



К.А. Звезденков, канд. техн. наук, заведующий лабораторией;
Г.С. Козлова, канд. техн. наук, старший научный сотрудник;
Р.Г. Левит, канд. хим. наук, старший научный сотрудник;
 ОАО «ВНИИКП»

Прогресс в области резин для отечественной кабельной промышленности

Аннотация. Статья знакомит с прогрессом в области разработки и внедрения отечественных кабельных резин за последние 70 лет. Приведён качественный и количественный анализ потребляемых кабельных резин и каучуков, а также дан прогноз о перераспределении марочного состава потребляемых каучуков. Представлены последние разработки института по кабельным резинам.

Впервые представлена схема установки по определению прочности керамообразующего слоя силиконовых кабельных резин, предназначенных для изолирования огнестойких проводов.

Ключевые слова: кабельная резина; кремнийорганическая (силиконовая) резина; изоляционная резина; шланговая резина; огнестойкая резина; оценка прочности керамического слоя.

Abstract. The paper provides an insight into the progress in the field of development and introduction of domestic cable rubbers over the past 70 years. A qualitative and quantitative analysis of the consumed cable rubbers is given, and the redistribution of grade composition of the consumed rubbers is forecasted. The recent Institute developments of cable rubbers are presented.

For the first time the authors demonstrate a layout of the unit used to test the strength of the ceramic forming layer of the siloxane rubbers intended for fire-resistant wire insulation.

Key words: cable rubber; silicone (siloxane) rubber; insulating rubber; sheathing rubber; fire-resistant rubber; ceramic layer strength test.

Материал поступил в редакцию 24.07.2017
 E-mail: vniikp@vniikp.ru; Rubber@vniikp.ru

С момента основания Всероссийского научно-исследовательского института кабельной промышленности (ВНИИКП) одним из ведущих направлений его работы были и остаются научные исследования и разработки в области резин для кабелей и проводов. Успешно решались задачи по развитию и внедрению на предприятиях современных и передовых рецептурных, технологических решений в области кабельных резин и кабельных изделий на их основе.

Резина – это класс композиционных материалов, обладающий уникальным комплексом свойств, основным из которых считается способность выдерживать большие обратимые деформации под действием низких нагрузок. Эта способность материала позволяет применять резины в кабельных изделиях, работающих в нестационарных условиях. Другим важным свойством резины является её стойкость к воздействию повышенных температур, при которых сохраняется геометрическая целостность кабельного изделия, что в ряде случаев очень важно при авариях на кабельных трассах. Для ряда типов резин эти характеристики сочетаются со стойкостью к горючесмазочным материалам и другим агрессивным жидкостям, воздействию озона, солнечного света, радиации, пожаробезопасностью.

В своё время практически все рецептуры кабельных резин разрабатывались ВНИИКП. Разработка единой рецептуры позволила унифицировать эти резины и тем

самым обеспечить высокий уровень их качества. Разработанные рецептуры были обязательны к применению на всех кабельных заводах Советского Союза. Следующим шагом стала разработка стандарта «Резина электрических кабелей, проводов и шнуров», содержащего технические требования к резиновым смесям и резинам. Затем, с целью актуализации технических требований стандарт был переработан и продолжает использоваться на кабельных заводах.

В зависимости от конструкционного назначения все кабельные резины делятся на изоляционные, шланговые (или защитные) и изоляционно-защитные. Кроме того, имеется группа резин специального назначения: электропроводящие, починочные, для заполнения, герметизирующие, для концевых заделок. Из общего объёма потребляемых резиновых смесей примерно 55,5 % приходится на долю шланговых резин, 31,0 % – изоляционных, 12,5 % – изоляционно-защитных, 1,0 % – электропроводящих (рис. 1).

В 1990 г. было переработано для изготовления проводов и кабелей 114 тыс. т резиновых смесей, из них примерно 75 тыс. т в Российской Федерации. Соответственно соотношение натурального и синтетических каучуков, используемых для их изготовления, на этот период составляло 12 % и 88 %. После кризиса 2008 г. в России было переработано около 31 тыс. т кабельных резиновых смесей в год или суммарно примерно 10,8 тыс. т каучуков. На рис. 2 и 3 показано распределение объёмов применения

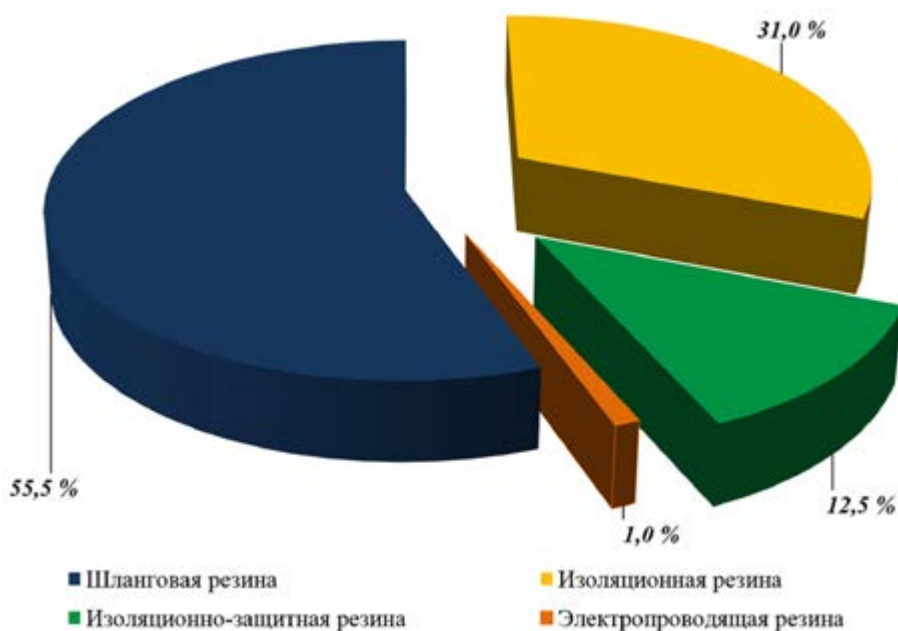


Рис. 1. Распределение объема потребляемых кабельных резин по типам

в кабельной промышленности каучуков разных типов в настоящее время и прогноз на ближайшее время (за 100 % в данном случае принято общее потребление всех типов каучуков, указанных на рисунках). За 2016 г. общий выпуск кабельных резиновых смесей ориентировочно составлял 22–25 тыс. т (7–8 тыс. т каучуков). Снижение объемов производства кабельных резин объясняется постепенной их заменой в конструкциях кабелей и проводов на новые полимеры, а также снижением общих объемов производства кабельных изделий. Кроме главной причины – всеобщего спада производства, снижение объема выпуска кабельной продукции с применением резин может быть объяснено произошедшими за истекший период заменами используемых материалов с целью удешевления, облегчения технологического процесса.

Свойства резины зависят от качества примененных ингредиентов. В связи с этим институт всегда уделял серьезное внимание этому вопросу и выполнил большое количество работ по исследованию каучуков и других ингредиентов резин. К таким работам прежде всего нужно отнести работы по замене в рецептурах резин натурального каучука на синтетические каучуки, устаревших марок натрий-бутадиеновых каучуков на стереорегулярный бутадиеновый каучук и бутадиенстирольные каучуки, и работы по внедрению этиленпропиленовых и хлоропеновых каучуков.

Отдельно следует остановиться на резинах на основе кремнийорганических, а также фторсилоксановых и фторорганических каучуков для кабельных изделий на рабочую температуру плюс 180 °С и выше. Ранее совместно с инсти-

тутом ВНИИСК была разработана отечественная кремнийорганическая резиновая смесь общего назначения, по комплексу свойств не уступающая ранее применяемой импортной смеси. В дальнейшем была разработана и внедрена в отечественное производство целая серия новых кремнийорганических резин, как общего, так и специального назначения, которые обеспечивают повышенную термостойкость, не требуют дополнительного термостатирования (второй стадии вулканизации), не распространяют горение, имеют повышенную твердость, термостойкость и морозостойкость. Разработка и внедрение таких резин позволили создать кабельные изделия с комплексом уникальных свойств и со сроком службы 25 лет и более (кабели и провода для подвижного состава рельсового транспорта и метро-

политена; выводные и нагревательные провода и т.д.). В кабельной промышленности кремнийорганические резиновые смеси широко применяются в качестве изоляционных и защитных оболочек проводов и кабелей. Особенностями этих изделий является широкий температурный диапазон использования (от минус 60 до плюс 250 °С и кратковременно до 300 °С), исключительная гибкость, озоностойкость и светостойкость, хорошие диэлектрические свойства, биологическая инертность. Кабели с изоляцией из кремнийорганической резины способны выдержать почти двукратные токовые перегрузки по сравнению с кабелями той же конструкции с изоляцией на основе других каучуков.

Разработка рецептур резин на основе фторсилоксанового каучука позволила значительно увеличить стойкость

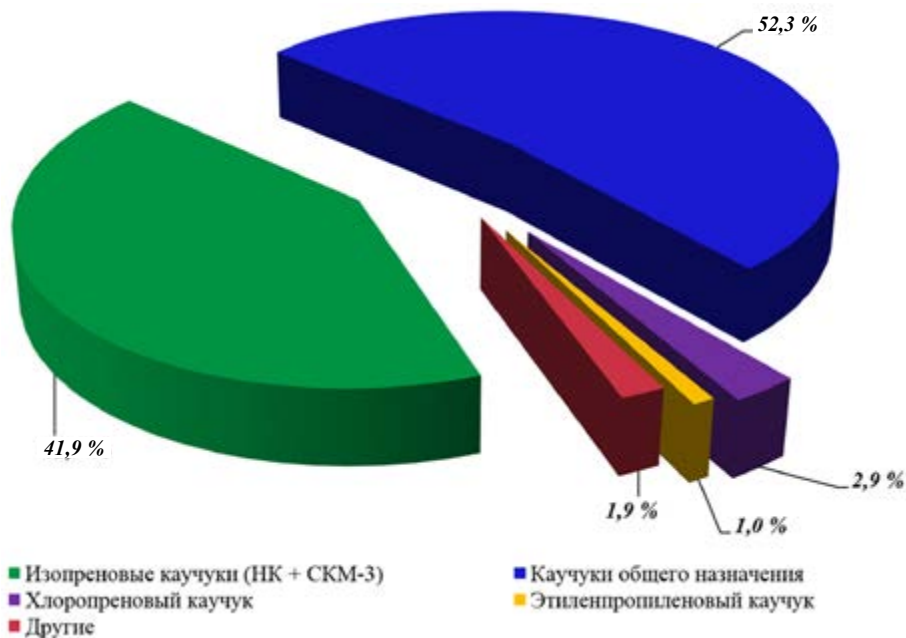


Рис. 2. Распределение объема потребляемых кабельной промышленностью каучуков различных типов

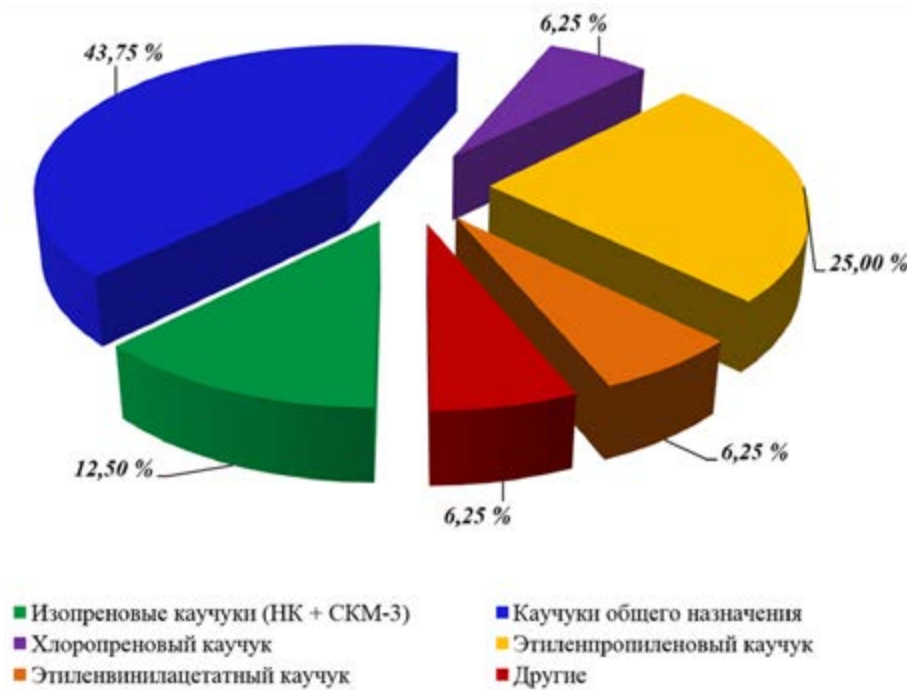


Рис. 3. Ожидаемое распределение объема потребляемых кабельной промышленностью каучуков различных типов

кабельных изделий к агрессивным средам (маслам, топливу), исключить применение оплетки, создать выводные провода на рабочую температуру до 150–180 °С.

Одним из важных достижений ВНИИКП является создание рецептурно-технологической базы для изоляционных резин на основе этиленпропиленового каучука, имеющего низкую плотность, отличные озоностойкость и атмосферостойкость, высокую стойкость к термическому старению и ряду химических сред, морозостойкость и хорошие диэлектрические характеристики, сохраняющиеся при воздействии пара и влаги. Применение такой кабельной резины позволяет снизить габаритные размеры кабелей и проводов при сохранении электроизоляционных свойств, а также увеличить срок службы по сравнению с используемыми кабельными изделиями с применением резин на основе каучуков общего назначения на рабочую температуру до плюс 65 °С.

В качестве основного полимера изоляционных резин был выбран тройной сополимер этилена, пропилена с небольшим количеством диена, так как резиновые смеси с его применением предпочтительны по технологическим свойствам и обеспечивают более высокие скорости вулканизации в сравнении с резиновой смесью на основе двойного этиленпропиленового каучука. С применением указанных резин была разработана целая гамма кабельных изделий для разных отраслей народного хозяйства, в том числе для питания погружных электронасосов добычи нефти.

В настоящее время одной из актуальных проблем, стоящих перед кабельной промышленностью, является повышение пожаробезопасности кабельных изделий, в том числе их стойкости к распространению горения при групповой прокладке. В связи с этим важнейшей задачей является разработка кабельных резин пониженной горючести, не содержащих галогенов.

Одной из отличительных особенностей этиленпропиленовых резин на основе тройного сополимера является

способность воспринимать большое количество наполнителя и пластификатора без существенного снижения физико-механических характеристик. Это позволило разработать новые изоляционные и шланговые композиции повышенной пожаробезопасности, а также высоконаполненные резиновые смеси для заполнения. С учётом вулканизации таких резиновых смесей с помощью перекисей, институтом были выбраны минеральные наполнители, наполнители-антипирены, модифицирующие кремнийорганические добавки и другие ингредиенты. Эти работы проводились в рамках общих работ по импортозамещению.

Следует выделить также разработку шланговой резиновой смеси на базе тройного сополимера этиленпропилена. Такая резина обладает повышенной нагревостойкостью, атмосферостойкостью и озоностойкостью, удовлетворительными морозостойкостью, химической и влагостойкостью.

Отдельную группу перспективных материалов, предназначенных для получения кабельных изделий с повышенной стойкостью к воздействию агрессивных сред и обладающих повышенной стойкостью к распространению горения, составляют резины на основе хлорсодержащих эластомеров: хлоропренового каучука, хлорсульфированного и хлорированного полиэтилена. Рецептура таких резин ранее была разработана на основе хлоропренового каучука производства завода «Наирит» (Армения), однако из-за невысокого качества каучука резиновые смеси отличались неудовлетворительными технологическими свойствами и по нагревостойкости уступали импортным аналогам.

В дальнейшем удалось улучшить характеристики таких резин общего назначения, а также в соответствии с требованиями пожаробезопасности в последние годы разработать хлоропреновые резины для кабельных изделий, стойких к распространению горения при групповой прокладке, в том числе для подвижного состава рельсового транспорта. Были разработаны и частично внедрены резины с применением хлорсульфированного и хлорированного полиэтилена, что позволяет улучшить эксплуатационные свойства, например, прочностные показатели шланговой оболочки, сопротивление истиранию, раздиру и нагревостойкость.

В последние годы внимание разработчиков кабельных резин привлекают такие перспективные полимеры, как этиленвинилацетатные каучуки, на основе которых изготавливают резины, обладающие высокой теплоустойчивостью, маслостойкостью, атмосферостойкостью и озоностойкостью, а также хорошими электроизоляционными и высокими физико-механическими характеристиками, в том числе повышенным сопротивлением раздиру.

Одним из достоинств этиленвинилацетатного каучука является его способность к введению больших количеств наполнителя и мягчителя без ухудшения механических

показателей, что позволяет разрабатывать на его основе как изоляционные, так и шланговые резины повышенной пожаробезопасности, не содержащие галогенов и не выделяющие при горении агрессивные газы. Хорошая технологическая совместимость этиленвинилацетатного каучука с другими полимерами позволяет применять его не только в виде основного полимера, но и в комбинации с другими полимерами для повышения технологических и эксплуатационных характеристик резин. В результате ВНИИКП разработал и внедрил изоляционную резину для изолирования кабелей нефтепогружных электронасосов, отвечающую требованиям ведущих мировых стандартов нефтедобывающей отрасли, обладающую повышенными физико-механическими характеристиками, высоким сопротивлением раздиру, стойкостью к воздействию высоких температур, воды и нефтепродуктов, а также хорошими электроизоляционными свойствами.

Ведутся работы по разработке рецептур резин с применением этиленвинилацетатного каучука с улучшенным комплексом свойств по маслостойкости, термостойкости, морозостойкости и атмосферостойкости для оболочек гибких кабелей, а также для изоляции и оболочки проводов и кабелей для подвижного состава рельсового транспорта.

Важное место в работах института занимает создание отечественных керамообразующих резин, позволяющих кабельным изделиям в течение не менее 90 минут работать под напряжением в условиях пожара. Образующийся при сгорании резины минеральный осадок обладает удивительными тепло- и электроизоляционными свойствами, что и обеспечивает эксплуатацию кабельного изделия при пожаре. Естественно, что необходимо было разработать унифицированную методику оценки прочности образующегося керамического слоя, для чего была разработана специальная испытательная установка, принципиальная схема которой показана на рис. 4. Установка изготовлена из дюралюминия и состоит из стержня 2, на который с одной стороны накручивается сферический индентор 4, с другой стороны стержня имеется площадка для размещения грузов 1. Для фиксации стержня и предотвращения преждевременной или ударной нагрузки на образец имеется стопорный винт 3. Вся конструкция крепится к штативу и имеет рабочую поверхность под индентором. В ходе отработки методики были изготовлены инденторы различных конфигураций: сферические диаметром 12, 7 и 5 мм, игольчатый диаметром 1 мм. По результатам проведённой работы по отработке методики испытаний индентор диаметром 5 мм был выбран в качестве основного.

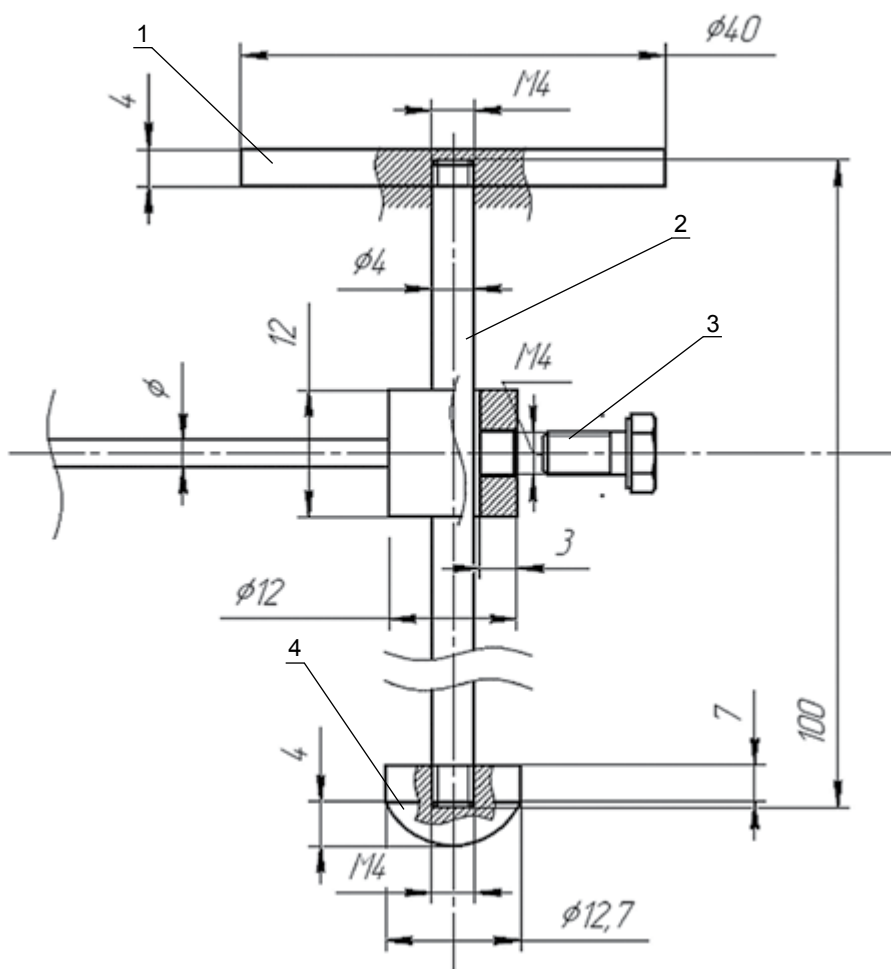


Рис. 4. Принципиальная схема установки по определению прочности керамообразующего слоя:

- 1 – площадка для размещения грузов; 2 – стержень;
3 – стопорный винт; 4 – сферический индентор

В настоящее время ВНИИКП продолжает работы по исследованию, разработке и внедрению новых кабельных изоляционных и шланговых резин на основе перспективных каучуков и ингредиентов, которые позволяют не только сохранить, но и расширить зоны использования кабелей и проводов с применением резин.

