

Производство современных материалов для изоляции электрических машин

БИРЖИН А.П.¹, СЕРЕБРЯННИКОВ С.В.²

¹АО «Электроизолит», Хотьково, Московская обл., Россия

²НИУ «МЭИ», Москва, Россия

Статья посвящена вопросам, связанным с производством электроизоляционных материалов, в основном, для электрических машин. Материал построен в форме диалога генерального директора АО «Электроизолит» Александра Павловича Биржина с членом редколлегии журнала «Электричество» профессором Сергеем Владимировичем Серебрянниковым. Предприятие, отмечающее в этом году 85 лет со дня создания и начала выпуска электроизоляционных материалов, является одним из системообразующих заводов в области электроизоляционных материалов, специализируясь на слоистых пластиках, лаках, смолах, лакотканях и др. [1]. Рассмотрены вопросы развития отрасли в России, в том числе в современных условиях. Даётся оценка сырьевых возможностей для производства электроизоляционных материалов, показаны основные направления и задачи в производстве новых подобных материалов. Затронуты вопросы подготовки кадров для отрасли и ее взаимодействия с научными и учебными организациями. В заключение приведена расширенная информация об АО «Электроизолит» и его истории.

Ключевые слова: электрическая изоляция, электрические машины, слоистые пластики, лаки, смолы, лакоткани, новые материалы, подготовка кадров

Электротехническая отрасль промышленности, связанная с производством электрических машин, трансформаторов, кабелей и проводов, различных электрических аппаратов, неизбежно сталкивается с необходимостью использовать в своих изделиях электроизоляционные материалы. То же самое можно сказать и о производстве изделий радиотехники и электроники.

Во всех этих отраслях и производствах находят применение твёрдые и твердеющие материалы, например компаунды, лаки, эмали, смолы. Не обходятся без внимания производителей и слоистые пластики, в том числе фольгированные. Электроизоляционные материалы в разных странах начали применяться давно. Без них нельзя было сделать электрическую машину, организовать передачу электроэнергии на малые и большие расстояния, обеспечить работу, например, заменителя конки – трамвая и т.п. Первые электрические машины имели изоляцию, состоящую из простейших материалов, таких как воздух, бумага, натуральные ткани, некоторые виды смол.

В [2] приводятся данные об изоляционных материалах, производившихся в России в начале XX в., и их основных применениях, в основном для установочных изделий. Часть названий этих материалов давно забыты или выходят из употребления, как например, огнестойкий и огнеупорный кресилит, или теплостойкий, не гигроскопичный с высоким сопротивлением – эсказин, линоксиновая бумага и др.

Конечно, с годами, с развитием химической науки, технологических методов и приемов обработки материалов спектр, в том числе электроизоляционных изделий и их компонентов, существенно расширялся. Например, в современных электрических машинах наиболее активно применяются слюда и материалы на ее основе, такие как стеклослюдосодержащие ленты, стеклоткани, стеклобумаги, полимеры, различные пропиточные и покровные составы и др.

Важность электрической изоляции определяется и тем, что ее стоимость достигает 50–80 % стоимости всех других материалов машины [3]. И свойствами именно электрической изоляции часто определяется надежность эксплуатации электрической машины.

Современные достижения в области электротехнического и электроэнергетического оборудования, в том числе электромашиностроения, обусловлены повышением качества применяемых материалов, особенно электроизоляционных, что чрезвычайно важно при разработке и создании новых типов электрооборудования, предназначенного для тяжелых или экстремальных условий эксплуатации.

С.В. Серебрянников: Александр Павлович, как Вам видится сегодняшнее состояние в производстве электроизоляционных материалов в нашей стране? Какие предприятия работают в этой сфере? Какой продукции выпускается достаточно для отечественных потребителей, а какой не хватает?

А.П. Биржин: Электротехническая отрасль, как и большинство других отраслей, в последние годы переживает непростой период. Сначала спад, связанный с пандемией коронавируса, а теперь последствия антироссийских санкций. Большинство ведущих европейских производителей электроизоляционных материалов прекратило поставки своей продукции, что открыло возможность для развития отечественного производства электроизоляционных лаков и компаундов, слоистых пластиков и слюдяной изоляции.

Электроизоляционные материалы и изделия производят в России несколько предприятий: «Электроизолит», Свердловский изоляционный завод, Электроизоляция (Химки), Изотекс и др. Учитывая многопрофильность номенклатуры выпускаемых материалов (более 300 марок), «Электроизолит», несомненно, является одним из ведущих заводов в России. Электроизоляционные заводы РФ и завод «Молдавизолит», Тирасполь (в части фольгированных диэлектриков) полностью обеспечивают потребности промышленности в основных электроизоляционных материалах. «Электроизолит» располагает производственными мощностями для наращивания объемов выпуска материалов при увеличении их потребности. А дальше вопрос конъюнктуры рынка, цена–качество, сроки исполнения.

С.В. Серебрянников: Сегодня многих интересует вопрос, насколько сильно зависит производство, например, лаков, эмалей, стеклопластиков в нашей стране от зарубежных поставщиков? Что-то приходится закупать за рубежом? Какие компоненты? Каков процент закупок по отношению к производимым в России аналогичным компонентам?

А.П. Биржин: Первая половина 2022 г. вызывала серьезную тревогу, но время показало, что нет неразрешимых проблем с поставкой сырьевых материалов из-за рубежа. Европейских производителей замещают поставщики из Юго-Восточной Азии, организуются каналы параллельного импорта, развиваются производства дефицитных компонентов на российских предприятиях.

Сохраняется значительная (свыше 30 %) зависимость по отдельным видам сырьевых материалов для производства электроизоляционной продукции. Если ещё несколько лет назад мы почти на 100 % зависели по поставкам стеклоткани от завода «Полоцк-Стекловолокно» (Полоцк, Беларусь), то теперь в России появилась альтернатива производства стеклотканей на заводах «СТЕКЛОНИТ» (Уфа) и «П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно» (Алабуга). В минувшем году «Сибур» запустил первое в стране производство маленинового ангидрида, одного из стратегических сырьевых компонентов для композитной отрасли, который до этого закупался за рубежом.

С.В. Серебрянников: Всегда интересно знать, а с какими производителями отечественное производство

электроизоляционных материалов может конкурировать на международных рынках? Они ведь есть во многих странах, в том числе и на пространстве бывшего СССР. Конечно, вопрос касается тех направлений и материалов, которые характерны для возглавляемого Вами предприятия.

А.П. Биржин: Сегодня для отечественных материалов не так уж много экспортных возможностей. Европейский рынок закрыт полностью, страны Юго-Восточной Азии развивают собственные производства и вводят заградительные пошлины, что делает иностранные товары малопривлекательными. В основном это китайские компании, предлагающие низкую цену продукции иногда в ущерб качеству.

Экспортный потенциал сохраняется только в нескольких бывших республиках СССР: «Электроизолит» осуществляет поставки на предприятия Беларуси, Казахстана, Узбекистана.

С.В. Серебрянников: В связи с предыдущим вопросом хотелось бы знать, а есть ли у российских производителей возможности в перспективе выйти на мировые рынки с какими-нибудь новыми предложениями? Может быть, объединяясь с фирмами дружественных стран?

А.П. Биржин: В сегодняшней ситуации сложно делать долгосрочные прогнозы. Импульс развития технологий, который получила промышленность в условиях кризиса, безусловно приведёт к созданию новых современных материалов. Речь идёт о гамме материалов с повышенными градиентами по электрической прочности и электрофизическими характеристиками с повышенной нагревостойкостью и теплопроводностью.

В этом ключе тесное взаимодействие с иностранными компаниями не кажется чем-то фантастическим. Мы открыты для любого взаимовыгодного сотрудничества в любых мировых регионах.

С.В. Серебрянников: В начале разговора уже упоминалось о направлениях развития технологий, научных исследований для совершенствования материалов. Можете привести примеры сотрудничества именно в научной сфере с организациями, вузами, исследовательскими институтами и центрами, в результате которых предприятию удается производить отвечающую современным требованиям продукцию и получать результаты, направленные на усовершенствования ее в будущем?

А.П. Биржин: «Электроизолит» сотрудничает со многими научными организациями. Например, Институт пластмасс им. Петрова и Московский энергетический институт помогают в части анализа и испытаний сырьевых материалов и продукции иностранных производителей, а ВЭИ, ВНИИКП, ВЭлНИИ – в испытаниях и сертификации новых продуктов, разработанных нашими специалистами в рамках НИР.

Сотрудники АО «Электроизолит» вместе с ВНИИКП и Подольским заводом «Микропровод» в 2000 г. были

удостоены звания лауреатов премии Правительства Российской Федерации за «За разработку и внедрение теплостойких эмальзаков». А ранее в 1983 г. совместно с ВНИИЭИМ, НИИ ЛПЭО Электросила, Нижнеудинской слюдяной фабрикой, Балашовским слюдокомбинатом, Укр НИИ пластмасс за совместную работу «Комплекс работ по разработке и крупносерийному внедрению в народное хозяйство широкой номенклатуры электроизоляционных материалов на основе слюдяных бумаг, обеспечивающих создание мощных турбо- и гидрогенераторов, высокоэффективных тяговых двигателей для железнодорожного транспорта, электродвигателей повышенной удельной мощности и надёжности для угле- и нефтедобычи и других отраслей народного хозяйства» удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР.

С.В. Серебрянников: Часто новые решения, направленные на развитие производства, предлагают новые, более молодые (не считаю Вас и Ваших коллег пожилыми), сотрудники. Отрасль и производство не простые, требуют современных знаний. Каково положение дел с приемом на работу молодых специалистов? Много ли их, какие вузы, колледжи помогают в этом отношении? Есть примеры трудовых династий?

А.П. Биржин: Электротехническая отрасль испытывает острый кадровый голод, и наше предприятие не исключение. Поэтому в 2022 г. мы приступили к разработке и реализации новой кадровой политики. Внедряются инструменты адаптации новых сотрудников и наставничества, разрабатываются программы внутреннего обучения и повышения квалификации. Также мы планируем заключать с вузами и профильными техникумами договоры о целевой подготовке персонала.

Многие годы «Электроизолит» направлял на учебу в МЭИ молодых людей как для получения высшего образования, так и ученой степени в аспирантуре. Мы и сами участвуем в подготовке квалифицированных специалистов в вузах. Наши сотрудники работали и работают в институтах учебного и научного профиля. Два издания выдержало учебное пособие «Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин» [4], которое используется сегодня студентами и специалистами, работающими в электромашиностроении.

Кадры – это самый ценный ресурс. Подбор и воспитание специалистов – одна из ключевых целей нашей стратегической политики. Хорошее подспорье в решении этой задачи – трудовые династии, например Бобылевых, Добровых, Волнухиных, и многие другие. Мы это приветствуем и всегда помогаем в трудоустройстве на завод детям наших сотрудников.

С.В. Серебрянников: Как Вам видится развитие производства электроизоляционных материалов в России? Какие материалы будут востребованы в будущем? С какими свойствами? Чувствуете ли Вы, что некоторые сегодня производящиеся материалы уходят из при-

менения? Производство каких материалов увеличивается?

А.П. Биржин: Уходят в прошлое материалы класса нагревостойкости А (105 °C) и В (130 °C), такие как гетинаксы, микаленты, глифталевые смолы и т.д. [5].

Можно сформулировать два основных направления развития производства электроизоляционных материалов: переход к материалам более высокого класса нагревостойкости и повышение экологичности выпускаемых материалов при хранении и эксплуатации. Требования сегодняшнего дня – системы изоляции, работающие при температурах 180–220 °C, маслостойкие, влагостойкие, с повышенной теплопроводностью [6].

Что касается экологии, то здесь главной проблемой является исключение выбросов в атмосферу токсичных веществ, таких как эпихлоргидрин, диоксины, фреоны, парниковые газы и др. То же самое можно сказать и об эксплуатации материалов и утилизации тех, которые уже выработали свой ресурс [7, 8, 10].

С.В. Серебрянников: И еще вопрос. АО «Электроизолит» – предприятие с достаточным большой историей, сохранившее свой профиль в сложное время перехода страны в новую формацию. Расскажите подробнее о нем, его истории, сегодняшнем дне, выпускавшей продукции, перспективах, наиболее важных и интересных решениях в технологии.

А.П. Биржин: В 2023 г. заводу «Электроизолит» исполняется 85 лет. История создания завода тесно связана с ленинским планом электрификации страны. Его реализация требовала ускоренного развития тяжёлой промышленности, создания новых отраслей и видов производства. Рост выпуска энергооборудования, электротехники, строительство и пуск новых электростанций требовали всё больше электроизоляционных материалов.

В специальном постановлении Совета Труда и Обороны, подписанным В.В. Куйбышевым в марте 1933 г., было запланировано построить завод в Хотьково.



Вид на часть завода с высоты птичьего полета

Bird's-eye view of part of the plant

28 апреля 1938 г. был издан приказ № 1 по заводу о запуске производства за подписью его первого директора И.Ф. Филиппова. С этого дня предприятие ведёт свою биографию. Усилиями всего коллектива перед войной были пущены в эксплуатацию два цеха – лаковарочный и пропиточный. Были получены первые метры отечественной лакоткани.

В годы Великой Отечественной войны часть завода была эвакуирована в Петропавловск (Казахская ССР), где при участии и помощи специалистов завода в сложнейших условиях удалось к концу 1942 г. запустить новый завод – Петропавловский завод электроизоляционных материалов (ПЗЭИМ), который в настоящее время выпускает сильно усечённую номенклатуру материалов в относительно небольших объемах. В конце 1941 г. Государственным Комитетом Обороны было принято решение о срочной организации производства электроизоляции на Хотьковском заводе, что и было реализовано уже 28 апреля 1942 г. (изготовлена первая партия тонких лакотканей).

В послевоенные годы восстановления народного хозяйства предприятие росло и расширялось, увеличивались производственные мощности, совершенствовались технологические процессы. Его продукция приобрела известность не только в нашей стране, но и за рубежом. Завод стал ведущим в стране по изготовлению электроизоляционных материалов.

Благодаря тому, что «Электроизолит» всегда являлся многопрофильным предприятием, выпускающим всю основную номенклатуру электроизоляционных материалов, в непростые 1990 гг. удалось сохранить профиль завода [9, 11]. Коллектив завода самостоятельно запустил в 1994 г. закупленное ранее по лицензии у фирмы «Альстом» (Франция) малотоннажное химическое производство лаков и смол мощностью 10 тыс. т в год.

В 2007 г. была проведена реконструкция прессового и пропиточного участка слоистых пластиков. Пропиточный участок оснащен пропиточными линиями



Производство оснащено устройствами для очистки окружающей среды

The production is equipped with devices for cleaning the environment



Участок пропитки электроизоляционных тканей
The site of impregnation of electrical insulating fabrics

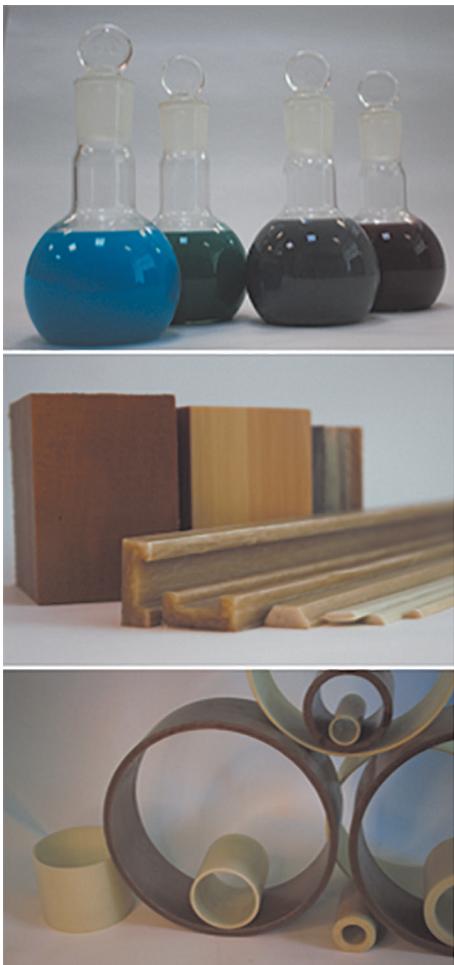
ЛЭСТ-1200 для пропитки рулонных тканей. Две полуавтоматических линии на базе двух прессов ДА-7043 в каждой с припрессовой механизацией и установкой термического дожигания (ТДУ) объединены в единый технологический комплекс мощностью производства слоистых композиционных материалов 2500 т. в год [7].

Еще один пример разработок наших специалистов. Использование ТДУ «ENVITEAM» (Словакия) позволило обеспечить сжигание паровоздушной смеси от пропиточных линий и полученное тепло использовать для нагрева термомасла, применяемого в качестве теплоносителя для плит пресса и сушильных камер пропиточной машины. Такая технология позволила сделать данное производство «чистым» и почти в три раза снизить расход газа на тонну продукции.

В настоящее время АО «Электроизолит» выпускает более 500 наименований химической и электроизоляционной продукции для более чем 1200 предприятий-потребителей России и за рубежом [1]. Основная продукция – это электроизоляционные материалы для турбо-, гидрогенераторов, высоковольтных двигателей, тяговых электродвигателей различного назначе-



Экологичность предприятия подтверждается сквером на его территории
The environmental friendliness of the enterprise is confirmed by a public garden on its territory



Смолы, лаки, компаунды, профили и другая продукция АО "Электроизолит"

Resins, varnishes, compounds, profiles and other products of JSC "Elektroizolit"

ния, в том числе для магистральных электровозов и тепловозов, асинхронных двигателей переменного и постоянного тока, обмоток трансформаторов, электроаппаратуры, радиоэлектронного оборудования, проводов и кабелей и др.

В 2015 г. завод был включен в «Перечень предприятий, оказывающих существенное влияние на отрасли промышленности и торговли».

С.В. Серебрянников: Александр Павлович, большое спасибо за обстоятельный, интересный разговор! За многие годы производство электроизоляционных материалов в СССР, в России, в том числе для электрических машин, достигло высокого уровня. Продукция АО "Электроизолит" устойчиво обеспечивает заметную часть всего российского рынка лаками, смолами,

компаундами, гибкими и профильными изделиями, пластиками и т.п. В современных непростых условиях это создает уверенность в способности российских производителей решить все вопросы обеспечения различных отраслей промышленности современными отечественными электроизоляционными материалами. Успехов Вам и предприятию в работе!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт ЗАО «Электроизолит» [Электрон. ресурс], URL: <https://www.electroizolit.ru> (дата обращения 30.03.2023).
2. Слободкин Г.С. Электрификация СССР. М.: Издание главного электротехнического управления ВЧНХ, 1925, 265 с.
3. Видеман Е., Келленбергер В. Конструкция электрических машин. М.: Энергия, 1972, 520 с.
4. Евтушенко Ю.М. и др. Электроизоляционные материалы и системы изоляции электрических машин. (в 2-х книгах). М.: Издательский дом МЭИ, 2018.
5. Антонов М.В., Герасимова Л.С. Технология производства электрических машин. М.: Энергоиздат, 1982, 512 с.
6. Биржин А.П. и др. Новые электроизоляционные материалы ЗАО «Электроизолит» при изготовлении и ремонте электрических машин. – Труды VI Межд. симпозиума «Элмаш-2006», 2006, т. 2, с. 195–201.
7. Кузнецов Е.П., Лебедев В.И., Биржин А.П. Энергосбережение в производстве электроизоляционных материалов. СПб.: ПЭИПК, 2003, 109 с.
8. Симонов Д.В. и др. Усовершенствование в технологии слоистых пластиков. – Труды XII МКЭЭ, Алушта, 2008, с. 34–35.
9. Биржин А.П. и др. Новое поколение лаков для эмалирования проводов. – Кабели и провода, 2005, № 9.
10. Евтушенко Ю.М. Химия диэлектриков. М.: Издательский дом МЭИ, 2009, 167 с.
11. Пат. RU2357312C1. Способ изготовления пропиточных лент для изоляции электрических машин / В.И. Лебедев, А.П. Биржин, В.Г. Огоньков, 2008.

Поступила в редакцию [30.03.2023]
Принята к публикации [29.06.2023]

Авторы:



Биржин Александр Павлович – генеральный директор АО «Электроизолит», Хотьково, Московская область Россия.



Серебрянников Сергей Владимирович – доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры «Физика и технология электротехнических материалов и компонентов», Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия.

Production of Modern Insulation Materials for Electric Machines

BIRZHIN Aleksandr P. (*JSC "Elektroizolit", Khotkovo, Moscow Region, Russia*) – General Director.
SEREBRYANNIKOV Sergey V. (*National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia*) – Professor of the Physics and Technology of Electrical Materials and Components Dept., Dr. Sci. (Eng.), Professor.

The article addresses matters concerned with the production of electrical insulation materials, mainly for electric machines. The information is presented in the form of a dialogue between Alexander Pavlovich Birzhin, who is General Director of JSC Elektroizolit and Professor Sergey Vladimirovich Serebryannikov, who is a member of the Elektrichestvo journal Editorial Board. The JSC Elektroizolit enterprise, which celebrates the 85's anniversary since the time of its establishing and start of producing electrical insulation materials, is one of the backbone plants in the field of electrical insulation materials, specializing in laminated plastics, lacquers, resins, varnished fabrics, etc. [1]. Matters relating to the development of the industry in Russia, including those under the modern conditions, are considered. The raw material possibilities for the production of electrical insulation materials are evaluated, the main lines and objectives in the production of new such materials are shown. Matters concerned with training the personnel for the industry and its interaction with scientific and educational organizations are also addressed. In conclusion, extended information about JSC Elektroizolit and its history is given.

K e y w o r d s: electrical insulation, electrical machines, laminated plastics, varnishes, resins, varnished fabrics, new materials, personnel training

REFERENCES

1. Website of CJSC "Elektroizolit" [Electron. resource], URL: <https://www.electroizolit.ru> (Date of appeal 30.03.2023).
2. Slobodkin G.S. *Elektrifikatsiya SSSR* (Electrification of the USSR). M.: Izdanie glavnogo elektrotekhnicheskogo upravleniya VSNH, 1925, 265 p.
3. Videman E., Kellenberger V. *Konstruktsiya elektricheskikh mashin* (Design of Electric Machines). M.: Energiya, 1972, 520 p.
4. Evtushenko Yu.M. et al. *Elektroizolyatsionnye materialy i sistemy izolyatsii elektricheskikh mashin. (v 2-h knigah)* (Electrical Insulation Materials and Insulation Systems of Electrical Machines. (In 2 Books)). M.: Izdatel'skiy dom MEI, 2018.
5. Antonov M.V., Gerasimova L.S. *Tekhnologiya proizvodstva elektricheskikh mashin* (Technology of Production of Electric Machines). M.: Energoizdat, 1982, 512 p.
6. Birzhin A.P. и др. *Trudy VI Mezhd. simpoziuma «Elmash-2006» – in Russ.* (Proceedings of the VI Interd. symposium "Elmash-2006"), 2006, vol. 2, pp. 195–201.
7. Kuznetsov E.P., Lebedev V.I., Birzhin A.P. *Energosberezenie v proizvodstve elektroizolyatsionnyh materialov* (Energy Saving in the Production of Electrical Insulation Materials). SPb.: PEIPK, 2003, 109 p.
8. Simonov D.V. et al. *Trudy XII MKEEE – in Russ.* (Proceedings of the XII International Conference on Electromechanics, Electrical Technology and Electrical Materials and Components), Alushta, 2008, pp. 34–35.
9. Birzhin A.P. et al. *Kabeli i provoda – in Russ.* (Cables and wires), 2005, No. 9.
10. Evtushenko Yu.M. *Himiya dielektrikov* (Chemistry of Dielectrics). M.: Izdatel'skiy dom MEI, 2009, 167 p.
11. Pat. RU2357312C1. *Sposob izgotovleniya propitochnyh lent dlya izolyatsii elektricheskikh mashin* (A Method of Manufacturing Impregnating Tapes for Insulation of Electric Machines) / V.I. Lebedev, A.P. Birzhin, V.G. Ogon'kov, 2008.

Received [30.03.2023]
Accepted [29.06.2023]