

*Д.В. Новиков, канд. техн. наук, заведующий отделением;
Т.А. Степанова, научный сотрудник;
Д.А. Харченко, заведующий лабораторией;
ОАО «ВНИИКП»*

Исследования и разработки в области кабелей и проводов специального назначения

Аннотация. В настоящей статье представлен обзор таких групп специальных кабелей как судовые кабели и кабели и провода для подвижного состава рельсового транспорта. Уделено внимание истории создания кабелей и проводов данных групп, а также указаны особенности эксплуатации, которые необходимо учитывать при разработке. Отмечены перспективные направления по разработке судовых кабелей и кабелей и проводов для подвижного состава рельсового транспорта и необходимость гармонизации нормативной документации с международными стандартами.

Ключевые слова: кабели и провода для подвижного состава; монтаж; пожаробезопасность; судовые кабели; эксплуатация.

Abstract. The paper gives a review of special cables, such as shipboard cable and cable and wire for rail transport rolling stock. Consideration is given to the history of development of special cable and wire designs and the specific features of operation to be taken into account in the designing are indicated. Promising directions of development of shipboard cable and cable and wire for rail transport rolling stock are discussed. The necessity of regulatory documentation harmonization with the international standards is highlighted.

Key words: cable and wire for rolling stock; installation; fire safety; shipboard cable; operation.

Материал поступил в редакцию 23.08.2017
E-mail: vniikp@vniikp.ru; D.Novikov@vniikp.ru

Термин «кабели и провода специального назначения» носит достаточно условный характер, так как большинство кабельных изделий имеет вполне определенное применение в конкретных областях промышленности. В настоящей статье под кабелями и проводами специального назначения понимаются изделия, к которым предъявляются специфические требования по эксплуатационным характеристикам и параметрам надежности.

КАБЕЛИ ДЛЯ СУДОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Особенностью судовых кабелей, определяющей их конструктивное исполнение, являются достаточно жесткие условия эксплуатации: воздействие климатических и механических факторов на протяжении всего срока службы, воздействие паров масел и дизельного топлива, экстремальные режимы работы оборудования и т.д.

Судовые кабели условно можно разделить на два поколения. Судовые кабели первого поколения разрабатывались в период 60–70-х и до начала 90-х годов прошлого века. Головным разработчиком этих кабелей являлся ВНИИКП. Основным результатом разработок явилось создание государственного стандарта, охватывающего основную номенклатуру применяемых кабелей, а также широкой линейки ТУ на судовые кабели узкоспециализированного назначения (например, герметизированные судовые кабели). Судовые кабели первого поколения в основной своей массе в качестве материалов изоляции и оболочки имели резины. Пластмассы, широкое

применение которых началось с 60-х годов XX века, достаточно долгое время применялись в ограниченной номенклатуре судовых кабелей, эксплуатирующихся преимущественно на объектах, на которых требовалось снизить массогабаритные показатели кабелей. Производство таких кабелей было организовано на ряде кабельных заводов СССР.

На момент разработки судовые кабели первого поколения полностью отвечали требованиям по эксплуатационным параметрам и показателям надежности. Необходимо отметить, что кабели, разработанные в 60–70-х годах XX века, и в настоящее время эксплуатируются на объектах и изготавливаются некоторыми кабельными заводами РФ и ближнего зарубежья.

Начиная с 1992 г. в связи с резким сокращением объемов судостроения, работы в области судовых кабелей практически приостановились. Отдельные разработки ВНИИКП и предприятий либо не были завершены, либо не находили практического применения. Ситуация начала изменяться в 2000-х годах. Новые проекты, а также активная модернизация ВМФ показали, что по ряду параметров судовые кабели первого поколения не отвечают возросшим требованиям судовой промышленности. Судовые кабели первого поколения в основной своей массе имели недостаточно высокие показатели надежности. Средний срок службы кабелей составлял 15–20 лет. Для новых проектов требовалось уже не менее 30 лет. Кроме того, остро встал вопрос о пожарной безопасности кабельных трасс. Применяемые материалы не могли обеспечивать соответствие кабелей комплексу требований по пожарной



Рис. 1. Дефект вида «гофра» и последующее растрескивание

безопасности (нераспространение горения, низкое дымо- и газовыделение и т.д.).

В середине 2000-х годов предприятиями судовой промышленности совместно с бывшими филиалами ВНИИКП была проведена работа по созданию гаммы судовых кабелей, учитывающих ужесточившиеся эксплуатационные требования и требования по пожарной безопасности. Эти кабели можно считать первыми судовыми кабелями второго поколения. Кроме того, необходимо отметить, что в новых разработанных кабелях были учтены требования международных стандартов IEC на судовые кабели по применяемым типам материалов изоляции и оболочки и по пожарной безопасности. Разработанная серия включала в себя герметизированные и негерметизированные силовые, контрольные кабели, кабели для систем связи (в том числе цифровой).

Основными типами оболочек, которые стали применяться в судовых кабелях второго поколения, были типы SHF1 и SHF2 по классификации IEC (несшитая безгалогенная маслостойкая композиция и, соответственно,

сшитая композиция). Тип SHF1, как более дешевый и технологически более доступный (не требующий специального оборудования для сшивки) вариант материала оболочки и в целом обеспечивающий выполнение основных требований, предъявляемых к судовым кабелям, нашёл более широкое применение. Ряд заводов-производителей провели разработки и начали активное внедрение судовых пожаробезопасных кабелей, в основной своей массе с оболочками из композиций типа SHF1. Однако отсутствие систематизированного подхода к выбору материала оболочки в конечном итоге привело к возникновению ряда серьёзных проблем.

Одним из отрицательных свойств первых композиций типа SHF1, появившихся на рынке, являлась их значительная жесткость, которая при монтаже с малым радиусом изгиба приводила к растрескиванию оболочки. На рис. 1, 2 приведены примеры деформации оболочки и последующего растрескивания судовых кабелей с оболочкой из композиции типа SHF1, смонтированных на объекте.

Проведённые ВНИИКП методом термомеханического анализа исследования кабельных изделий с обнаруженными дефектами позволили сделать выводы, что растрескиванию оболочки кабельного изделия способствует относительно высокий уровень так называемых «замороженных» внутренних механических напряжений материала, характеризующийся изменением толщины образца оболочки в цикле нагревание/охлаждение. Чем больше уровень внутренних механических напряжений в материале, тем более значительным будет изменение толщины образца оболочки. На рис. 3 приведены сравнительные термомеханические кривые в режиме «нагревание-охлаждение» материалов оболочек типа SHF1 и SHF2, характеризующие уровень внутренних механических напряжений.



Рис. 2. Дефект вида «язык»

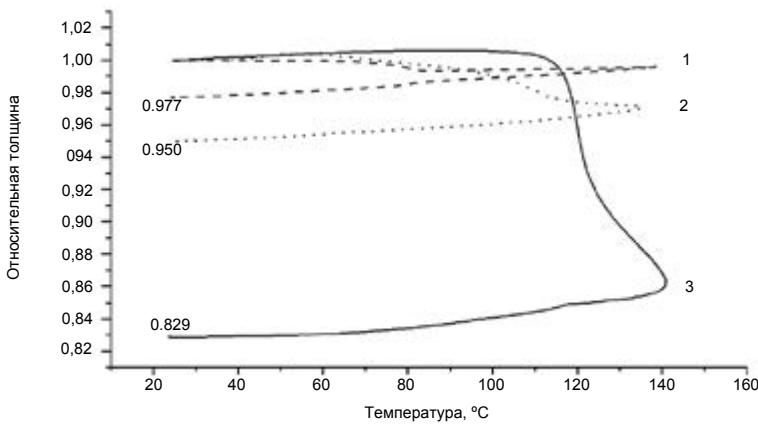


Рис. 3. Сравнение уровня внутренних механических напряжений в оболочках судовых кабелей. Характерные термомеханические кривые в режиме «нагревание-охлаждение» материалов оболочек кабелей:
 1 – безгалогенная резина (типа SHF2 по классификации IEC);
 2 – полимерная композиция типа SHF2;
 3 – полимерная композиция типа SHF1

Сравнение показало, что уровень внутренних механических напряжений в материале оболочек кабелей типа SHF1 в 4–5 раз превышает таковой в оболочках кабелей, выполненных из компаундов типа SHF2. При этом следует учитывать, что при изгибе кабелей к внутренним механическим напряжениям прибавляется напряжение, обусловленное деформацией оболочки. Чем меньше радиус изгиба кабеля, тем выше суммарный уровень напряжений в оболочке. Высокий уровень внутренних напряжений в этом случае проявляется как существенный деструктивный фактор в местах изгиба кабеля и при нагревании оболочки кабеля выше 40 °C (температура начала плавления кристаллической фазы полимерной основы рассматриваемого материала).

В отличие от полимерных композиций типа SHF1 низкий уровень внутренних напряжений и пространственно сшитая структура полимера композиций типа SHF2 обеспечивают оболочкам кабелей длительную прочность, значительно большую по сравнению с оболочками из полимерной композиции типа SHF1.

Необходимо отметить, что исследования, проведенные ВНИИКП, имели целью сравнение конкретных марок материалов, примененных в качестве оболочек судовых кабелей, и не были направлены на поиск преимуществ и недостатков компаундов типов SHF1 и SHF2 в широком понимании. Обнаруженный высокий уровень внутренних механических напряжений может являться не только свойством конкретной марки композиции, но также в значительной степени и следствием технологии наложения оболочки, и на основании этого делать вывод о недостатке композиций типа SHF1 в общем некорректно.

В связи с этим представляется важным более тесное информационное взаимодействие разработчиков материалов, конструкторов, производителей и монтажников кабельных изделий с целью более полного учета свойств используемых полимерных материалов для судовых кабелей на всех этапах их жизненного цикла.

Перспективными направлениями разработок в области судовых кабелей представляются дальнейшее увеличение теплостойкости применяемых материалов, увеличение гибкости кабельных изделий, в том числе в условиях монтажа с малыми радиусами изгиба, снижение массогабаритных показателей для тех групп кабельных изделий, где это не приведет к снижению других характеристик, а также повышение сроков службы разрабатываемых кабелей.

ВНИИКП в настоящее время ведет разработки серий силовых, монтажных, контрольных судовых кабелей, учитывающие особенности эксплуатации на морских объектах, условия монтажа в экстремальных условиях и ужесточившиеся требования по показателям надежности.

КАБЕЛИ И ПРОВОДА ДЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

На протяжении 70-ти летней истории существования ВНИИКП постоянно занимался конструированием и технологией производства проводов и кабелей для подвижного состава рельсового транспорта. За это время институтом было разработано несколько десятков различных марок кабелей и проводов для подвижного состава с учетом различных условий эксплуатации.

В 1970–1980 гг. для локомотивов были разработаны провода, основные характеристики которых приведены в табл. 1, и кабели на их основе.

Провода и кабели с изоляцией и оболочкой из резины на основе каучуков общего назначения разрабатывались для электровозов, где отсутствовало воздействие дизельного топлива. Провода и кабели с изоляцией на основе каучуков общего назначения с маслостойкими оболочками из поливинилхлоридного пластиката или из резины на основе полихлоропреновых каучуков разрабатывались для тепловозов и электрических цепей локомотивов, где требовалось нераспространение горения при одиночной прокладке. Провода типа ПС были предназначены для ремонтных нужд.

Тяжелейший экономический кризис 90-х годов привел к тому, что многие отрасли, и железнодорожная в том числе, ввели режим жесткой экономии. Приоритетным при выборе комплектующих изделий, и кабельно-

Таблица 1

Основные характеристики проводов для подвижного состава, разработанных ВНИИКП в 1970–1980 гг.

Марка провода	Наличие маслостойкой оболочки	Срок службы, лет	Диапазон рабочих температур, °C	Стойкость к маслам и дизельному топливу	Нераспространение горения при одиночной прокладке
ПС	—	12	-50 ÷ +75	—	—
ППСРМО	—	то же	то же	—	—
ППСРВМ	+	то же	то же	+	+
ППСРН	+	то же	то же	+	+
ППСРМ	—	то же	то же	—	—

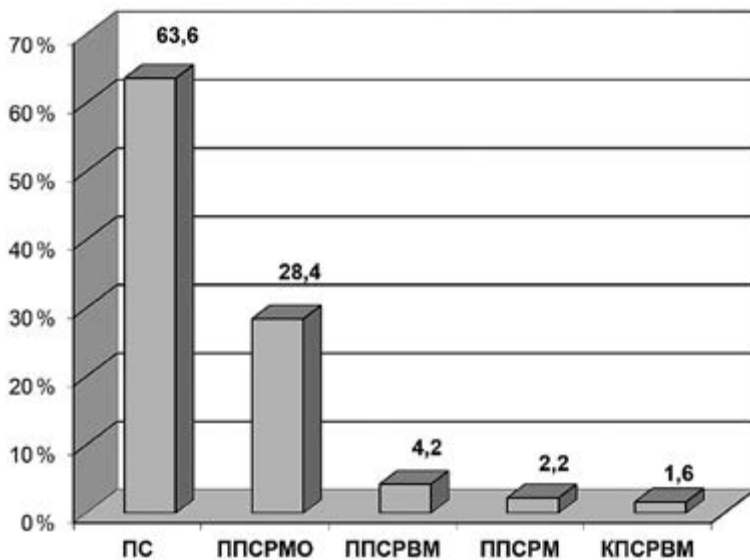


Рис. 4. Потребление проводов и кабелей различных типов для подвижного состава в 90-е годы

Проведенный ОАО «РЖД» анализ пожаров локомотивного хозяйства (рис. 5) показал, что значительная часть пожаров на электровозах и тепловозах была связана с кабельными изделиями.

Сложившаяся ситуация вынудила ОАО «РЖД» привлечь ВНИИКП к созданию комплексной системы контроля, призванной не допустить попадание на локомотивы кабельной продукции несоответствующего качества. Результатом этой работы стало формирование единых технических требований, предъявляемых к кабельно-проводниковой продукции, учитывающих все эксплуатационные особенности подвижного состава рельсового транспорта, комплексные требования пожарной безопасности и ужесточившиеся требования по параметрам надежности. Также в рамках формирования технических требований были разработаны и внедрены методики проверки качества кабелей и проводов для подвижного состава рельсового транспорта, в том числе методики входного контроля качества для заводов ОАО «РЖД».

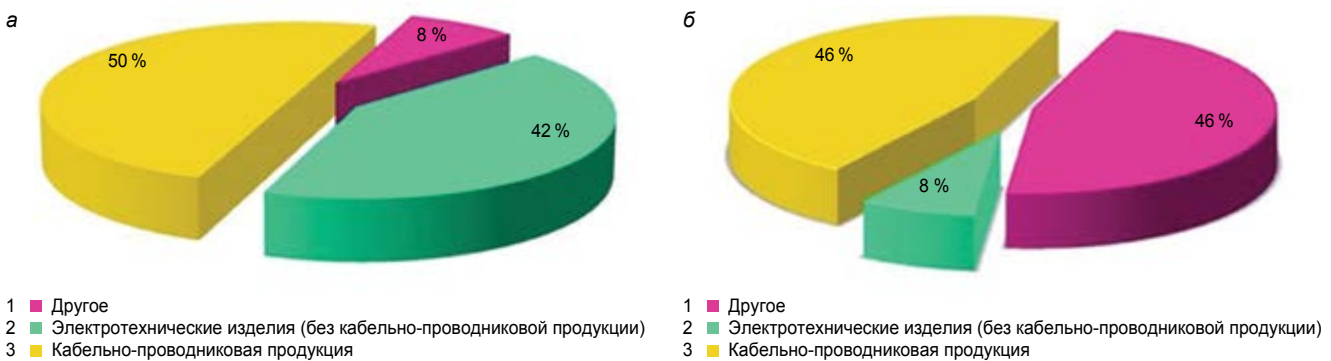


Рис. 5. Анализ причин пожаров на локомотивах: а – электровозы; б – тепловозы

проводниковой продукции в том числе, стало не качество и эксплуатационные характеристики, а цена.

Примером этого может служить возникшее в то время соотношение потребления марок проводов и кабелей, представленное на рис. 4.

Наиболее дешевые провода, применяемые при ремонтах и строительстве подвижного состава (94,2 % от всего объема), в том числе марок ПС (63,6 %), ППСРМО (28,4 %) и ППСРМ (2,2 %), имели защитные покрытия или оболочки из материалов, распространяющих горение. К тому же резко ослаб государственный контроль за качеством выпускаемой продукции.

Впоследствии эти технические требования были оформлены в качестве национального стандарта.

Разработка современных технических требований вызвала необходимость пересмотра действующей нормативной документации на кабельные изделия и разработки новых линейек кабелей и проводов, в первую очередь отвечающих комплексу требований по пожарной безопасности.

В 2000-х годах ВНИИКП были разработана серия проводов и кабелей для подвижного состава рельсового транспорта, соответствующая эксплуатационным требованиям ОАО «РЖД» со сроками службы 30–40 лет, отвечающая жестким требованиям по пожарной безопасности. Основ-

Таблица 2

Основные технические характеристики кабелей и проводов для подвижного состава рельсового транспорта в пожаробезопасном исполнении

Технические характеристики	Марка провода			
	ППСТВМнг(А)	ППСРТнг(А)	ППСКТОнг(А)-HF	ППСКОЭнг(А)-FRHF
Срок службы, лет	30	30	40	40
Диапазон рабочих температур, °С	-50 ÷ +75	-50 ÷ +90	-60 ÷ +155	-60 ÷ +155
Стойкость к маслам и дизельному топливу	+	+	+	+
Нераспространение горения	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)
Огнестойкость	—	—	—	90 минут при 750 °С

**Основные технические характеристики
низковольтных кабелей и проводов и кабелей для систем цифровой связи
для подвижного состава рельсового транспорта в пожаробезопасном исполнении**

Технические характеристики	Марка провода/кабеля			
	НППМнг(A)-HF, КППМнг(A)-HF	Транскаб Patch-HF	Транскаб Databus-HF	ППСВЛнг(A)
Срок службы, лет	40	40	40	30
Диапазон рабочих температур, °С	-50 ÷ +90	-50 ÷ +90	-50 ÷ +90	-50 ÷ +70
Стойкость к маслам и дизельному топливу	+	+	+	+
Нераспространение горения	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)	При прокладке в пучке (кат. А)
Безгалогенность	+	+	+	—

ные технические характеристики разработанных изделий приведены в табл. 2.

Помимо силовых кабелей и проводов и кабелей управления остро стояла задача обеспечения отрасли низковольтными кабелями и проводами для систем цифровой связи в пожаробезопасном исполнении. В 2011–2014 гг. ВНИИКП разработал серию низковольтных кабелей и проводов для подвижного состава рельсового транспорта. Основные технические характеристики разработанных изделий приведены в табл. 3.

Разработка и внедрение новой серии кабелей и проводов позволила практически отказаться от использования импортной кабельной продукции, по крайней мере, в проектах, создаваемых вне рамок сотрудничества с зарубежными компаниями.

Выход на российский рынок таких транспортных гигантов, как Siemens, Alstom и Bombardier, в проектах которых закладывалось применение зарубежной кабельной продукции, вынудило заводы ОАО «РЖД» и ВНИИКП включиться в проверку соответствия кабелей и проводов импортного

производства на соответствие требованиям ОАО «РЖД». В первую очередь это было связано с более жесткими, по сравнению с европейскими, эксплуатационными требованиями (в частности по климатическим воздействиям). Также возросшая доля импорта в совместных проектах подтолкнула институт активно заняться импортозамещением в данной области.

На данный момент приоритетным для ВНИИКП является разработка и внедрение в серийное производство широкой номенклатуры кабелей и проводов для подвижного состава рельсового транспорта, соответствующих, помимо жестких эксплуатационных требований, требованиям европейских стандартов EN (в том числе по массогабаритным параметрам). В области стандартизации после создания государственного стандарта на силовые и контрольные кабели и провода для подвижного состава рельсового транспорта наиболее актуальной задачей является разработка совместно с институтами ОАО «РЖД» стандарта на низковольтную кабельно-проводниковую продукцию.

