

*В.Ф. Графов, старший преподаватель;  
О.И. Дошлов, канд. хим. наук, профессор;  
О.В. Команденко, инженер;  
И.Н. Поляков, инженер;*

*Н.А. Строкин, канд. физ.-мат. наук, доцент;  
Иркутский государственный технический университет*

# НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЗАЩИТНЫЙ КАБЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ С ВЫСОКОЙ АДГЕЗИЕЙ К МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ОБОЛОЧКАМ И БРОНЕ

Защитные покровы силовых кабелей, содержащие подушку, броню и наружный покров, предназначены для механической защиты кабелей и исключения возможности коррозии металлических оболочек и брони. Основная часть кабелей с защитными покровами в России выпускается в настоящее время и будет выпускаться в ближайшие 10 лет [1] – это кабели с бумажно-пропитанной изоляцией (БПИ). Бронированные кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией не содержат подушек под броню.

Изоляция кабелей, в том числе и бумажно-пропитанная, сохраняет свои электрические и термомеханические параметры и после 25 лет нахождения в земле [2]. Противокоррозионные слои, обеспечивающие продольную и поперечную герметизацию поверхности кабеля, в качестве основного компонента содержат битум. Проблемы с прокладкой и эксплуатацией кабелей с битуминизированными покровами связаны с тем, что битум имеет низкую морозостойкость и адгезию к металлу и подвержен процессам окислительного старения. Поэтому противокоррозионные слои не обеспечивают необходимую степень герметизации металла, что приводит к его коррозии и разрушению покрова. Эксплуатационные показатели подобных кабелей в части совершенствования защитных покровов должны быть улучшены [1].

Альтернативой окисленному битуму может стать модифицированный битум – полимерно-битумный материал (вяжущее) – ПБВ. Данному продукту в составе противокоррозионных слоев, как будет показано далее, можно придать повышенные показатели деформируемости при

минусовых температурах и существенно улучшенные адгезионные свойства, что продлит срок безаварийной работы и обеспечит возможность прокладки и монтажа кабелей в холодное время года.

Усовершенствование защитных покровов кабелей в настоящее время осуществляют по двум направлениям.

## **1. Традиционное направление.**

В качестве герметизирующих оболочку и броню материалов используют строительные битумы, наносимые на кабель поливом. В качестве демпфирующих связующих слоев используют различные кабельные пряжи, волокна. При этом стремятся получить хорошее качество пропитки пряжи, сплошное, однородное по толщине покрытие. Основным недостаток таких покровов – запрет на прокладку кабелей при минусовых температурах – сохраняется.

## **2. Улучшение качества связующих слоев.**

Основным герметиком остается строительный битум. В качестве «сорбирующей» битум основы используются тканые материалы, например лента ЛКПТ [3], или предварительно битуминированные материалы [4, 5]. «Низкотемпературные» проблемы ослабляются незначительно.

Принципиальным решением вопроса является подбор и использование такого состава, который сохранял бы работоспособность при отрицательных температурах и наносился на элементы конструкции кабеля без изменения существующей технологии – поливом. Такой подход может быть выделен в самостоятельное направление модификации и назван *использованием полимерно-битумных композиций*.

Вопросами модификации битума занимаются достаточно давно. Основное количество работ было выполнено в рамках создания кровельных, кровельных материалов на битумной основе. В результате был разработан новый класс материалов – битумсодержащие материалы.

Простейшей операцией модификации битума было введение в битумную кровельную массу антисептика [6]. Авторы работы [7], наряду с битумом, использовали эпоксидно-диановую смолу, растворитель, отвердитель и флотореагент. Рабочий температурный интервал битума в изделиях характеризуется [8] интервалом его пластичного состояния – разницей между температурами размягчения и хрупкости. Увеличения этого интервала можно достичь введением в битум *синтетических полимеров*. Битумсодержащий материал по рецепту, изложенному в работе [9], включает в себя волокнистую основу, пластифицирующее масло, минеральный наполнитель и полимерную добавку, в качестве которой использовался и полиэтилен. Направление работ, когда в битумсодержащий материал включают полимерную добавку, привело к созданию ПБВ со значительно улучшенными эксплуатационными свойствами, в частности, улучшилась адгезия; диапазон рабочих температур расширился в сторону отрицательных. Полиэтилен в ПБВ заменялся более доступным, дешевым материалом, например гидролизным лигнином [10]. В качестве полимерной добавки использовался и тиokol со сшивающим отвердителем и пластификатором [11].

История работ по поиску и *применению ПБВ в кабельном производстве* насчитывает около 10 лет. Ведутся работы по созданию битуминированных лент [4], используемых в защитных покровах кабелей. В битумсодержащем материале для защиты кабелей [12] в качестве полимера в ПБВ, нанесенном на ткань, применяется бутадиен-стирольный термоэластопласт ДСТ. При его введении получена хорошая пропитка материала и исключена излишняя липкость. В качестве основы, на которую наносится ПБВ, использовалась и кабельная бумага. ПБВ включал, кроме битума, антисептик и полимерную добавку [5].

Одним из лучших к настоящему времени битумсодержащих материалов для защиты покровов кабеля является состав по патенту [13]. Здесь тканевая основа пропитывается смесью битума, ДСТ-30, растворителя, антисептика и флотореагента. Материал после пропитки и сушки сохраняет гибкость до температуры  $-18 \div -35^\circ\text{C}$  в зависимости от соотношения битум – полимер.

Основной модифицирующей добавкой в ПБВ, который *приготовлен и испытан авторами* в составе защитных покровов образцов кабелей, также является дивинил-стирольный термоэластопласт (каучук) ДСТ–30Р–01 – продукт сополимеризации бутадиена со стиролом –  $[\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2]_n[\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)]_m$ . Звенья стирола в молекуле полимера отвечают за связь с битумом, в то время как звенья бутадиена выполняют роль эластичных «пружинок», связывающих стирольные блоки. При качественном смешении молекулы полимера связываются между собой, образуя пространственно разветвленную сеть, внутри которой заключен битум. Это придает полимерно-битумной смеси свойства «резиноподобности»: модифицированные битумы обладают высокой эластичностью (до 2000%), гибкостью при отрицательных температурах (до  $-35^\circ\text{C}$ ), хорошей теплостойкостью (до  $+120^\circ\text{C}$ ).

Производство модифицированных битумов по рецептуре, предназначенной для использования в составе дорожных покрытий, освоено на ОАО «Ангарская нефтехимическая компания». Установка допускает возможность введения в битум добавок, необходимых для кабельных ПБВ.

Работа на образцах кабелей велась авторами в основном с ПБВ следующего состава:

- полимер ДСТ-30-Р-01 – 2,4%;
- масло индустриальное И-10 – 8,6%;
- битум БН 70/30 – остальное.

#### Результаты испытаний

Измерения характеристик защитных покровов с ПБВ проводились по методикам, принятым для испытания защитных покровов кабелей, содержащих битум:

- температура размягчения по кольцу и шару (КиШ) – по ГОСТу 11506–78; для защитных покровов кабелей необходимая температура определяется по ГОСТу 7006–72;
- определение хрупкости состава и адгезии к металлам (алюминий и свинец) – по ГОСТу 6997; состав считают выдержавшим испытание, если он не отстаёт от металлических пластин и не растрескивается в процессе изгиба вокруг стержня диаметром 25 мм;
- испытание кабелей на холодостойкость – по методу 203–1 ГОСТа 20.57.406;
- образец кабеля, намотанный на цилиндрическую оправку, выдерживают при температуре  $-50^\circ\text{C}$  в течение 2 ч., затем подвергают удару грузом массой 3,13 кг при его свободном падении с высоты 200 мм; образец считают выдержавшим испытание, если после трехкратного уда-

### Характеристики защитного покрова с ПБВ

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	77
Хрупкость состава и адгезия к алюминию и свинцу	Выдержал
Адгезия – среднее численное значение, кПа	1162
Испытание на холодостойкость	Выдержал без осыпания
Испытание на невытекание битумного состава	Выдержал

ра не произошло осыпание герметизирующего состава;

- испытание на невытекание битумного состава – по ГОСТу 7006–72;
- численное значение адгезии при отрыве дюралюминиевых дисков, между которыми находился кольцевой слой испытуемого материала толщиной  $\Delta \leq 1$  мм, определяли на разрывной машине МР 0,5–1.

Измерения проводились на аттестованном оборудовании Центральной заводской лаборатории ОАО «Иркутсккабель». Результаты сведены в таблицу.

По результатам испытаний необходимо сделать следующие замечания.

1. Средняя температура размягчения ПБВ (+77°С) превышает температуру размягчения для битума и, главное, рабочую длительно допустимую температуру +65°С силовых кабелей с БПИ на рабочее напряжение  $U_n \geq 6$  кВ.

2. Сила адгезии для ПБВ превышает силу адгезии для битума в среднем на 24 %. При этом более важно то, что для битума характерен разрыв по границе адгезив–субстрат (рис. 1), а для ПБВ (рис. 2) разрыв идет по материалу ПБВ. Это означает, что герметичность покрытия металла не будет нарушена при возможных деформациях защитного покрова.

Себестоимость кабеля, например ААБл 3 × 240 – 10 кВ, при использовании в конструкции защитного покрова ПБВ возрастает по сравнению с себестоимостью при битумном покрове на 0,3–0,33%. Понятно, что такое удорожание будет заведомо компенсировано улучшением эксплуатационных свойств кабеля и, как следствие, повышением на него спроса.

Набор полученных экспериментальных данных, наряду с существующим уровнем понимания механизмов работы полимерно-битумных композиций, позволяет утверждать, что применение ПБВ в защитных покровах существенно улучшит их коррозионную стойкость в процессе эксплуатации и позволит производить прокладку и монтаж кабелей при отрицательных температурах.



Рис. 2. Диски после отрыва – ПБВ



Рис. 1. Диски после отрыва – битум

#### ЛИТЕРАТУРА



1. Пешков И.Б., Уваров Е.И. 125 лет кабельной промышленности. Этапы пути, становление, современное состояние // Кабели и провода. 2004. № 5. С. 3–8.
2. Боксимер Э.А., Рязанов В.И., Курганская С.Г. Старение кабелей при прокладке в грунте. Итоги 25 лет испытаний надежности кабелей на ОАО «Завод «Сарансккабель» // Кабели и провода. 2005. № 2. С. 18.
3. ТУ 3491–001–50289046–2002. Лента кабельная пропитанная тканевая.

4. ТУ 16-91И26.0052.006. Лента битуминированная.
5. Макиенко Г.П., Пешков И.Б., Сусоров И.А., Барсуков В.К. Битумсодержащий материал для защиты кабелей // Патент РФ № 2131445. Оpubл. 10.06.1999.
6. Поваляев М.И., Михайлова О.К., Степаненко М.С. Способ изготовления битумного кровельного материала на картонной основе // Авторское свидетельство СССР № 184698. Оpubл. 21.07.1966. Бюлл. № 15.
7. Готлиб Е.М., Воскресенская О.М., Ликумович А.Г. и др. Состав для покрытия // Заявка на изобретение RU 94013088. Оpubл. 20.12.1995.
8. Дошлов О.И., Елшин А.И., Козленко А.И. Модифицированные нефтяные битумы для дорожного строительства. Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2001. С. 100.

9. Пак З.П., Кузьминов В.М., Вишневецкий И.Я. и др. Битумсодержащий материал // Патент РФ № 2075565. Оpubл. 20.03.1997.
10. Дошлов О.И., Белинский Г.А., Гуцалюк Б.Н. и др. Асфальтобетонная смесь // Патент РФ № 2192399. Оpubл. 10.11.2002.
11. Хакимуллин Ю.Н., Хозин В.Г., Мурафа А.В. и др. Битумполимерная композиция // Патент РФ № 2179986. Оpubл. 27.02.2002.
12. Колосов Г.Н., Кранидов А.М., Агапова Т.В. и др. Битумсодержащий материал для защиты кабелей // Патент РФ № 2131445. Оpubл. 10.07.1997.
13. Кузьмицкий Г.Э., Федченко Н.А., Аликин В.Н. и др. Битумсодержащий материал для защиты покровов кабеля // Патент РФ № 2176259. Оpubл. 27.11.2001.

**САМАРСКАЯ  
КАБЕЛЬНАЯ  
КОМПАНИЯ**

РОССИЯ, 443022  
г. Самара, ул. Кабельная, 9  
<http://samaracable.ru>  
e-mail: [post-office@samaracable.ru](mailto:post-office@samaracable.ru)



**SAMARA  
CABLE  
COMPANY**

Тел.: (846) 279-12-10 (многокан.),  
228-23-45, 228-24-10  
Факс: (846) 955-22-00,  
955-08-40, 955-02-73

медные кабели магистральной, зонавой и местной связи;  
городские телефонные кабели от 5 до 1200 пар,  
в том числе с гидрофобным заполнением;  
силовые кабели и самонесущие изолированные  
провода (СИП) для ЛЭП;  
железнодорожные кабели;  
контрольные и сигнально-блокировочные кабели;  
кабели для структурированных кабельных  
сетей (LAN кабель);  
автомобильные, монтажные,  
соединительные и бытовые провода.

**Наша новая продукция:**

комбинированные магистральные кабели  
с медными жилами и оптическими волокнами;  
кабели телефонные для цифрового уплотнения;  
радиочастотные кабели.

Система менеджмента качества ЗАО "СКК" соответствует  
требованиям российских и международных стандартов  
ISO 9001-2000.