

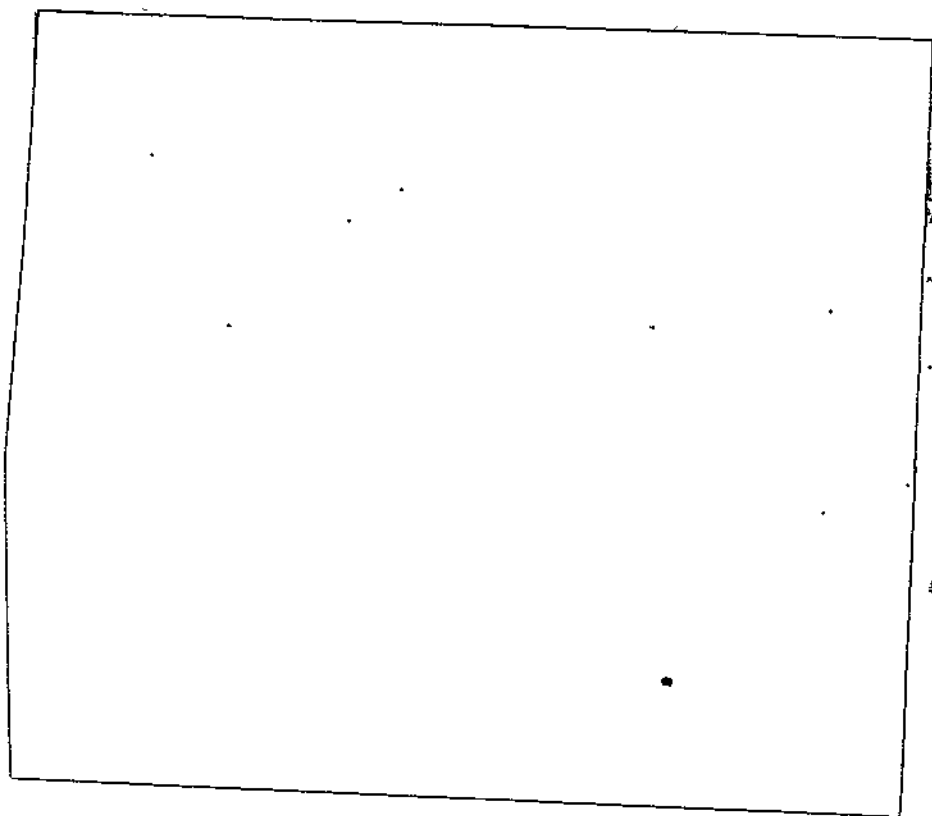
Д. 315.5. Ю. В. КОРИЦКИЙ и Б. М. ТАРЕЕВ
Кандидаты технических наук
К66

ЗАМЕНИТЕЛИ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1944 ЛЕНИНГРАД

*К конференции
по применению качественных заменителей
в электропромышленности*



62 710 210
66

001.312.0

К 66

Д Е П

КНИГОХРАНИЛИЩЕ

ВВЕДЕНИЕ

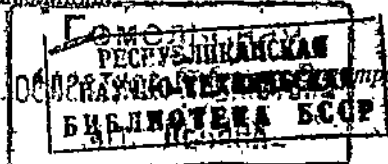
В отечественной войне советского народа против немецко-фашистских захватчиков на предприятия электропромышленности возложена задача обеспечения во все возрастающих количествах электрооборудованием и средствами связи армии и флота, оборонной промышленности и народного хозяйства.

Дальнейшее наступление Красной Армии и освобождение от фашистских захватчиков новых районов и областей ставит перед электропромышленностью ряд ответственных задач, связанных с восстановлением разрушенных электростанций, кабельных сетей, воздушных линий электропередач, различных промышленных предприятий, связи, коммунального хозяйства и транспорта. В связи с этим возникает потребность в большом количестве нового электрооборудования, особенно для проведения ремонтных и монтажных ра-

В свете этих задач большое значение имеет производство и восстановление электрической изоляции, жизненно необходимой для каждого электрического устройства.

Ряд материалов, применяемых для изготовления электрической изоляции, в настоящее время является остро дефицитным. Вызвано это временной оккупацией ряда районов, богатых месторождениями соответствующего сырья; снижением производительности предприятий из-за разрушений, причиненных немецко-фашистскими войсками, и уменьшением поставки электропромышленности некоторых материалов ввиду резко возросшего потребления их военной промышленностью.

В связи с этим особое значение приобретает экономия и применение качественных заменителей дефицитных материалов. Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая работа, рассчитанная на работников электромашино- и аппаратостроительных заводов, ремонтных и монтажных организаций и работников восстановительных бригад в освобожденных от немецкой оккупации районах. Понятно, что в брошюре при крайней ограниченности ее объема невозможно дать рецепты для замены всех без исключения дефицитных материалов. Поэтому в данной работе описаны наиболее характерные случаи экономии и замены остро дефицитных материалов электрической изоляции.



Ц Б Т И

электропромышленности

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
КНИГОХРАНИЛИЩА

28.6.66

ДЕРЕВО

Из распространенных древесных пород лучшими с точки зрения механической прочности и способности к пропитке являются береза, бук, граб. Дерево в ряде случаев может с успехом применяться как заменитель более дорогих и дефицитных электроизоляционных материалов. Для устранения короений и растрескивания, а также для улучшения электроизоляционных свойств и уменьшения гигроскопичности дерево подвергается сушке с последующей пропиткой маслами, смолами, лаками и т. д. В непропитанном состоянии дерево является низкокачественным изоляционным материалом, весьма чувствительным к действию влаги, и в таком виде в электроизоляционной технике не применяется.

Пропитку древесины трансформаторным маслом лучше всего производить при температуре $120-130^{\circ}\text{C}$ на открытом воздухе или в помещении, но обязательно в закрытом котле, так как в противном случае имеет место интенсивное испарение масла, затрудняющее пребывание рабочих в пропиточном помещении. Пропитка ведется до полного прекращения выделения пузырьков из пропитываемых деталей. Для достижения наиболее полной пропитки вынимать деревянные детали из масла следует лишь после охлаждения последнего до комнатной температуры. Дерево поглощает до 60% трансформаторного масла (по весу).

Можно пропитывать и непросушенные детали, но длительность выдержки в горячем масле при этом соответственно увеличивается. Пропитанные детали не обязательно охлаждать вместе с маслом, в котором они находились во время пропитки: их можно быстро перенести в горячем состоянии в особый бак с холодным маслом. При этом экономится топливо, но пропитка получается менее совершенной.

Некоторым недостатком пропитки трансформаторным маслом является липкость (маслянистость) поверхности изделий, что способствует приставанию пыли. То же относится и к пропитке легкоплавкими битумами низких марок; в случае же применения высокоплавких битумов марок IV—VI требуется высокая температура пропитки и возникает опасность образования поверхностной корочки, т. е. неплотной и неглубокой пропитки.

Пропитка в парафине ведется так же, как и в трансформаторном масле, но при температуре $115-120^{\circ}\text{C}$. При этой температуре парафин заметно не испаряется. Вынимать из парафина пропитанные детали следует после охлаждения до 70°C . Дерево поглощает до 80—85% (по весу) парафина.

Пропитка льняным маслом, олифой, оксолом, лаком или масляными лаками ведется при $120-130^{\circ}\text{C}$; выемка после охлаждения до 60°C . Затем производится сушка в печи при $110-130^{\circ}\text{C}$ в течение времени, достаточного для застывания масла (10—40 час. в зависимости от пропитываемого материала). Пропитка льняным маслом при-

дает дереву хорошие механические и электрические свойства. Поглощение масла — до 70—80% (по весу). Пропитку дерева в льняном масле можно вести при нормальной температуре. Время выдержки в масле без нагрева 15—30 час. Затем избыток масла дают стечь, и пропитанные детали прогревают при 135° С в течение 5—8 час.

Весьма хорошие результаты дает пропитка в расплавленной канифоли, к которой рекомендуется добавить 5% парафина или галоваска. Температура во время пропитки должна быть не ниже 140—145° С, чтобы канифоль была вполне жидкой. Продолжительность пропитки порядка 20 час. Охлаждение после пропитки — на воздухе. Пропитка дерева канифолью проверена и применена в ряде конкретных случаев лауреатом Сталинской премии проф. Н. П. Богородицким.

Пропитка бакелитом придает дереву высокие механические и электроизоляционные свойства. Пропитку лучше всего вести в бакелитовом лаке (50% раствор бакелита в спирту); после пропитки и стекания избытка лака детали запекают в течение нескольких часов в зависимости от размера детали при 110—180° С. После этого детали еще раз погружают в бакелитовый лак, чтобы получить надежную покровную пленку бакелита, дают избытку лака стечь и запекают пленку, причем температуру поднимают до 180—185° С.

Во всех случаях пропитывать следует готовые детали (после распиловки, сверления и т. п.). Необходимо обращать внимание на то, чтобы детали во время процесса пропитки были полностью погружены в пропитывающий состав. При наличии соответствующего оборудования процессы сушки и пропитки могут быть ускорены и улучшены применением вакуума: во время сушки и повышенного давления во время пропитки или только одного вакуума.

Пропитанное дерево может быть применено в самых разнообразных случаях взамен гетинакса, текстолита, фибры и ряда других электроизоляционных материалов. Необходимо иметь в виду, что свойства дерева как пропитанного, так и непропитанного зависят от расположения волокон и неодинаковы в разных направлениях. Как со стороны электроизоляционных свойств, так и с точки зрения всасывания влаги и механической прочности на сопротивление раскалыванию древесины слабее всего в направлении вдоль волокон с торца ствола. Свойства пропитанной парафином березы (перпендикулярно волокнам): удельное объемное сопротивление 10^{13} ом. см; пробивная напряженность 6—8 кв/мм (вдоль волокон 2—3 кв/мм).

ГЕТИНАКС

Листовой слоистый материал, получаемый горячей прессовкой пакетов пропитанной бакелитовой смолой сульфатно-целлюлозной бумагой. Режим прессовки: давление 110—120 кг/см², температура плит пресса 160—165° С, время выдержки от 2 до 5 мин. на каждый миллиметр толщины, охлаждение в прессе до 60° С.

Существуют различные марки гетинакса: А, Б, В, Г.

А — с повышенной электрической прочностью, для высоковольтных аппаратов;

Б (нормально выпускаемая марка) — с повышенными механическими свойствами;

В — с низкими диэлектрическими потерями при высокой частоте, для радиоаппаратуры;

Г — с повышенной влагостойкостью и хорошими механическими свойствами.

Гетинакс выпускается в листах толщиной от 0,3 до 50 мм (марка Г — не тоньше 8 мм); основные размеры листов по сортаменту: 450×450 и 1050×700.

Гетинакс поддается распиловке, сверлению, обточке, фрезеровке. При толщине до 2,5 мм штампуются.

Плотность 1,3—1,4 г/см³. Темперостойкость по Мартенсу 150° С. Водопоглощаемость за 24 часа (в зависимости от толщины и марки) 1—15%. Маслостоек и бензিনостоек. Полированные плиты пресса обеспечивают зеркальную поверхность гетинакса.

Прочность на разрыв не менее 800 кг/см² (для марок А и В) и 1000 кг/см² (Б и Г); на сжатие — 1000 (А и В) и 1300 кг/см² (Б и Г); удельная ударная вязкость — 16 (А и В) и 20 (Б и Г) кг/см. Твердость по Бринеллю 25 кг/мм².

Таблица 1

Электрические свойства

Марка гетинакса	Удельное сопротивление			lg ρ	диэлектрическая проницаемость	Испытательное напряжение	
	объемное	поверхностное	внутреннее			при различной толщине	при расстоянии между электродами 10 мм
						перпендикулярно слоям	параллельно слоям
А	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁰	не более 0,10	не более 8	1 мм — 23 кв 3 „ — 55 „	15 кв
Б	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	То же	—	1 мм — 15 кв 3 „ — 40 „	10 кв
В	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ⁹	не более 0,04	не более 8	1 мм — 23 кв 3 „ — 55 „	—
Г	—	10 ⁸	10 ⁷	—	—	—	10 кв

Применяется как электроизоляционный и конструктивный материал для панелей и пр. Не рекомендуется применение в условиях, когда на материал попадает влага (лучше других марок в этих случаях Г). При высоких частотах лучше других марка В. Для работы в горячем изоляционном масле (трансформаторы и т. п.) наилучшей является марка А. Под действием поверхностных разрядов внешняя плоскость материала легко обугливается и становится проводящей; для борьбы с этим явлением может применяться покрытие глифта-левым лаком. При конструировании изоляции из гетинакса необходимо помнить, что электрические свойства вдоль слоев бумаги много хуже, чем поперек слоев.

. Гетинакс может быть заменен фанеритом с меньшим содержанием дефицитного бакелита авианфанерой и лигнофолем, текстолитом, бумагой, пропитанным деревом. См. ниже разделы «Фанерит» и «Бумолит».

ТЕКСТОЛИТ

Слоистый электроизоляционный и конструктивный материал, получаемый горячей прессовкой между плитами пресса пакетов бязи или иного текстильного материала, пропитанного бакелитовой смолой.

Выпускается двух марок: А и Б в листах 1050×620 мм² толщиной от 0,5 до 50 мм.

Обработываемость — как у гетинакса.

Плотность 1,3—1,4 г/см³. Теплостойкость по Мартенсу: марки А — 150° С, Б — 120° С. Водопоглощаемость (в зависимости от толщины) от 1 до 4% для марки А и от 1 до 3% для марки Б. Масло-стойк, бензиностоек. Хорошо противостоит растворам кислот крепостью до 10%, хуже — растворам щелочей.

Таблица 2

Наименьшие значения механических свойств

Характеристика	Марка А	Марка Б
прочность на разрыв в кг/см ²	500	650
прочность на изгиб в кг/см ²	800	1 300
Раскалывание в кг	300	250
Удельная ударная вязкость в кг.см/см ²	20	30
Твердость по Бринеллю в кг/мм ²	35	30

Таблица 3

Электроизоляционные свойства U_d в кв

	ρ_s ом	ρ внутреннее ом . см	Перпендикулярно слоям	Параллельно слоям
Марка А	10^{11}	10^{10}	Толщ. 1 мм — 8 кв " 2 мм — 12 кв " 3 мм — 15 кв	10 мм — 10 кв 25 мм — 25 кв
Марка Б	10^9	10^7	Толщ. 1 мм — 4 кв " 2 мм — 3 кв " 3 мм — 2,5 кв	10 мм — 3 кв

Применяемость аналогична гетинаксу. Текстолит дороже гетинакса, обладает меньшей водопоглощаемостью, но большей удельной ударной вязкостью (основные преимущества материала); электроизоляционные свойства его хуже, чем у гетинакса.

текстолит может быть заменен гетинаксом и другими слоистыми пластиками.

В последнее время с целью экономии высокомерной хлопчатобумажной пряжи текстолит при толщине листов от 3 мм и выше выпускается не на бязи и других текстильных изделиях, а на «карманной парусинке».

— ФАНЕРИТ

Как уже отмечалось, гетинакс, содержащий большое количество бакелита, является дефицитным материалом, так как один из основных компонентов бакелита — фенол — остро дефицитен. В качестве заменителя гетинакса пняж. Я. П. Шугалом предложен новый материал фанерит, который отличается тем, что между листами пропитанной бакелитом бумаги перед горячей прессовкой вкладываются слои древесины (березовый фанерный шпон).

Фанерит по техническим условиям не уступает гетинаксу марки В за исключением повышенной гигроскопичности и пониженной пробивной напряженности вдоль слоев. Водостойкость фанерита может быть существенно улучшена покрытием торцов досок и стенок просверленных в досках отверстий черными асфальтомазными или другими водостойкими лаками.

Фанерит, как и гетинакс, может быть использован в горячем трансформаторном масле. Выпускается фанерит в виде досок толщиной от 6 мм и выше.

Характеристики фанерита (при толщине 10 мм):

Прочность на изгиб	1500 кг/см ²
Прочность на разрыв	1250 »
Удельная ударная вязкость	30 кг см/см ²
Плотность	1,35 г/см ³
Теплостойкость по Мартенсу	150° С
Удельное объемное сопротивление	10 ¹² —10 ¹³ ом. см
Удельное поверхностное сопротивление	10 ¹¹ —10 ¹² ом
Удельное внутреннее сопротивление	10 ⁹ —10 ¹⁰ ом. см

Средняя пробивная напряженность:

поперек слоев	15 кВ/мм
вдоль слоев	5 кВ/мм

Фанерит с успехом можно использовать как конструктивный и электроизоляционный материал для щитков, панелей, крошителей, рычагов и т. п.

При изготовлении фанерита расход бакелита снижается на 70—75% по сравнению с тем же количеством гетинакса.

В качестве заменителя гетинакса в некоторых случаях могут быть использованы также различные виды клееных бакелитом слоистых древесных изделий, применяемых в авиапромышленности и иногда представляющих собой брак и отходы основного производства (бакелитовая авлафанера, дельта-древесина, балинит). Отметим попутно, что при производстве этих материалов на фанерных заводах получается большое количество отходов: брак-листы с сучками, отверстиями и пр., обрезки пропитанного бакелитом шпона. Эти отходы могут быть с успехом использованы для изготовления электроизоляционной пластмассы — лигнолита (см. ниже раздел «Пластмассы»);

БИТУМЫ

Битумы — вещества сложного углеводородного состава, густого черного цвета, твердые и хрупкие при низких температурах и размягчающиеся при нагревании; обладают ничтожно малой гигроскопичностью; электроизоляционные свойства невысоки и мало меняются при увлажнении, но быстро ухудшаются при нагреве до температуры, близкой к температуре размягчения.

Различают: 1) битумы искусственные или нефтяные, получаемые при переработке нефти на нефтеперерабатывающих и крекинговых заводах, и 2) битумы естественные или ископаемые. Битумы называют также асфальтами, причем более правильно относить это название только к ископаемым битумам. Нефтяные битумы согласно стандарту военного времени ГОСТ В-1544-43 разделяются на шесть марок по примерной температуре размягчения: I — 30° , II — 40° , III — 50° , IV — 70° , V — 90° и VI — 115° .

Кроме того в сортаменте битумов имеется более высокоплавкий продукт битум (спецбитум) с температурой размягчения $135-150^{\circ}$, получаемый особой обработкой щелочами рубракс А ($125-135^{\circ}$ C) и рубракс Б ($135-150^{\circ}$ C). Температуру размягчения битумов принято измерять по способу «кольца и шара». Для битумов Уфимского завода допускается понижение температуры размягчения (по I, II и III маркам на 10° C, а по IV и V маркам на 15° C).

Уфимские битумы в обозначении марки кроме римской цифры имеют дополнительно букву «У».

Битумы совершенно не растворяются в воде и спирте, но растворяются в минеральных и растительных маслах, бензине и других углеводородах. Лучше всего они растворяются в ароматических углеводородах (бензол, толуол, ксилол, сольвент-нафта), а также в сероуглероде, хлороформе, скипидаре. Чем битумы более тугоплавки, тем труднее они растворимы. При затрудненной растворимости в бензине и т. п., а также при загустении черных (битумных) лаков или выпадении битума в осадок, следует прибавить к раствору некоторое количество бензола или других ароматических углеводородов.

Для получения более нагревостойких битуминозных пропиточных составов, лаков, лакокрасок и т. п. битумы следует подвергнуть продувке. Для этой цели битум расплавляют в железном котле и доводят до температуры $260-280^{\circ}$ C; при этой температуре сквозь слой битума (через снабженную отверстиями спираль или крестовину из железных труб, расположенную в нижней части котла) пропускают воздух в количестве примерно 2 л в час на каждый килограмм загруженного в котел битума; время от времени проверяют температуру размягчения битума, которая постепенно повышается. Таким путем легко получить, например, из битума марки III более дефицитные битумы марок V и VI и спецбитум.

Можно значительно ускорить процесс «облагораживания», т. е. повышения температуры размягчения битума, если заменить продувку воздухом — вулканизацией (прогрев расплавленного битума с добавкой серы).

Иногда, наоборот, требуется понизить температуру размягчения битума; это достигается сплавлением битума с небольшим количеством минерального масла. Добавление минерального масла улучшает морозостойкость битумов (тугоплавкие битумы при низких температурах обладают заметной хрупкостью).

Битумы с успехом могут применяться для изготовления черных

Электронизоляционных лаков и лакоткачей, смоляной ленты (см. ниже), для пропиточных и заливочных компаундов, пластмасс и, пр. В случае применения битумов в качестве заливочных компаундов, причем практически достигается полная влагостойкость залитых битумом катушек, можно весьма существенно улучшить отвод тепла через слой битума добавлением 50—80% чистого песка. Практически удобнее всего засыпать подлежащие заливке промежутки, например, между катушкой и стенкой кожуха аппарата, песком и затем уже заливать их расплавленным битумом. Применение такой «теплопроводной» изоляции существенно повышает мощность электрического устройства или соответственно снижает расход дефицитных цветных металлов на единицу мощности изделия.

Применение малodeфицитных битумов для полной или хотя бы частичной замены дефицитных и естественных смол, растительных масел и т. п. в условиях военного времени имеет чрезвычайно важное значение. Из числа освоенных за последнее время ископаемых битумов отметим твердый асфальт («асфальтит»), добываемый на руднике Сады в Бугурусланском районе Чкаловской области близ железнодорожной станции Похвистнево (не смешивать с Саткой — месторождением магнетита в Челябинской области). Садкинский асфальтит обладает весьма высокой температурой размягчения (140—165°С по кольцу и шару); его зольность не более 1,5%; растворимость как в сольвент-нафте, так и в скипидаре не менее 95%. Садкинский битум, в частности, с успехом используется вместо импортного асфальтита «гильсонита» и краснодарского туropyлавкового битума в составе различных покровных и пропиточных масляно-асфальтовых электронизоляционных лаков (например, лаков типа № 447, 458, 460, 462 и т. п.).

БУМОЛИТ

Бумолит двух марок выпускается в порядке опытного производства: БО — с применением облагороженного битума и ПС — с применением вместо битума пека (см. раздел «Битумы»).

Материал получается горячей прессовкой пакетов из листов бумаги; укладываются последовательно листы, пропитанные бакелитом и битумом.

Обрабатывается бумолит аналогично гетинаксу.

Плотность 1,25—1,30 г/см³. Водопоглощаемость (при толщине 2 мм) 4—6%. Маслостойкость несколько меньше, чем у гетинакса.

Механические свойства близки к свойствам гетинакса.

Электронизоляционные свойства: удельное объемное сопротивление $\sim 2 \times 10^{10}$ (БО) и 8×10^{10} (ПО) ом·см; удельное поверхностное сопротивление 8×10^{11} ом. Средняя пробивная напряженность при нормальной температуре 13 кВ/мм (БО) и 10 кВ/мм (ПО). При повышении температуры средняя пробивная напряженность резко уменьшается (для ПО в масле при 90°С — 7 кВ/мм).

Бумолит предложен как заменитель гетинакса; производство его обеспечивает экономию 50% дефицитной бакелитовой смолы по сравнению с гетинаксом. Материал менее нагрево- и маслостоек (длительная рабочая температура 70°С), но более влагостоек, чем гетинакс.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ

Электронизоляционные лаки находят себе широкое применение для пропитки, покрытия и склеивания электрической изоляции и

для других целей. Лаки для электрической изоляции выпускаются под определенными номерами, причем иногда можно заменить лаки одних номеров другими номерами. Так, вместо наиболее часто применяемых для пропитки изоляции электрических машин лаков Наркомэлектропрома, № 447 (1110) могут быть использованы лаки Наркомхимпрома, имеющие примерно такой же состав, черные масляноасфальтовые лаки печной сушки № 319, 321 и 3, с соблюдением соответствующих режимов сушки. Лак Наркомхимпрома № 13 может быть использован для пропитки полюсных катушек, а лак № 325 — в качестве покровного с последующей воздушной сушкой. В случае надобности для пропитки электромашиной изоляции для замены лака № 447 может быть применен лак Наркомэлектропрома № 458 (1100).

Лак № 458 более вязок, чем лак № 447, требует меньше времени для сушки (при 105° С 8 часа вместо 4), но зато менее стоек к тепловому старению. Для этого лака время теплостойкости, т. е. время выдержки пластинки, покрытой пленкой лака в термостате при 105° равно 4 час. против 24 час. для лака № 447. После этого срока пленка приобретает хрупкость, заметную по появлению трещин вокруг цилиндра определенного диаметра при изгибе пластинки. Пропиточный лак № 447 может быть также заменен смесью равных количеств лака № 458 и покровного лака № 460 (2110). Острый дефицит лаковых растворителей, являющихся продуктами нефтеперерабатывающей, коксохимической и пищевкусовой промышленности, каковы, например, бензин, керосин, бензол, толуол, ксилол, сольвент-нефть, уайт-спирит, спирт и т. п., вызывает необходимость использования в ряде случаев менее дефицитных растворителей. Таким заменителем может служить скипидар, который нередко оказывается (в чистом виде или в смеси с другими растворителями) весьма пригодным для масляноасфальтовых лаков. Для той же цели пригодны другие продукты лесохимической промышленности, состоящие из спиртов или их смесей с эфирами и кетонами — метанол, бутанол, ацетонистый спирт, растворитель А, растворитель Кор, амилно-гексилеиновая фракция (отход промышленности синтетического каучука); отходы нефтеперерабатывающей промышленности — «полимер» и отчасти лаколь (см. ниже).

При изготовлении масляных лаков большой интерес представляет возможность использования вместо остро дефицитного льняного масла других видов растительных масел, которые в различных районах Союза ССР имеются в больших количествах: жабрейное, кедровое, сафлоровое, рыжиковое, хлопковое, подсолнечное, кукурузное и других масел, а также лакола и отходов промышленности соевина-этинола. Особо отметим возможность получения лакового масла из семян жабрея (пикульника-сорняка, семена которого могут быть получены при очистке зерна ячменя) и из кедровых орешков.

Заросли кедра в Сибири занимают площадь не менее 2 млн. га; содержание прекрасного пищевого и лакового масла в кедровых орешках — 40—50% по весу.

Кедровое масло имеет пищевое значение, в то время как жабрейное (пикульниковое) масло для употребления в пищу непригодно. Кедровые орешки перед извлечением масла должны быть очищены от скорлупок на специальных рупильных устройствах, после чего выжимание масла производится так же, как и из льняного семени. Жабрейное семя идет на отжим масла без предварительного удаления кожуры; для жабрейных семян давление должно быть

примерно на 50% выше, чем при обработке льняных семян или кедровых орешков. Выход масла из кедровых орешков и из жабрейных семян составляет даже при сравнительно мало совершенном оборудовании не менее 15%.

При использовании весьма медленно сохнущих и образующих липкую лаковую пленку полувывсыхающих масел (хлопковое, подсолнечное) содержание сиккативов (резинатов) в масляных лаках должно быть повышено по сравнению с количеством резинатов, вводимых в лаки на льняном масле.

Значительный практический интерес представляет изготовление на лаковых заводах сухих лаковых оснoв (масла, битума, смолы и т. д.), не разведенных растворителем, и передача их в таком виде потребителям, которые сами получают бы лак растворением основы в соответствующем растворителе. При этом упрощается работа лакового завода, облегчается транспорт и отпадает необходимость в специальной плотно закрывающейся таре (бочки, бидоны, бутылки); в ряде случаев это мероприятие избавит от встречных перевозок растворителя на лаковый завод, что чрезвычайно важно с точки зрения загрузки железнодорожного и автомобильного транспорта.

Упомянувшийся выше лаколь представляет собой отход производства пиролизных нефтеперерабатывающих заводов-суррогат, масляных олиф. Технология применения лаколя в электроизоляционных лаках еще не вполне уточнена; лаколь-продукт с довольно неустойчивыми характеристиками. Следует требовать от заводов производителей лаколь с водным числом не менее 50—80, иначе лаколь при сушке лака слишком сильно улетучивается и лишь в малой степени остается в виде лаковой пленки; в этом случае лаколь может рассматриваться почти исключительно в качестве растворителя, уменьшающего вязкость лаковой пленки.

Большой интерес представляет также новая технология изготовления масляных лаков совсем без применения растворителей; при этом масляная основа лака (растительно масло плюс сиккатив) уваривается лишь до сравнительно небольшой вязкости, после чего непосредственно применяется как готовый лак для изготовления лакокраски (см. ниже) и эмальпроводов, для пропитки волокнистой изоляции в электрических машинах и тому подобных целей.

Приводим рецептуру лака № 1 без растворителя, предложенного лауреатом Сталинской премии доцентом К. А. Андриановым; для пропитки изоляции электрических машин (взамен лака № 447):

льняное масло	28%
лаколь (водное число 50—80)	30,4
битум (температура размягчений 138—145°С по кольцу и шару)	35
резинат кальция	4,6
резинат марганца	2
	100%

Масло нагревается до 170°С, вводится битум, и смесь варится при 200—210°С до полного сплавления; затем вводится резинаты и по охлаждению до 125—130°С—лаколь; состав фильтруется сквозь полотно при 100—110°С. Пропитывать в этом лаке электрические машины рекомендуется в горячем виде непосредственно после сушки.

Приводим пример проверенной в заводских условиях рецептуры лака по типу № 202 (эмаль горячей сушки для электроизоляционного покрытия листов электротехнической стали в магнитопроводах

электрических машин и трансформаторов), не содержащей дефицитного растворителя — керосина и с уменьшенным расходом льняного масла:

льняное масло	11%
резинат кальции	30%
лаколь	59%
	100%

В клеевых шеллачных лаках, в частности для приготовления формовочного миканита, импортный шеллак частично (до 40—50%) может заменяться канифолью. Дефицитные глицтералемазные лаки для пропитки изоляции машин и аппаратов могут заменяться масляными с несколько пониженной нагревостойкостью лаковой пленки или бакелитовыми с некоторым повышением хрупкости и ухудшением пристаиваемости к основе и т. п. Гибкие миканиты и микаленты взамен глицтералевого лака могут готовиться на масляноасфальтовых лаках (типа лака № 441). Формовочные — на бакелитовом лаке с добавкой канифоли и касторового масла, пудровой (новолачной) смолы, на смеси бакелита (резолы) с новоласом и т. п.

Особый интерес представляет возможность использования для электрической изоляции феруловых смол («советского шеллака») — природных смол, получаемых из корней различных видов *Ferula*, произрастающих в большом количестве в Средней Азии. Так в корнях *Ferula rasilicata* (местное название «шапр»), образующих огромные заросли в районе Джезказгана и в других местностях Казахстана, содержится около 35% (считая на сухой вес корня) смолы, которая может быть легко извлечена экстракцией спиртом, образуя шапровой лак. Феруловые смолы предложено применять по инициативе бригады секции электрической изоляции ВНИТОЭ для клейки миканитов (в частности, гибких), в качестве связующего для пластмасс — возможно с добавкой уротропина, фенольноформальдегидных смол и др. для повышения температуры размягчения и т. д.

ЛАКОТКАНЬ

Обычные (светлые) электроизоляционные ткани представляют собой хлопчатобумажную (перкаль) или шелковую (эксцельсиор) ткань, несколько раз пропитанную светлым лаком. Лакоткани обладают значительной эластичностью; однако с течением времени, в особенности при повышенной температуре, эластичность постепенно снижается. Лакоткань очень широко применяется для электрической изоляции, причем для нее допускается рабочая температура до 105° С. Она достаточно устойчива по отношению к действию воды, минеральных масел, бензина и т. п., хуже противостоит действию ароматических растворителей.

Хлопчатобумажная лакоткань выпускается в рулонах шириной от 450 до 980 мм. Нормальная толщина лакоткани 0,15; 0,17; 0,20; 0,24; 0,30 мм. Провивная напряженность 25—35 кв/мм. Влагопоглощаемость за 24 часа не более 8—10%. Прочность на разрыв не менее 3 кг/мм² по основе и 2 кг/мм² по утку.

Шелковая лакоткань (лакошелк) дороже, но имеет более высокую провивную напряженность (40—50 кв/мм); она дает возможность получить более тонкую изоляцию. Лакошелк изготавливается в рулонах шириной от 550 до 980 мм при толщине 0,10; 0,12 и 0,15 мм. Специальные марки выпускаются более тонкими — до 0,04 мм. Во-

допоглощаемость не более 6—10%. Удельное объемное сопротивление не менее 10^{11} ом·см, а после выдержки в течение 24 час: в воде не менее 10^8 ом·см.

В последнее время налаживается производство черных (для пропитки масляноасфальтовыми лаками) хлопчатобумажных и шелковых лакотканей. Эти лакоткани обладают повышенными электрическими свойствами (пробивная напряженность до 70 кв/мм) и весьма малой чувствительностью к действию влаги. Угол диэлектрических потерь черных лакотканей меньше, чем светлых. Однако черные лакоткани менее стойки к действию органических растворителей, чем светлые; в частности, они практически не маслостойки.

Лакоткань, главным образом в виде лент, как уже указывалось, весьма широко применяется в электрической изоляции для обмотки, прокладок и т. п. Хлопчатобумажные плетеные чулки (оплетки) пропитанные светлым лаком («линооксиновые трубки», более толстые — «стерлинг-шланги») применяются для защиты от влаги и механических повреждений и для улучшения изоляции проводов при монтаже электро-и радиоаппаратуры.

При отсутствии лакоткани заводского приготовления возможно наладить ее производство (при некотором снижении качества) без сложных приспособлений — пропиткой кусков ткани лаком с последующей сушкой при 110—130° С в течение 1—1,5 час.; желательно повторить пропитку два-три раза. Приводим примеры рецептов лаков из менее дефицитных материалов.

Светлый лак с растворителем:

Льняное масло	— 33%
Резинат (сплав 10 частей какифоли с 1 частью глета, пиролизита или гашеной извести)	— 2%
Растворитель (бензин, уайт-спирит и керосин)	— 65%

Светлый лак без растворителя:

Льняное масло	— не менее 65%
Лаколь	— не более 25%
Сиккатив (резинат)	— не более 10%

Черный лак с растворителем:

Льняное масло	— 14%
Пролутый битум (спецбитум)	— 24%
Сиккатив (резинат)	— 2%
Растворитель (бензин с добавкой бензола или же скипидар)	— 60%

Черный лак без растворителя:

(вести пропитку при подогреве до 60—80° С, так как при нормальной температуре лак слишком густой)

Льняное масло	— 60%
Битум марки V	— 35%
Сиккатив (резинат)	— 5%

В вышеуказанных рецептурах льняное масло может быть заменено подсолнечным или хлопковым с увеличением содержания в лаке сиккатива в два-три раза.

ОЗОКЕРИТ

В связи с дефицитом церезина, парафина и других воскообразных электроизоляционных материалов, идущих на изготовление пропиточных и заливочных масс, в производстве кабельных изделий и электроаппаратуры, в ряде случаев может применяться в качестве заменителей названных материалов озокерит. Озокерит — «горный воск» — ископаемый материал, образующийся в природе в результате изменения нефти в жилах каменных горных пород, он добывается в Союзе в большом количестве в Ферганской долине (Шор-Су, Сель-Рохо) и Туркменской ССР (Небит-Даг и остров Челекен на Каспийском море).

В отличие от церезина, который получается из озокерита путем очистки от примесей, озокерит имеет темный цвет и характерный запах нефти.

Данные озокерита: удельный вес от 0,88 до 0,97; температура вспышки по Бренкону не ниже 210°C . Материал весьма устойчив в химическом отношении, совершенно не растворяется в воде и обладает ничтожно малой гигроскопичностью. Температура размягчения колеблется от 64 до 84°C ; более твердые образцы — более тугоплавки. Электрические свойства: удельное объемное сопротивление $10^{14} - 10^{15} \text{ ом} \cdot \text{см}$; удельное поверхностное сопротивление $10^{14} - 10^{15} \text{ ом}$; диэлектрическая проницаемость $2,6 - 2,8$; $\text{tg} \delta$ — порядка 0,003, пробивная напряженность при толщине слоя 2 мм около 25 кв/мм.

Особенно большой интерес представляет озокерит новых ферганских месторождений. В отличие от Челекенского и Небитдагского этот озокерит содержит некоторое количество серы. Температура размягчения ферганского озокерита по техническим условиям Наркомнефти не менее 62°C (по Уббелоду); примесей не более 3,3%, пенетрация по Ричардсону при температуре 25°C и нагрузке на иглу 100 г не более 30; содержание серы должно быть настолько малым, чтобы в процессе проварки в озокерите при температуре 115°C в течение 3 час. на медных пластинках не появлялось следов потемнения из-за наличия следов сернистой меди, имеющей черпый цвет. Озокерит месторождения Шор-Су по качеству выше, чем озокерит Сель-Рохо; в частности, первый имеет более высокую температуру размягчения.

ПЛАСТМАССЫ

Пластмассы представляют собой материалы, которые обрабатываются прессовкой в соответствующих стальных прессформах. При этом получается готовое изделие сложной формы электроизоляционного или другого назначения, отличающееся большой точностью изготовления и не требующее сложной ручной и механической обработки. Применение пластмасс чрезвычайно выгодно при массовом производстве однотипных деталей, но не экономично для несерийного изготовления изделий из-за дороговизны сложных прессформ.

Приводим данные о наиболее распространенных пресспорошках и прессованных из них изделиях — типа завода «Карболит» (см. стр. 16). В качестве прессовочного порошка — заменителя может быть использован лигнолит, называемый иногда также «шпон-крошка», «ашанит». Из числа этих пресспорошков более высокими электроизоляционными свойствами обладают порошки марки К-21-22 и К-22-1.

Характеристика	Единица измерения	Заводские марки порошков		
		К-18-2 и К-18-4	К-29-2 и К-29-3	К-21-22 и К-22-1
Удельное объемное сопротивление не менее	ом. см	—	—	5.10 ¹²
Удельное поверхностное сопротивление не менее	ом	—	—	8.10 ¹²
Пробивная напряженность не менее	кв/мм	—	—	20—25
то же при 50 гц	%	—	—	6—7
Удельный объем (к порошку) не более	дм ³ /кг	2,2	2,2	2,8
Оптимальная температура прессовки	°С	150—155	145—155	155—160
Оптимальное удельное давление при прессовке	кг/см ²	150—350	200—300	200—300
Выдержка при прессовке (на единицу толщины)	мин/мм	0,6—0,8	—	0,5—1,0
Усадка при прессовке (на единицу толщины)	%	0,6—0,8	—	0,65—0,9
Текучесть по Рашигу при классе пластмассы	мм	10—140 75—110 50—75 35—50	140—150 75—110 50—75 35—50	80—120 60—80 45—60 30—45
	I			
	II			
	III			
	IV			

Для изготовления лигнолита отходы бакелизированного шпона режутся на куски, дробятся на шаровой мельнице со стальными шарами и просеиваются. Полученная крошка может быть непосредственно применена в качестве пресспорошка для малоответственных деталей простой конфигурации. Для улучшения свойств этой крошки добавляют поволочную смолу с гексаметиленотетрамино (уротропином) и стеарином или же обычный новолачный прессовочный порошок с наполнением древесной мукой или просеянными древесными опилками. Введение лигнолита, изделия из которого близки по свойствам к изделиям из измельченных отходов бакелизированной бумаги (изделия) или же бакелизированной ткани (текстолит, текстолит-крошка), дает возможность экономить для народного хозяйства значительные количества бакелита и необходимого для него дефицитного фенола.

Отметим также пластмассу «совенит», в которой связующим служит ангидроформальдегидная смола. Введение этой смолы вместо фенольноформальдегидных (бакелитовых и новолачных) смол, применяемых в качестве связующих в порошках К типа завода «Карболит», названных выше марок, дает возможность замены дефицитного фенола ангидрином. Совенит обладает высокими электроизоляционными свойствами и в ряде случаев пригоден даже для работы при относительно высоких частотах. Угловой потерь 12—15. Диэлектрическая проницаемость 3,5—4. Водопоглощаемость весьма мала и равна 0,2—0,4%. Теплоустойчивость по Мартенсу 145—190°С. Прочность на изгиб 900—1000 кг/см²; удельная ударная вязкость 13—14 кг см/см².

Асбоцемент — пластмасса холоднопрессовки, в которой наполнителем служит асбестовое волокно, а связующим — портланд-цемент. Выпускается в виде досок, а также в виде труб и фасонных прессованных деталей различной формы.

Дешевый материал, который может в ряде случаев заменить гетинкс, текстолит, различные пластмассы и т. п.; из асбоцемента можно изготовить различные электроустановочные изделия, например, изоляционные конструкции для шинной канализаций по системе Гольдберга и пр. Преимуществами асбоцемента являются его нагревостойкость и негорючесть.

Откачка асбоцемент сильно гигроскопичен и в качестве электроизоляционного материала может применяться исключительно в пропитанном виде (см. ниже).

Используемый в качестве кровельного материала тонкий около 1 мм листовой асбошифер (этернит) может применяться в качестве заменителя электротехнического листового асбоцемента, но он обладает пониженной механической прочностью из-за уменьшенного содержания асбестового волокна и меньшей длины самого волокна. Способность к пропитке у этернита ниже, чем у асбоцемента. Средние значения пропитанного асбоцемента: удельный вес 1.8—2.0; прочность на изгиб 300—350 кг/см², на сжатие 900—1300 кг/см², разрывная ударная вязкость 4 кг см/см². Провинная напряженность не менее 2 кв/мм, удельное объемное сопротивление 10⁹—10¹⁰ ом·см. Асбоцемент можно пропитывать льняным маслом, что невыгодно, так как вызывает расход дефицитного масла, или битумом, причем требуется более высокая температура пропитки. Асбоцементные доски и другие детали подвергаются пропитке только после механической обработки (резки, сверловки отверстий и т. п.).

Перед пропиткой асбоцементные доски следует просушить при температуре не менее 150° С; время сушки от 1 до 2 час. на каждый миллиметр толщины доски; после сушки еще неостывшие изделия медленно погружаются в пропитывающий состав.

При пропитке льняным маслом детали погружаются в нагретое до 105° С масло и выдерживаются в нем в течение времени из расчета от 1 до 2 час. на 1 мм толщины; детали вынимаются из масла лишь после охлаждения. В крайнем случае при отсутствии специального обогреваемого бака можно вести пропитку и при комнатной температуре, но при этом качество работы понижается. После пропитки льняным маслом доски выдерживаются на воздухе в течение 24 час., а затем для залекания масла прогреваются в печи с температурой 105° С при доступе свежего воздуха в течение 8—12 час.

По данным К. А. Андрянова льняное масло при пропитке асбоцемента может быть заменено лаком (см. выше), причем технология пропитки остается той же, что и для льняного масла.

При пропитке битумом пользуются нефтяным битумом марки III (см. выше). Битум расплавляется и доводится до температуры 280—240° С; если в битуме содержится вода, его предварительно прогревают при 100—105° С до полного прекращения пенообразования, на что практически требуется около 6 час. Время выдержки изделий в расплавленном битуме порядка 1—2 час на 1 мм толщины. Затем детали медленно вынимаются из битума, давая стечь избытку его.

После пропитки детали, вынутые из пропитывающего состава, срезаются; если желательно получить обожженную поверхность, приме-

няют шпифовку наждачным кругом. Большой интерес представляет суспензорный способ изготовления асбоцемента. При этом способе в состав асбоцемента до формовки шпестов или других изделий вводится битум в виде водной суспензии, так что последующая пропитка как отдельная операция вообще отпадает.

ТАЛЬКОХЛОРИТ

Талькохлориты представляют собой сланцеобразные горные породы, которые встречаются в очень больших количествах на Урале, например, недалеко от станции Мраморская в 40 км от Свердловска, у железнодорожной станции Мнасе недалеко от Челябинска и в других местностях Союза. Талькохлорит и аналогичные ему породы представляют значительный интерес как заменители асбоцемента, различных пластмасс, частично фарфора и других материалов для щитков и панелей, различных установочных изделий, изоляторов и др. Талькохлорит легко поддается резанию, распиловке, обточке, сверлению, так что изделиям из этого материала очень легко придать требуемую форму. В естественном состоянии талькохлорит имеет в силу своей гигроскопичности невысокие электронизоляционные свойства. Для талькохлорита Мраморского месторождения удельное объемное сопротивление 10^7 — 10^8 ом·см; удельное поверхностное сопротивление 10^6 — 10^7 ом; пробивная напряженность 1—2 кв/мм. Эти свойства могут быть значительно улучшены пропиткой битумами, пеками, смолами и т. п. после механической обработки.

Например, после пропитки талькохлорита бакелитовыми или карбамидноформальдегидными смолами с термобработкой при 190°C в течение 4—5 час. до и после пропитки удельное объемное сопротивление повышается до 10^{11} — 10^{13} ом·см, удельное поверхностное сопротивление возрастает до 10^{11} — 10^{12} ом, пробивная напряженность увеличивается до 80—82 кв/мм. Использование пропитанных уральских талькохлоритов для электронизоляционных целей было предложено Н. В. Никулиным и С. Н. Устиновым.

Подуточно следует отметить, что электронизоляционные свойства и влагостойкость мрамора также могут быть значительно улучшены пропиткой соответствующим составом. Поэтому мрамор, встречающийся в большом количестве на Урале, Кавказе и во многих других местах Союза в пропитанном виде, может быть в ряде случаев использован в качестве заменителя более высококачественных электронизоляционных материалов.

ПОЛИСТИРОЛ

Полистирол представляет собой прозрачную пластмассу с очень высокими электронизляционными свойствами; материал получается из жидкого стирола, который под действием нагрева и света постепенно твердеет. Водопоглощаемость практически равна нулю (менее 0,01%). Материал можно подвергать горячей прессовке, а также обрабатывать резанием. Нерастворим в воде, спиртах, трансформаторном масле, бензине; весьма стойк по отношению к кислотам, хлору и озону. Растворяется в четыреххлористом углероде, бензоле, толуоле и ксилоле, образуя электронизляционные полистирольные лаки. Пропитка изоляций может производиться кроме полистирольных лаков и жидким (неполимеризованным) стиролом. При последующей

еушке стирол в порах пропитанной изоляции полимеризуется и переходит в твердый полистирол.

Прочие свойства чистого полистирола: плотность 1,05—1,18 г/см³. Прочность на разрыв 400 кг/см², на сжатие 950 кг/см², на изгиб 700 кг/см². Удельная ударная вязкость 10—30 кг·см/см² (тем больше, чем меньше теплостойкость по Мартенсу; более нагревостойкий материал более хрупок). Коэффициент теплового расширения $7 \cdot 10^{-5}/1^\circ \text{C}$. Удельная теплоемкость 0,3 кал/г⁰ C.

Электронизоляционные свойства полистирола: удельное объемное сопротивление $\rho_v = 10^{17}$ ом·см. Удельное поверхностное сопротивление даже при увлажнении больше 10^{12} ом.

Диэлектрическая проницаемость — 2,2—2,5.

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ порядка 0,01%.

Пробивная напряженность 20—30 кв/мм; у тонких пленок полистирола более 100 кв/мм. Недостатком этого высококачественного диэлектрика, весьма пригодного для работы при радиочастотах, является сравнительно невысокая нагревостойкость (обычно для полистирола — теплостойкость по Мартенсу порядка 65—80° C).

Полистирол при современных условиях является остродефицитным материалом. Там, где необходимо иметь особо малые диэлектрические потери, даже при работе на высоких частотах переменного напряжения (например, в радиотехнике), полистирол может быть с успехом заменен эскапоном (см. ниже), а также специальными радиокерамическими материалами. В качестве более доступной пластмассы, прозрачной и малогигроскопичной, но с более высоким, чем у полистирола, значением угла диэлектрических потерь можно рекомендовать плексиглас.

ПЛЕКСИГЛАС

Плексигласом называется прозрачная как для видимых, так и для ультрафиолетовых лучей синтетическая термопластическая пластмасса, по химическому составу представляющая собой полимеризованный метилловый эфир метакриловой кислоты ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$).

Плексиглас широко применяется в авиапромышленности, в частности в качестве «небьющегося стекла»; отходы плексигласа могут быть использованы в качестве весьма ценного электронизоляционного материала со следующей характеристикой (плексиглас союзного производства): диэлектрическая проницаемость 3,2; удельное объемное сопротивление 10^{14} ом·см; тангенс угла потерь 0,05; пробивная напряженность 18 кв/мм. Удельный вес весьма мал — порядка 1,1. Прочность на изгиб от 500 до 1500 кг/см², удельная ударная вязкость 5—20 кг·см/см²; теплостойкость по Мартенсу 60—80° C. Материал чрезвычайно устойчив к действию света, воды (водопоглощаемость за 24 часа менее 0,1), щелочей, спирта, масел, бензина, растворим в ароматических углеводородах, эфире, ацетоне. Очень хорошо обрабатывается (пилился, сверлится, шлифуется).

Детали из плексигласа хорошо соединяются друг с другом клеем, состоящим из 50—60% ацетона, 40—50% этилацетата и 0,5% плексигласа. Соединяемые изделия подогреваются до 40° C, после чего клей наносится кистью. Карбинольный клей для склеивания деталей из плексигласа непригоден.

Под действием вольтовой дуги плексиглас выделяет большое количество газов (CO , H_2 , H_2O , CO_2), что делает возможным использование материала для дугогасящих аппаратов.

ЭБОНИТ

Эбонит представляет собой прессованный материал из каучука с большим (20—40%) содержанием серы и наполнителей. Этим он отличается от мягкой резины, в состав которой входит незначительное количество серы. Твердый, но вязкий и хорошо сопротивляющийся ударным нагрузкам материал. Хорошо обрабатывается резанием и принимает полировку. При долгом воздействии солнечного света поверхность эбонита желтеет; с этим можно бороться промывкой нашатырным спиртом.

Эбонит выпускается в листах размером 1000×500 мм при толщине от 0,75 до 25 мм, в виде круглых «спалок» длиной 750 и 1000 мм, диаметром от 3 до 75 мм и в виде трубок длиной 1000 мм с внутренним диаметром от 6 мм (при внешнем диаметре от 8 до 10 мм) и до 60 мм (при внешнем диаметре от 68 до 74 мм). Может также поставляться в виде прессованных фасонных деталей.

Имеется две марки эбонита: Р (более высокого качества) и S. Удельный вес материала: марки Р — до 1,25, марки S — до 1,45. Прочность на разрыв эбонита в листах и палках для марки Р не менее 500 кг/см² и для марки S — не менее 225 кг/см².

Гигроскопичность эбонита очень мала — не более 0,1%. Нагревостойкость весьма ограничена — не выше 80° С. Материал стойк к действию химических реагентов, в частности не разрушается даже крепкой серной кислотой.

Электронизоляционные свойства: пробивное напряжение в киловольтах не менее следующих величин:

14d+18 для листов марки Р
6d+15 для листов марки S
12d+10 для трубок марки Р
9d+7 для трубок марки S

где d — соответственно толщина листа или стенки трубки в мм.

Удельное объемное сопротивление $\rho_v = 10^{15} - 10^{17}$ ом·см

Удельное поверхностное сопротивление $\rho_s = 10^{14} - 10^{16}$ ом

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ порядка 0,5%

Диэлектрическая проницаемость 2,8

Эбонит применяется как электронизоляционный и конструктивный материал и, обладающий высокими механическими свойствами, хорошо поддающийся обработке. Мало гигроскопичен и может работать в условиях высокой влажности. Обладает весьма ограниченной нагревостойкостью. Является хорошим диэлектриком для работы при постоянном напряжении (весьма малая утечка), но при радиочастотах даст заметные потери мощности.

Может быть заменен различными пластмассами, не содержащими каучука: гетинаксом и т. п., гагатом (с ухудшением электронизоляционных свойств).

ГАГАТ

Гагат (связинит) — горючий битуминозный сланец, встречающийся в больших количествах в Восточной Сибири (Бурят-Монгольская АССР, Иркутская область). Этот материал был детально исследован в Научно-исследовательском институте связи, где им предполагалось заменить эбонит, но впоследствии он почти не добывался. Тем не менее гагат вполне может быть использован в ряде случаев в качестве электронизоляционного материала; его применение представляет особый интерес для восточных районов нашей страны.

Гагат имеет темнокоричневый (до черного) цвет, хорошо шлифуется, может быть применен как подделочный материал. Крупным недостатком гагата является большая неоднородность материала и наличие посторонних включений, из-за чего электроизоляционные свойства его изменчивы.

Характеристика гагата: плотность от 1,10 до 1,13 г/см³, гигроскопичность 0,7—1,0%; теплостойкость по Мартенсу 40—45° С; прочность на разрыв 170 кг/см², на изгиб 300—400 кг/см², ударная удельная вязкость 5—10 кг·см/см², твердость по Бринеллю 5—6 кг/мм², зольность 11%. Электрические свойства: объемное удельное сопротивление от 10⁸—10¹³ ом·см; поверхностное удельное сопротивление от 10⁷ до 10¹² ом, пробивная напряженность электрического поля от 4 до 12 кВ/мм.

Гагат разрабатывается в виде плит толщиной до 250 мм, цена гагата весьма незначительна — порядка 200 руб. за тонну.

ЭСКАПОН

Эскапон, изготавливаемый в опытно-промышленном порядке, представляет собой новый советский электроизоляционный материал весьма высокого качества. Он получен в лаборатории проф. Н. П. Кобеко в Ленинградском физико-техническом институте из натрий-дивинилового синтетического каучука СК.

Для получения эскапона с малыми диэлектрическими потерями СК должен быть тщательно отмыт.

СК прессуется при температуре 260—300° С и давлении 20—30 ат в течение 30 мин. до 3 час. (в зависимости от толщины). Процесс прессовки экзотермический, т. е. сопровождающийся выделением тепла; поэтому проводить прессовку следует весьма осторожно во избежание чрезмерного перегрева и даже самовозгорания материала.

После прессовки, при которой фиксируется форма изделия, производят термообработку (полимеризацию) в воздушной печи при 200—270° С без давления в течение от 15 до 20 час. В зависимости от режима термообработки материал получается различной твердости и нагнетостойкости. Выпускается эскапон в листах толщиной до 20 мм, стержнях и трубах. Эскапон представляет собой рогообразную более или менее твердую пластичную массу, которая очень хорошо обрабатывается резцом, фрезеруется, нарезается, полируется. При слабой степени заправки может обрабатываться горячей прессовкой. Удельный вес 1,0. Теплостойкость по Мартенсу доходит до 130° С, но более теплостойкий материал и более хрупок. Гигроскопичность и водопоглощаемость ничтожно малы. Материал весьма стойок к действию химических реагентов (на него не действуют даже крепкие азотная и соляная кислоты) и органических растворителей.

Механические свойства:

Прочность на разрыв 500 кг/см², на изгиб 600 кг/см². Удельная ударная вязкость: для материала с теплостойкостью 80° С—40 кг·см/см², для материала с теплостойкостью 100° С—15 кг·см/см².

Электроизоляционные свойства:

Удельное объемное сопротивление $\rho_v = 10^{12}$ ом·см.

Удельное поверхностное сопротивление $\rho_s = 10^{15}$ ом.

Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц ($\text{tg} \delta = 0,04\%$) для эскапона из неотмытого синтетического каучука 0,09—0,15%. Пробивная напряженность 85 кВ/мм.

Диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 2,7$.

С успехом может быть использован в качестве заменителя полисти-

рола, диалекса и высокочастотной керамики. Главная область применения эскапона-радиоаппаратура, где он ценен из-за малого угла диэлектрических потерь при работе под воздействием высокочастотных электрических полей.

КАРБИНОЛЬНЫЙ КЛЕЙ

В электронизационной технике часто бывает очень полезно производить прочное склеивание самых разнообразных деталей. Благодаря атому можно использовать обрешки и маломерные куски материала, упростить различные технологические процессы и т. п.

В качестве клея, дающего весьма прочное склеивание, может быть применен предложенный лауреатом Сталинской премии проф. И. Н. Назаровым карбинольный клей, получаемый при использовании отходов промышленности синтетического каучука—свицена (СК-С). Карбинольный «сиропа» представляет собой густую жидкость, которая может храниться долгое время; непосредственно перед употреблением к сиропу добавляется небольшое количество катализатора (перекись бензоила или же крепкая азотная кислота), после чего клей быстро схватывается. Кроме чистого клея может применяться клей в виде замазки с порошкообразным наполнителем (тальк, гипс, каменная мука и т. п.).

В случае применения в качестве катализатора перекиси бензоила она добавляется к карбинольному сиропу в количестве 1—3% по весу, после чего смесь перемешивается стеклянной палочкой до полного растворения (20—30 мин.). Приступать к склеиванию следует не раньше, чем через 40—50 мин. После введения перекиси бензоила, клей годен 5—6 час. Затвердевание клея происходит при 10—15° С в течение 2—3 суток, при 20—25° С — 1 суток, 40—45° С — 10—12 час. и 55—60° С — 4—6 час.

При использовании азотной кислоты (уд. веса 1,38—1,40) она добавляется к сиропу в количестве 1—2% и смесь перемешивается до полного растворения и начала загустевания (10—15 мин.). Клеем с азотной кислотой можно пользоваться в течение 1 часа; он затвердевает при 15—20° С в течение 3—5 час.; производить склеивание при температуре выше 40° С не рекомендуется.

Склеиваемые поверхности должны быть совершенно чистыми, сухими, без следов жира и щелочей; ошпиганные поверхности перед склеиванием не следует трогать руками. Карбинольный клей прекрасно клеит металлы, керамику, стекло, слюду, дерево, картон, пластмассы и т. п. Плохо приклеивает различные материалы к меди. Недостатком его являются сравнительно невысокие нагревостойкость (начинает заметно понижать прочность склейки уже при 70° С) и водостойкость (пленка клея набухает в воде). Затвердевший клей набухает в спирте и ацетоне, но совершенно устойчив к действию бензина, керосина и масел.

Механические свойства затвердевшего карбинольного клея:

Таблица 4

Характеристики	Единица измерения	Чистый клей	Клей с наполнителем
Прочность на срез	кг/см ²	200—250	100—170
Прочность на разрыв	—	200—280	170—180
Прочность на сжатие	—	1.000—1.100	1.000—1.400
Твердость по Бринеллю	—	20—24	18—20

И. И. Федоровым, было предложено и с успехом внедрено при подбоявании карбинольного клея при ремонте разбитых и потрескавшихся фарфоровых изоляторов самых разнообразных конструкций и размеров.

ПРОРЕЗИНЕННАЯ (ЛИПКАЯ) ЛЕНТА

Липкая лента широко применяется в качестве монтажного электроизоляционного материала. Односторонняя липкая лента изготавливается шириной 12 мм, двухсторонняя 10, 15, 20 и 50 мм, толщина 0,25 мм. Ленты поставляются в кругах диаметром 150 мм; прочность ленты на разрыв не менее 4 кг на сантиметр ширины.

В связи с дефицитом прорезиненной ленты ее можно заменить смоляной лентой, обладающей пониженной липкостью. Смоляная лента заводского производства имеет толщину 0,6 мм при ширине 15, 25, 40, 50 или 75 мм; прочность на разрыв не менее 6 кг на см ширины, пробивное напряжение одного слоя — не менее 2500 в.

Смоляная лента в случае надобности может изготавливаться собственными силами — пропускаям миктала или иного текстильного материала через расплавленную смесь, состоящую примерно из 90% нефтяного битума марки III и 10% нефтяного (машинного или трансформаторного) масла с последующим охлаждением до застывания пропитывающего состава, намоткой в рулоны и разрезкой на ленты требуемой ширины.

Для изготовления липкой прорезиненной ленты на неспециализированном предприятии без применения сложного оборудования и без расходования дефицитного натурального каучука следует в течение 10—15 мин. пропитывать митейль, бязь или другую ткань в ванне следующего состава:

синтетический каучук (СК-В)	2,5%	} 100%
кануфоль	7,5%	
сосновая смола	17%	
ламповая сажа	2%	
скинпидар	71%	

Затем ткань сушат 15 мин. при температуре 75° С, вновь пропитывают, так же как и в первый раз, сушат окончательно 2—3 часа при 75° С, наматывают на оправку и разрезают на ленты нужной ширины.

Для регенерации старой, долго лежавшей без употребления и пришедшей в негодность ленты применяется такая же обработка, но в рецептуру пропитывающего состава не включается сажа и пропитка производится только один раз.

КАБЕЛЬНЫЕ ЗАЛИВОЧНЫЕ МАССЫ

В кабельной технике находят себе применение следующие основные типы заливочных масс:

1. Масложанитовая (светлая) масса МК-45. Применяется для заливки герметических муфт силовых электрических кабелей на рабочие напряжения до 35 кв.

2. Битуминозная (черная) масса МК-70. Применяется для заливки чугунных или железных муфт кабелей на напряжение до 3 кв и воронок кабелей — на напряжение до 10 кв, находящихся в земле или в холодных помещениях.

3. Битуминозная (черная) масса МК-90. Применяется в тех же

случаях, что и МБ-70, но при монтаже в отапливаемых помещениях. Заливочные массы должны быть однородными, без сгустков и комков и не должны быть хрупкими. Масса МК-45 после прогрева в течение 72 час. при температуре 70—80° С должна оставаться однородной по внешнему виду.

Содержание в массах минеральных кислот, щелочей, песка и других загрязнений не допускается. Кроме того заливочные массы должны удовлетворять следующим требованиям:

Таблица 5

ар к т р и к	Единица измерения	м а с с ы		
		МК	МБ-70	МБ-90
Температура размягчения (по Убелюде) в °С не менее	°С	45	70	90
Вязкость (по Энгле, у) не менее при температуре	°С'	6	27	27
Температура всплытия не менее	°С	130	130	170
Усадка при застывании не более	%	7	9	9
Зольность (по асу) не более	%	0,9	—	—
Пробивное напряжение (при толщине пробывающего лоп 2,5 мм), не менее	кв	1,7	0,5	3,5

Температура, при которой производится заливка муфт:

для массы МК-45 130—140° С
 для массы МБ-70 160—185° С
 для массы МБ-90 185—190° С

Заливочные массы в случае надобности могут быть изготовлены собственными силами по рецептам:

1. Масса МК-45

Канифоль	70—80 %	или	Канифоль	65—75 %
Масло (автол)	20—30 %		Масло (бразиток)	25—35 %
Итого	100 %		Итого	100 %

Канифоль загружается в котел, расплавляется и разогревается до 180° С; затем заливается масло и смесь парится при 130° С до прекращения пенообразования, для чего требуется около 5—6 час. Сваренная масса сливается при температуре 140—150° С, при которой она еще находится в жидком состоянии.

2. Масса МБ-70

Применяется смесь нефтяных битумов различных марок, причем соотношение их берется различным, в соответствии с их температурой размягчения, например:

Таблица 6

битум V (температура размягчения по кольцу и шару 90°C)	65—75%
битум III	25—35%
	100%
или: битум V (100°C)	55—65%
битум III	35—45%
	100%
или: битум VI (110°C)	45—55%
битум III	45—55%
	100%
или: рубракс А (125°C)	35—45%
бит. м III	55—5%
	100%
или: рубракс А. (135°C)	25—35%
битум III	65—75%
	100%

В котел сначала загружается битум № 3, который расплавляется и прогревается при 100—120° С до прекращения пенообразования; затем добавляется битум V или же рубракс, и смесь варится до прекращения пенообразования—около 12—24 час.; температура слива 180—200° С.

3. Масса МБ-90:

Таблица 7

битум V (90°C)	85—95%
битум III	5—15%
	100%
или: битум V (100°C)	75—85%
битум III	15—25%
	100%
или: рубракс А (125°C)	65—75%
битум III	25—35%
	100%
или: рубракс (135°C)	55—65%
битум III	35—45%
	100%

Варка массы МБ-90 ведется подобно сварке массы МБ-70, но температура варки должна быть равна $200-230^{\circ}\text{C}$, а температура слива $220-230^{\circ}\text{C}$.

Во всех случаях варку следует вести весьма осторожно во избежание пожаров и ожогов работающих. Сваренную массу следует процедить через проволочную сетку в посуду (ведра) с плотно закрытыми крышками.

Битуминозные массы МБ-70 и МБ-90 можно готовить и путем продувки битума III (см. выше) до получения требуемой температуры размягчения.

1 МОНТАЖНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ РОЛИКИ

При монтаже и ремонте соединительных кабельных муфт для силовых электрических кабелей с бумажной изоляцией нормально применяютсяготавливаемые кабельными заводами и поставляемые в запаянных бумажных банках монтажные комплекты (стандарт СТ-7), содержащие необходимые для определенных сечений и напряжений кабелей пропитанные бумажные ролики (бумажной лентой с этих роликов производится изолирование соединяемых мест кабелей), а также бобины хлопчатобумажной пряжи. Если стандартных заводских комплектов на месте монтажа не имеется, монтажные кабельные ролики можно изготовить собственными силами.

Для этой цели берется кабельная высоковольтная бумага толщиной 0,12 мм марки КВ-12 (может применяться и низковольтная, кабельная бумага такой же толщины марки КН-12). Из этой бумаги вырезаются ленты нужной ширины, которые ровно и плотно наматываются в ролики. Ширина лент для изоляции жил берется:

- | | |
|---|--------|
| а) для кабелей $10-15\text{ мм}^2$ при 1-3 кв и до 25 мм^2 при 6 кв | 125 мм |
| б) для кабелей $185-240\text{ мм}^2$ при 1-3 кв и $35-120\text{ мм}^2$ при 6 кв и $10-25\text{ мм}^2$ при 10 кв | 150 » |
| в) для кабелей $150-300\text{ мм}^2$ при 6 кв и $35-120\text{ мм}^2$ при 10 кв | 175 » |
| г) для кабелей $150-185\text{ мм}^2$ при 10 кв | 200 » |

Кроме того для монтажа требуются: для подмотки—ролик с лентой шириной 10 и 25 мм, а также ролик для бандажей шириной 50 мм (для всех сечений и напряжений). Бумажная лента не должна иметь складок, надорванных или змятых краев.

Намотанные из бумажной ленты ролики должны быть подвергнуты сушке и пропитке. Для сушки, если нет специального термостата, можно положить ролики в ведро или котел и прогревать их 3-4 часа при температуре $105-110^{\circ}\text{C}$, при этом особо важно, чтобы бумага не перегревалась (например, не прикасалась к нагреваемому огнем дну котла), так как иначе она станет непрочной, хрупкой и совершенно непригодной для монтажа; поэтому лучше всего при оловяном обгореве применять два котла, вставленные друг в друга (воздушную баню). После просушки бумаги в котел, в котором находятся ролики, заливается не содержащая воды маслосканифольная пропиточная масса марки МП-1; проварка роликов в массе производится при температуре $120-130^{\circ}\text{C}$ в течение 10-15 час, до полного прекращения выделения из бумаги пузырьков пара и воздуха.

Масса МП-1 изготавливается осторожным сплавлением 70% чистого минерального масла (машинного масла марки ЭУ, автола 6 или 8 или иного аналогичного им по вязкости) с 30% канифоли. При отсутствии массы МП-1 можно вести протирку роликов просто в густом минеральном масле (густой автол, брейтстох и т. п.).

Пропитанные ролики должны храниться в чистой закрытой посуде, залитые массой МП-1 или маслом.

При отсутствии кабельной бумаги для монтажа кабелей на 1—3 кв можно использовать бумагу, снятую с отрезков кабелей. В этом случае (так же как и при возникновении сомнения в сухости изготовленных роликов) следует проверить бумагу на отсутствие в ней влаги. Для испытания кусочек бумаги погружают в расплавленный парафин, имеющий температуру 105—110° С; если в бумаге имеются следы влаги, будет слышен легкий треск и на поверхности парафина образуется пена, что будет указывать на необходимость дополнительной проварки бумаги, свернутой в ролики, в масле МП-1 или в масле до полного превращения пенообразования.

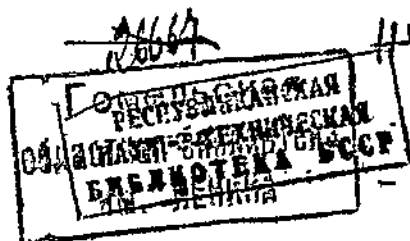
УКАЗАТЕЛЬ

наиболее важных литературных источников на русском языке, могущих служить для более углубленного изучения вопросов о заменителях и экономии электроизоляционных материалов.

1. Б. П. А в и с о в, Применение талько-хлоритового сланца в промышленности, «Минеральное сырье» 1930, № 10, стр. 1433.
2. Н. В. А л е к с а н д р о в, Дерево как электроизоляционный материал, Энергониздат, 1933.
3. К. А. А н д р и а н о в, И. Л. Д в и н я н и н о в а, А. М. С ы р о в а и А. А. Б о р д а н о в а, Электроизолирующие лаки без растворителей, «Вестник электропромышленности», 1943, № 3, стр. 1.
4. К. А. А н д р и а н о в и С. И. Д ж е н г е л ь с к а я, Новые дугогасящие материалы, «Вестник Электропромышленности», 1941, № 7, 8, стр. 4.
5. А с б е с т о в ы е электроизоляционные материалы (сборник под ред. Б. М. Тареева и В. О. Резнова), ОНТИ, 1934.
6. Э. М. Б а р с к и й, Гатат, КОИЗ, 1934.
7. Н. П. Б о г о р о д и ц к и й и Н. М. Г р о д н и ц к а я, Применение дерева в электропромышленности, «Вестник электропромышленности», 1944, № 8 (в печати).
8. А. К. В а р д е н б у р г, Электроизоляционные масла и их заменители, «Электричество», 1940, № 4, стр. 15.
9. Н. Е. Г о з и к, О заменителях натурального шеллака, «Электрические станции», 1943, № 3, стр. 22.
10. Е. Г р а н о в с к и й, Сырье и топливо в Отечественной войне, Госполитиздат, 1943.
11. З а м е н и т е л и в тяжелой промышленности (сборник под ред. А. Ю. Шпирта), «Стандартизация и рационализация», 1934.
12. З а м е н и т е л и растительных масел и жиров (сборник под ред. Г. С. Петрова и А. Ю. Шпирта), Стандартгиз, 1935.
13. З а м е н и т е л и электроматериалов. Сборник статей под общей ред. А. Ю. Шпирта, Стандартгиз, 1936.
14. Г. И. З о й т л е р, Новые типы радиодеталей и заменителей, ЦВТИЭ НКЭП — СССР, 1943.
15. В. С. И в а н о в, Увеличение срока службы и сокращение расхода изоляционных и смазочных масел, «Электрические станции», 1943, № 3, стр. 10.
16. В. И. К а л и т в я н с к и й, Новый тип изоляции обмоточных проводов (формекс) «Вестник электропромышленности», 1943, № 9, стр. 23.

17. В. И. Калитвянский, Организация производства прессовочных порошков, ЦБТИ НКЭП — СССР, Госэнергоиздат, 1943.
18. В. И. Калитвянский, Применение асбестовых материалов в электромашиностроении, «Каучук и резина», 1938, № 8, стр. 50.
19. В. И. Калитвянский, Состояние и ближайшие задачи изоляционной техники в электромашиностроении, «Электрическая изоляция», 1940, вып. III, стр. 120.
20. В. И. Калитвянский и В. Ф. Сережников, Цемент-асбест как дугостойкий и электроизоляционный материал, «Вестник электропромышленности», 1936, № 10, стр. 23.
21. М. Я. Квартин, Регенерация изоляционных масел глиной со ст. Хотьково Северной ж. д., «Электрические станции», 1943, № 3, стр. 15.
22. А. В. Корицкий, Коллекторы на пластмассе, «Вестник электропромышленности», 1942, № 11—12, стр. 25.
23. Ю. В. Корицкий, Состояние научно-исследовательских работ по электрической изоляции в сельхозной электропромышленности. В сборнике докладов расширенного совещания по электроизоляционным материалам, 1940.
24. Ю. В. Корицкий, Электроматериалы, ОНТИ, 1936.
25. Ю. В. Корицкий, А. А. Волкова, Б. В. Коссович, Применение сульфатцеллюлозной конденсаторной бумаги в производстве статических конденсаторов, «Вестник электропромышленности», 1938, № 8—9, стр. 45.
26. С. М. Лисицкий, Озокериты и церезины, Азянфториздат, 1936.
27. И. Н. Назаров, Карбинольный клей, ЦБТИ НКЭП — СССР, 1943.
28. А. Ноткин, Экономия сырья и топлива укрепим оборонную мощь нашей родины, Госполитиздат, 1942.
29. В. Н. Петров, Гатат, Гизлегпром, 1933.
30. В. А. Привезенцев, Замена шелковой изоляции «вухслойной» эмалью, «Вестник электропромышленности», 1938, № 4, стр. 37.
31. В. А. Привезенцев, Изготовление изоляционных комплектов для монтажа кабельных муфт на местах, «Вестник электропромышленности», 1942, № 3, стр. 19.
32. Резолюция совещания по обмену опытом внутренних заместителей в производстве электроизоляционных материалов, НКЭП СССР, 1940.
33. Справочник по суррогатированию, Всесоюзное объединение электрослаботочной промышленности, Госэнергоиздат, 1932.
34. Стекланная изоляция, (под ред. В. М. Тареева), Госэнергоиздат, 1943.
35. В. М. Тареев, Новое в области электроизоляционной техники, ЦБТИ НКЭП СССР, Госэнергоиздат, 1943.
36. В. М. Тареев, Оксидная изоляция, Энергоиздат, 1934.
37. В. М. Тареев, Станцы как изоляционный материал, «Новости техники», 9 сентября 1932.
38. В. М. Тареев, Эластичные синтетические полимеры в кабельной технике, «Бюллетень Москабеля», 1940, № 3.
39. В. М. Тареев и В. А. Баев, Заменители в электропромышленности, «Стандартизация и рационализация», 1934.
40. В. М. Тареев и В. А. Привезенцев, Провода и шнуры с амальевой изоляцией, «Электромонтер», 1937, № 2.
41. Тезисы и аннотации докладов, представленных на расширенное совещание по электроизоляционным материалам, Томск, 1943.

42. Трансформаторные масла с присадками, Электрические станции, 1943, № 4, стр. 21.
43. М. А. Трахтенберг, Изодин, «Новости техники», 1933, за-
метка № 2637.
44. Н. И. Трегубов, Технический справочник по шеллаку (с
приложением сведений о его заменителях), Издание лаборатории
звукозаписи, 1939.
45. Н. М. Федоров, Замена дефицитных материалов в электро-
тяговом оборудовании, Энергоиздат, 1932.
46. А. Я. Филимонов, П. А. Губов, Коллектор на пластмас-
совой основе, «Вестник электропромышленности», 1941, № 6,
стр. 30.
47. И. Д. Фикельштейн и В. Г. Аветиков, Применение
уральского сырья для изготовления высоковольтных изоляторов,
«Вестник электропромышленности», 1942, № 11-12, стр. 20.
48. М. А. Хрипун, Методы склеивания фибры, Информацон-
ный бюллетень ВИАМ, 1941, № 16, стр. 84.
49. А. Ю. Шпирт, Минеральное сырье и война, Политиздат, 1941.
50. А. Ю. Шпирт, Сырье и война, Политиздат, 1940.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Дерево	4
Гетинакс	5
Текстолит	7
Фанерит	8
Битумы	9
Бумолит	10
Электронизоляционные лаки	10
Лакоткань	13
Озокерит	15
Пластмассы	15
Асбосемент	17
Талькохлорит	18
Полистирол	18
Плексиглас	19
Эбонит	20
Гагат	20
Эскапон	21
Карбинольный клей	22
Прорезиненная (липкая) лента	23
Кабельные заливочные массы	23
Монтажные кабельные ролики	26
Указатель литературы	27

Редактор инж. В. Я. Беллер.

2 печ. в., уч.-авт. л. 3
Подписано в печать 3.IV 1944 г.
Л-41656

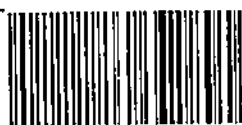
Тираж 2 000
Цена 5 руб.
Заказ № 1104

050
Цена 5 руб.
 (по указанию заказчика)

767789

1944

RLST



0000000364659

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
9	5 сверху	невьсоки	их вьсоки	авт.
16	табл. 4	10—140	110—140	ред.
16	снизу	12—15	12—15	ред.
18	4 сверху	суспензорный	суспензорный	авт.
19	23 снизу	CH ₂ —	—CH ₂ —	авт.
19	11 снизу	0,1	0,1%	авт.
20	3 сверху	серы и наполни- телей	серы	авт.
22	1 снизу	парится	кг/м ³	корр.
24	8 снизу	варится	варится	авт.
26	1 сверху	сварке	варке	авт.
26	4 снизу	прогирку	пропирку	авт.

Корицкий и Тареев — Заменители электроизоляционных материалов