

В.В. Баннов, канд. техн. наук,
технический директор АО «Самарская Кабельная Компания»;
А.К. Бульхин, канд. техн. наук,
председатель Совета директоров АО «Самарская Кабельная Компания»;
В.Ф. Ключников, канд. эконом. наук,
генеральный директор АО «Самарская Кабельная Компания»;
В.Б. Попов, профессор кафедры «Линии связи и измерения
в технике связи» Поволжского государственного
университета телекоммуникаций и информатики

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТОЙКОСТИ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ С МЕДНЫМИ ЖИЛАМИ К ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье исследуется стойкость кабелей связи и сигнально-блокировочных кабелей к воздействию температурных факторов, в частности к пониженной температуре, для определения возможности их прокладки и эксплуатации в районах Крайнего Севера и Сибири. Приведены результаты испытаний кабелей на стойкость к циклическим изменениям температуры, а также на стойкость к изгибам при отрицательных температурах.

Ключевые слова: кабели связи с медными жилами; сигнально-блокировочные кабели; испытания оболочек кабелей; стойкость кабелей к отрицательным температурам.

Abstract. The paper describes the tests of communication cable and signal and blocking cable for resistance to temperature factors, specifically to low temperature, in order to assess their applicability for installation and operation in the Extreme North and Siberia regions. The results of cable tests for resistance to temperature cycling and bending at subzero temperatures are presented.

Key words: copper conductor communication cable; signal and blocking cable; cable sheath tests; cable resistance to subzero temperatures.

Материал поступил в редакцию 25.06.2018
Баннов В.В. E-mail: bannov@samaracable.ru
E-mail: scc@samaracable.ru

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

За последние годы в нашей стране принят ряд программных документов, предусматривающих развитие телекоммуникационной инфраструктуры в регионах Крайнего Севера и Сибири. Это утверждённые правительством РФ «Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года», «Стратегия развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», «Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года» [1–3]. В процессе реализации планов, намеченных в этих программных документах, в регионах Крайнего Севера и Сибири, несмотря на широкое использование волоконно-оптических кабелей связи, на ведомственных сетях технологической связи с рассредоточенным характером производства находят применение симметричные кабели с медными жилами. Как показывает практика, наиболее широко используются симметричные высокочастотные кабели связи четвёрочной скрутки с плёночно-пористо-плёночной изоляцией жил, а также железнодорожные сигнально-блокировочные кабели в алюминиевой оболочке, которая обеспечивает необходимую защищённость от внешних электромагнитных влияний.

К основным факторам, определяющим специфику прокладки и эксплуатации кабелей в районах Крайнего Севера и Сибири

в первую очередь относятся сложные геофизические и тяжёлые, а порой и экстремальные климатические условия. Сильные морозы и продолжительный зимний период с пониженной температурой окружающей среды осложняют прокладку, монтаж и эксплуатацию кабелей. Практика показывает, что при монтаже кабелей связи с медными жилами в районах с пониженной температурой окружающей среды (в России более 50 % территории находится в районах вечной мерзлоты), кабели чаще всего повреждаются в месте их изгиба. В этой связи значительный практический интерес представляют результаты экспериментальных исследований стойкости наиболее широко применяемых кабелей связи типа МКПпАШп и МКСАШп, а также сигнально-блокировочного кабеля типа СБПЗАШп к циклическим изменениям температуры и изгибам при отрицательных температурах. Актуальность подобных исследований подтверждается и выпуском в 2015 г. ГОСТа по методикам механических испытаний кабелей при низкой температуре [4–6].

В статье приведены результаты исследований, выполненных в заводских условиях с применением климатической камеры, на образцах кабелей МКПпАШп 7×4×1,2+5×2×0,9+1×0,9, МКСАШп 4×4×1,2 и СБПЗАШп 14×2×0,9 производства АО «Самарская Кабельная Компания». Здесь следует отметить, что внешняя защитная оболочка (шланг) накладывается на экструдере с использованием композиции полиэтилена низкой

плотности марки 153-10К с добавкой термо- и светостабилизаторов. Температура хрупкости применяемой композиции полиэтилена не выше $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ГОСТ 16336–2013).

Испытания кабелей на стойкость к циклическому изменению температур были выполнены по методике испытаний, аналогичной испытаниям на воздействие повышенной и пониженной рабочей температуры окружающей среды, описанных в [4–6]. Изменения в методике выполненных авторами статьи испытаний касались температурного диапазона испытаний. В отличие от [4–6] в настоящей работе кабели испытывались при более жёстких условиях, выдерживаясь к климатической камере непрерывно в течение двух циклов изменения температуры от $+60$ до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (согласно требованиям ТУ кабели МКПпАШп и СБПЗАШп испытываются при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7, 10], а кабели МКСАШп согласно ГОСТ испытывают при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [8]).

Анализ нормативно-технической документации [4–8, 10] относительно испытаний на стойкость кабелей к изгибам при отрицательных температурах, показал, что согласно [7, 8, 10] испытания кабелей проводятся на образцах, предварительно изогнутых на оправках при нормальной температуре ($20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$) и затем помещённых в климатическую камеру. Вместе с тем, в стандартах [4–6] рекомендуется сначала выдерживать кабели в распрямленном состоянии при отрицательной температуре и лишь затем выполнять изгиб. Общеизвестно, что жёсткость кабеля увеличивается при понижении температуры и, как следствие, возрастает вероятность его повреждения при изгибе. Для того, чтобы смоделировать условия, наиболее приближённые к реальным условиям работы с кабелем при отрицательных температурах, было решено проводить испытания по методике ГОСТ 17491–80 для кабелей с диаметром выше $12,5\text{ мм}$ [9]. Поэтому в настоящей работе для оценки стойкости кабелей связи к изгибам перед проведением испытаний образцы кабелей выдерживались в распрямлённом состоянии в течение 4 часов при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем проводились испытания на оправках диаметром, равным 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке для кабелей связи, а также равным 15 и 30 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке для сигнально-блокировочного кабеля, согласно требованиям [7, 8, 10]. После проведения испытаний помимо внешнего визуального осмотра выполнялось также испытание образцов кабелей высоким напряжением.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ЦИКЛИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Испытания кабелей связи на стойкость к циклическим изменениям температуры проводились в соответствии с ТУ 16.К17-034–2003 и ГОСТ 15125–92 для кабелей МКПпАШп и МКСАШп соответственно, а также ТУ 16.К71-297–2000 для сигнально-блокировочного кабеля. При этом учитывались также требования ГОСТ 20.57.406–81, согласно которому климатическая камера для испытаний должна поддерживать испытательные режимы с отклонением температуры от заданного значения не более $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Испытания проводились в следующем порядке. Образцы кабелей длиной 2 м с диаметрами, равными 26 мм для кабеля МКПпАШп, 19 мм для кабеля МКСАШп и 22 мм для кабеля СБПЗАШп по алюминиевой оболочке, выдерживались при нормальной температуре окружающей среды в течение 2 часов. Затем образцы плотно наматывались на оправки соответствующих диаметров. Для кабеля МКПпАШп диаметр оправки составлял 700 мм (не превышает диаметр 780 мм,

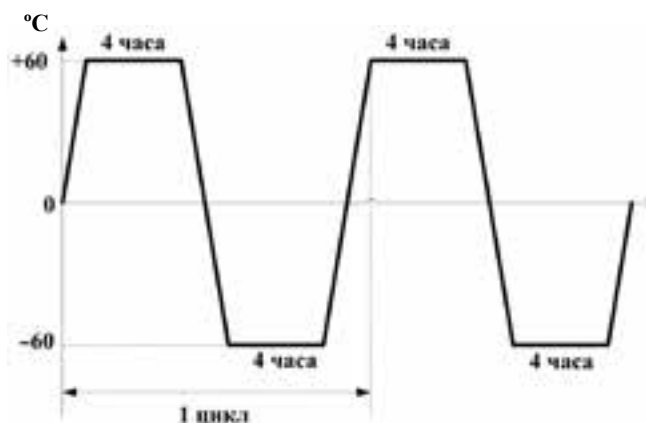


Рис. 1. График изменения температуры в климатической камере

равный 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке) и для кабеля МКСАШп диаметр оправки составлял 550 мм (не превышает диаметр 570 мм, равный 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке) и для кабеля СБПЗАШп – 630 мм, что не превышает допустимые 660 мм. Концы образцов кабелей при этом герметично заделывались. Намотанные на оправки образцы кабелей затем помещались в климатическую камеру марки EXCAL 7723HE и выдерживались два цикла климатических испытаний (рис. 1). За один цикл испытаний принимались понижение температуры до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдержка в течение 4 часов, затем повышение температуры до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдержка в течение 4 часов.

Затем образцы кабелей извлекались из климатической камеры и выдерживались в нормальных климатических условиях в течение 2 часов. После этого выполнялся визуальный осмотр образцов на отсутствие растрескиваний на внешней полиэтиленовой оболочке кабелей. После визуального осмотра выполнялась проверка кабелей напряжением в полном соответствии с требованиями нормативной документации.

Испытательное напряжение величиной 2 кВ с частотой тока 50 Гц подавалось между всеми токопроводящими жилами, соединёнными вместе, и металлической оболочкой в течение 2 минут. Визуальный осмотр образцов испытываемых кабелей и проверка их напряжением показали, что кабели полностью прошли проведённые испытания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ИЗГИБАМ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Два образца кабелей с внешним диаметром 30 мм для МКПпАШп, 22 мм для МКСАШп и 24,5 мм для СБПЗАШп помещались в распрямлённом состоянии в климатическую камеру. Затем образцы выдерживались в ней при отрицательной температуре, равной $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, в течение 4 часов.

После выдержки в камере холода образцы подвергались трём циклам изгиба вокруг оправок в противоположных направлениях (рис. 2) со скоростью один изгиб в течение 3 сек. на специально изготовленной в соответствии с требованиями [9] установке. Образец изгибался на угол 90° . За один цикл изгиба принимался: изгиб вправо, выпрямление, изгиб влево, выпрямление. Радиусы оправок составляли 390 мм для кабеля МКПпАШп и 285 мм для МКСАШп, что соответствовало 30 диаметрам кабелей по алюминиевой оболочке, согласно требованиям [7, 8]. Сигнально-блокировочный кабель СБПЗАШп испытывался на двух образцах. Первый образец кабеля изгибался на оправках радиусом 330 мм (30 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке).



а



б

Рис. 2. Установка для испытаний кабелей на изгиб:
а) внешний вид; б) внешний вид с изогнутым в установке кабелем

Второй образец – на оправках радиусом 165 мм (15 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке).

Для того, чтобы выполнить три цикла изгиба, каждый образец кабеля извлекался из климатической камеры и изгибался за ее пределами на установке (рис. 2). Время после извлечения кабеля и выполнения трёх циклов изгиба не превышало 3 минут [11]. После выполнения трех циклов изгиба выполнялся визуальный осмотр кабеля на наличие или отсутствие повреждений. Затем образцы кабелей выдерживались при нормальной температуре 2 часа и выполнялись испытания напряжением. Образец кабеля считался выдержавшим испытания, если на его поверхности отсутствовали визуально различимые повреждения (трещины), и кабель выдерживал испытание напряжением.

После трёх циклов изгиба был выполнен визуальный осмотр кабелей. Повреждений на оболочке кабелей не было. Затем образцы выдерживались в течение 2 часов при температуре плюс 20 °С. Далее была выполнена подготовка образцов кабелей к испытаниям напряжением, которые проводились в соответствии с требованиями стандартов. В течение 2 минут испытательное напряжение величиной 2 кВ с частотой тока 50 Гц подавалось между всеми токопроводящими жилами, соединёнными вместе, и металлической оболочкой. Все испытываемые образцы кабелей выдержали испытание напряжением.

Таким образом, можно сделать следующие выводы по результатам проведённых испытаний: кабели МКПпАШп и МКСАШп при температуре –60 °С выдерживают изгибы на радиус, составляющий не менее 30 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке, а кабель СБПЗАШп выдерживает изгибы с радиусом не менее 30 и 15 диаметров по алюминиевой оболочке. В алюминиевой и полиэтиленовой оболочках трещин не наблюдалось и кабели выдержали испытания напряжением.

ВЫВОДЫ

Основные результаты проведённых экспериментальных исследований кабелей с медными жилами производства АО «Самарская Кабельная Компания» сводятся к следующему:

- симметричные высокочастотные кабели с плёночисто-плёночной и кордельно-полистирольной изоляцией, а также сигнально-блокировочные кабели с полиэтиленовой изоляцией обладают высокой стойкостью к циклическим изменениям температуры в диапазоне от –60 °С до +60 °С;

- показана высокая холодостойкость наружной полиэтиленовой оболочки исследуемых кабелей: кабели связи МКПпАШп и МКСАШп выдержали испытания при изгибе с радиусом 30 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке, а сигнально-блокировочный кабель СБПЗАШп – при изгибе с радиусом равным 15 диаметров кабеля по алюминиевой оболочке при температуре –60 °С, что является более жёстким условием по сравнению с требованиями нормативных документов;

- обеспечение более высокой стойкости кабелей к пониженной температуре окружающей среды обусловлено тем, что для наложения внешних защитных оболочек используются композиции полиэтилена, стойкие к термоокислительному и фотоокислительному старению, и экструдеры, оборудованные средствами термоконтроля и термостабилизации с точностью регулирования температур ± 2 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года. URL: <http://pandia.ru/text/78/158/58118-24.php> (дата обращения 01.06.2018).
2. Стратегия развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. URL: <http://pandia.ru/text/78/115/36683.php> (дата обращения 01.06.2018).
3. Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года. URL: <https://www.mintrans.ru/documents/1/1010> (дата обращения 01.06.2018).
4. ГОСТ ИЕС 60811-504–2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 504. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на изгиб при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
5. ГОСТ ИЕС 60811-505–2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 505. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на удлинение при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.
6. ГОСТ ИЕС 60811-506–2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 504. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на удар при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
7. ТУ 16.К17-034–2003. Кабели связи симметричные высокочастотные с плёночисто-пористой полиэтиленовой изоляцией. – Самара: СКК, 2003. – 28 с.
8. ГОСТ 15125–92. Кабели связи симметричные высокочастотные с кордельно-полистирольной изоляцией. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. – 27 с.
9. ГОСТ 17491–80. Кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией и оболочкой. Методы испытания на холодостойкость. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 65 с.
10. ТУ 16.К71-297–2000. Кабели для сигнализации и блокировки с полиэтиленовой изоляцией в металлической оболочке с гидрофобным заполнением. – М.: ВНИИКП, 2015. – 58 с.
11. ГОСТ 20.57.406–81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2005. – 132 с.