

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ОТ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Безопасность движения и эксплуатационная надежность тягового электроснабжения определяются в основном состоянием контактной сети, по техническим и экономическим причинам сооружаемой без резервирования. Наибольшее количество отказов происходит из-за недостатков в эксплуатационной работе и в технических параметрах элементов системы, однако значительная часть сбоев связана с внешними факторами – условиями эксплуатации и окружающей средой.

Все мы знаем о таком негативном явлении, как образование гололеда. Как известно гололед значительно повышает нагрузку на провода и опоры, особенно в тех случаях, когда он сопровождается сильным ветром. Кроме того, гололед на контактом проводе может создать значительные затруднения в процессе токосъема, вызывая образование электрической дуги в точке соприкосновения «полоз токоприемника – контактный провод».

Нарушения контакта между проводом и пантографом приводят к нарушению непрерывности тягового усилия и могут вызывать повреждения электрооборудования подвижного состава вследствие возникновения значительных внутренних перенапряжений [1]. Скопления льда на раме и лыжах пантографа приводят к уменьшению давления пантографа на провод и могут полностью компенсировать активное давление пантографа, что может приводить к отрывам пантографа от провода при изменении его высоты.

В рамках исследования был проведен анализ отказов ЭЧ-2 Свердловской железной дороги за период с 2009 по 2012 годы. Из рисунка 1 наглядно видно, что доля отказов проводов контактной сети из-за гололеда достаточно высока.

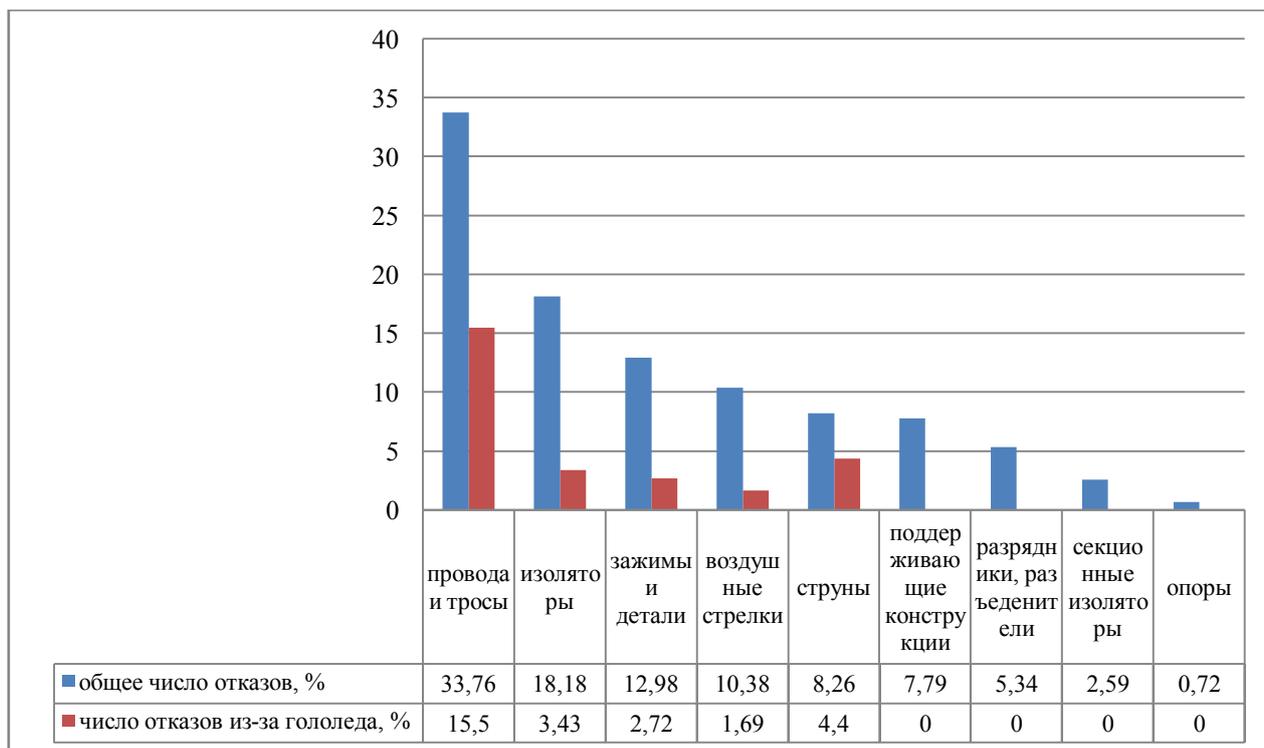


Рис. 1. Статистика отказов устройств контактной сети

Провода контактной сети являются наиболее уязвимым элементом конструкции и нуждаются в дополнительной защите от внешних воздействий в частности от гололеда [2].

В настоящее время борьба с гололедом на проводах КС производится электрическими, химическими и механическими способами. Опыт эксплуатации показывает, что на тех дорогах, где применяются профилактические меры по борьбе с гололедом, такие как: плановый подогрев проводов и плавка гололеда, вероятность обрыва и выхода из строя устройств подвески значительным образом снижается. Но существуют негативные последствия применения таких методов:

- опасность отжига проводов;
- высокие расходы электроэнергии;
- низкая производительность;
- неполное удаление гололеда;
- опасность повреждения и деформации контактных проводов.

В данной статье представлена инновационная методика борьбы с гололедом. Суть данного метода заключается в нанесении композиционного покрытия, состоящего из полых алюмосиликатных или керамических

микросфер, латексно-акриловой смеси и неорганических пигментов, на поверхность проводов КС и ЛЭП.

В наибольшей степени, материал зарекомендовал себя как антикоррозионное, антиконденсатное и антиобледенительное покрытие. Материал целесообразно применять для нестандартного оборудования с температурой поверхности до $+180^{\circ}\text{C}$. (Температура деструкции покрытия $+260^{\circ}\text{C}$).

На базе испытательного центра технических средств железнодорожного транспорта УрГУПС, с использованием климатической камеры типа THV710, был проведен ряд испытаний направленных на исследования свойств покрытия.

Образцы для испытаний – два провода марки МФ-100, использующихся, как контактные провода (КП) электрических железных дорог и три провода марки ПБСМ-70, А-95 и А-120, которые применяются и на КС (виде несущих тросов) и на ЛЭП. Длина образцов составила 1 м. Все провода на 50 % покрывались антигололедным материалом, кроме одного контактного провода, который оставался эталонным.

После нанесения покрытие разделяется на два слоя на основу и внешний слой, усыпанный всплывшими тонкостенными полыми микросферами диаметром $\sim 100\text{мкм}$ (рис. 2), которые во множестве выступают над поверхностью полимерной основы (примерно 100 миллионов микросфер на 1 м). Этот поверхностный слой и защищает поверхность от образования конденсата и гололеда. Теплоемкость поверхностного слоя микросфер крайне мала $\sim 0,084\text{Дж/см}^3$ ($\sim 0,02\text{кал/см}^3$). Утолщается (до $\sim 100\text{мкм}$) зона кондуктивного теплообмена с окружающей средой. Этот слой также существенно блокирует и радиационную составляющую теплоотдачи. При малейшем дуновении ветра, поверхность выступающих микросфер за счет конвективной теплоотдачи быстро охлаждается, и радиационная составляющая теплоотдачи ($\sim T^4$) резко падает. В результате эффективный коэффициент теплоотдачи, представляющий собой сумму конвективной и радиационной теплоотдачи значимо (в разы) уменьшается.

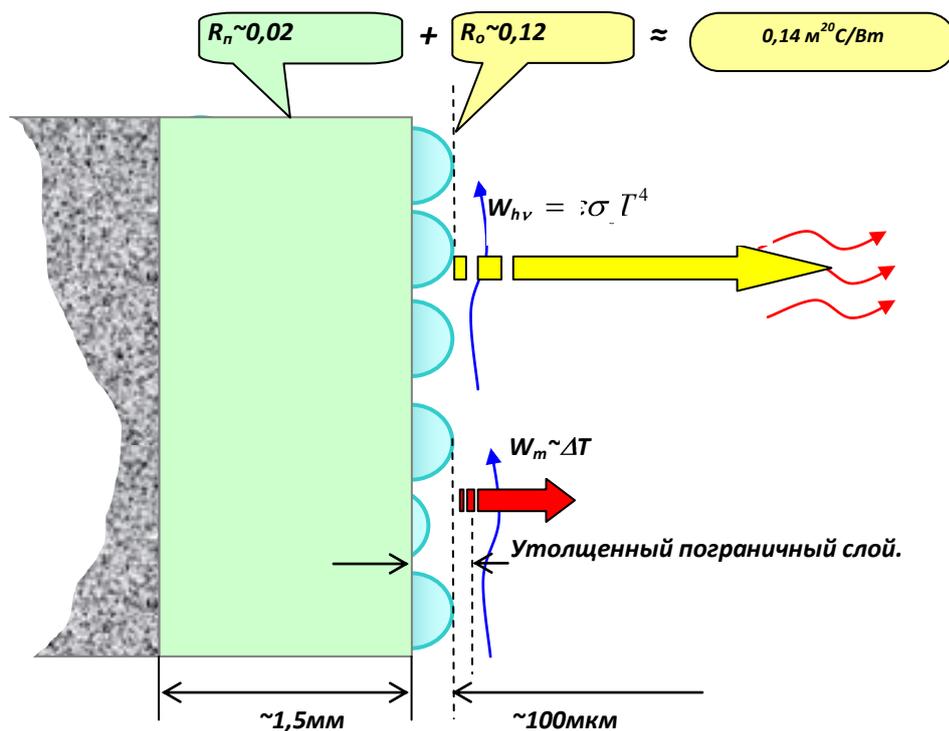


Рис. 2. Схематическое изображение покрытия

Покрытие наносилось молярной кистью после подготовки образцов:

- визуальный осмотр целостности образцов;
- подготовка поверхности образцов к нанесению покрытия (удаление мелких частиц и влаги);
- подвешивание контактных проводов в пространстве камеры.

Стоит отметить, что на контактный провод покрытие наносилось только на верхнюю часть, т.к. материал обладает диэлектрическими свойствами и при попадании в пространство между ползком токоприемника и контактным проводом может вызвать сбои в процессе токосъема (образование электрической дуги, пережог провода).

Опыт начался с запуска камеры THV710, первоначальные показатели температуры и влажности были приближены к нормальным условиям (температура 20°C , влажность $\leq 85\%$).

Далее для прогрева камеры температуру поднимали до 30°C , влажность, оставляя на прежнем уровне. В процессе наблюдений за поведением материала можно отметить небольшое увеличение объема нанесенного слоя, цвет стал более насыщенным, из серовато-белого стал чистым ярко-белым.

Следующим этапом произвели повышение влажности воздуха до максимально возможной в данной камере 99 % и начали резкое понижение температуры воздуха до -5°C . Данная температура поддерживалась в течение 73 минут, этого время хватило для образования небольшого слоя льда на поверхности образцов. Гололедообразования видны невооруженным глазом (рисунок 3), форма гололеда овальная, ввиду отсутствия ветра в камере. Толщина его варьируется от 1 до 2 мм по всей поверхности контактных проводов и чуть больше на несущих тросах. В местах нанесения покрытия толщина слоя гололеда меньше, чем на участках без него, однако стоит, отметить, что при очистке гололеда от провода механическим воздействием, в местах, где было нанесено покрытие, удаление гололеда происходило намного легче, чем от проводов без покрытия.

Результаты испытаний: приведены в таблице 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Результаты измерений до испытаний в климатической камере

Наименование показателя	Значение показателя	
	С покрытием	Без покрытия
1	2	3
1. Внешний вид покрытия	Равномерное матовое покрытие белого цвета	–
2. Средняя толщина покрытия, мкм	950	0
3. Продолжительность сушки, ч.	24	0
4. Сцепляемость с образцами	Высокая	–
5. Масса образцов, Н	9,15	9,15
6. Прочность покрытия	Высокая	–
7. Эластичность	Высокая	–



а)

б)

Рис.3. Испытание в климатической камере: а) начало испытаний; б) окончание испытаний

Таблица 2 . Результаты измерений после испытаний в климатической камере

Наименование показателя	Значение показателя	
	С покрытием	Без покрытия
1	2	3
1. Внешний вид образцов	Без изменения	
2. Толщина гололеда, мкм	1500	2100
3. Распределение гололеда	Неравномерное, в местах с нанесенным покрытием количество гололеда значительно меньше, чем без покрытия	Равномерное
4. Прочность гололеда	Легко скалывается с образцов	Расположен по всей площади образцов, сложнее подвергается механической

Наименование показателя	Значение показателя	
	С покрытием	Без покрытия
1	2	3
		счистке
5. Масса образцов, Н	9,3	9,8
6. Прочность покрытия	Без изменения	–
7. Эластичность	Без изменения	–

Выводы по результатам испытаний:

- Покрытие выполняет антигололедные функции применительно к проводам контактной сети и ЛЭП;
- Покрытие обладает высокой прочностью и легкостью;
- Покрытие отлично сцепляется с проводами;
- Покрытие просто в нанесении на провода (ручным способом);
- Покрытие является эластичным.

Методика борьбы с гололедом на проводах контактной сети и линиях электропередач, изложенная в данной статье, поможет избежать больших экономических потерь от гололедного воздействия. В последующем планируется провести ряд испытаний на реальных полигонах железных дорог и ЛЭП.

Литература

1. Порцелан А. А., Павлов И. В., Неганов А. А. Борьба с гололедом на электрифицированных железных дорогах. – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.
2. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи: – М.: Маршрут, 2003. – 416 с.

Ковалев А.А., Исаков Н.А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЗАЖИМОВ ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

На сегодняшний день железная дорога является одним из самых востребованных видов транспорта на территории Российской Федерации. В