью не менее SN23.

**Табл.1. Рекомендации по выбору секущего модуля для песка, которым засыпана труба.**

Глубина засыпки Н,м	Состояние песка, которым засыпана труба		
	Неуплотненный	Уплотненный вручную	Уплотненный механически
	Секущий модуль грунта $E'_s$ , МПа		
1	0,5	1,2	1,5
2	0,5	1,3	1,8
3	0,6	1,5	2,1



