

УДК 678:676.085.4

ТЕРМООТВЕРЖДАЕМЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕРПЕНОИДНОГО СЫРЬЯ

А. Ю. КЛЮЕВ¹, Р. Г. ШЛЯШИНСКИЙ¹, А. Е. ИЗРАИЛЕВ², Д. И. БЕЛЫЙ², Н. Р. ПРОКОПЧУК³, И. А. ЛАТЫШЕВИЧ¹⁺, Е. И. ГАПАНЬКОВА¹, Н. Г. КОЗЛОВ¹

¹Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси, ул. Сурганова, 13, 220072, г. Минск, Беларусь

²Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности, ш. Энтузиастов, 5, 111024, г. Москва, Россия

³Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

В настоящее время химическая промышленность стран ЕАЭС производит широкий ассортимент эпоксидных смол с различной молекулярной массой и количеством активных групп, что способствует созданию на их основе материалов различного функционального назначения. Одним из важных направлений применения эпоксидных смол является получение материалов, используемых в электротехнической и других отраслях промышленности для защиты электротехнической меди при производстве кабельной продукции.

Кабельные предприятия Республики Беларусь не обеспечены отечественными электроизоляционными лаками. Учитывая доступность российских эпоксидных смол, актуальным представляется разработка отечественного отвердителя на основе природного терпеноидного сырья и создание на их основе электроизоляционных термоотверждаемых лаковых покрытий, производство которых возможно организовать на предприятиях страны.

Цель работы — разработать рецептуры и технологии лаковых покрытий с использованием терпеноидного сырья для защиты изделий из электротехнической меди.

Разработан способ получения терпеномалеиновой смолы, химически модифицированной ацетатом цинка и глицерином. Изучены физико-химические свойства (температура размягчения, кислотное число) полученного продукта. Установлено, что химически модифицированную терпеномалеиновую смолу можно использовать в качестве эффективного отвердителя эпоксидных смол и получать на их основе лаковые покрытия с улучшенными физико-механическими свойствами (повышенное пробивное напряжение, механическая прочность и эластичность).

Разработаны рецептуры и технологии электроизоляционных лаков (термоотверждаемых композиций) для защиты электротехнической меди ЛА-6 и ЛА-6Г, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками: пробивным напряжением $U_{пр} = 4000–6100$ В и механической прочностью на истирание $\sigma = 60–100$ усл.ед.

Ключевые слова: терпеномалеиновая смола, эпоксидная смола, ацетат цинка, глицерин, термоотверждаемая композиция, лаковое покрытие, температура размягчения, кислотное число, вязкость, температура отверждения, пробивное напряжение.

THERMOHARDENING COATING BASED ON MODIFIED TERPENOID RAW MATERIAL

A. YU. KLYUEV¹, R. G. SHLYASHINSKIY¹, A. E. IZRAILEV², D. I. BELYIY², N. R. PROKOPCHUK³, I. A. LATYSHEVICH¹⁺, E. I. GAPANKOVA¹, N. G. KOZLOV¹

¹Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Surganov str., 13, 220072, Minsk, Belarus

²All-Russian Research and Design Institute of Technology and Cable Technology, Enthusiast highway, 5, 111024, Moscow, Russia

³Belorussian State Technological University, Sverdlova str., 13a, 220006, Minsk, Belarus

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: irinalatyshevitch@gmail.com.

Currently, the chemical industry of the EEA countries produces a wide range of ER with different molecular weights and the number of active groups, which facilitates the creation of various curable compositions on their basis.

One of the most important applications of ER is the production on their basis of electrical insulating thermoset coatings (varnishes) used in the electrical and other industries for the protection of electrical copper.

Due to the fact that in the Republic of Belarus thermoset electric insulating varnishes are not produced, it is important to develop varnishes using available Russian oligomers and highly effective TMS, the production of which can be organized at the country's chemical enterprises.

The purpose of the work is to develop the formulas and technologies of TC with the use of terpenoid raw materials to protect products made of electrical copper.

A method for the preparation of TMS, chemically modified zinc acetate and glycerol has been developed. Physicochemical properties (softening point, acid number) of the obtained MTMS were studied.

Chemical modification of TMS with reagents such as zinc acetate and glycerin allows to obtain lacquer coatings with improved physical and mechanical properties (increased break-down stress, mechanical strength and elasticity).

The possibility of its use as a hardener of ES is established.

Formulations and technologies of TC LA-6 and LA-6G with the following properties have been developed: $U_{pr} = 4000-6100$ V and $\sigma = 60-100$ conventional units.

Keywords: terpenomaleic resin, epoxy resin, zinc acetate, glycerin, thermohardening composition, varnish coating, softening point, acid number, viscosity, hardening temperature, breakdown voltage.

Введение

Эпоксидные смолы (ЭС) и материалы на их основе находят широкое применение в различных областях народного хозяйства благодаря ценным свойствам: низкой усадке при отверждении, высокой адгезии к различным материалам, химической стойкости, эластичности и отличным электроизоляционным свойствам.

Одним из наиболее важных направлений применения ЭС является получение на их основе электроизоляционных покрытий (лаков), которые используются для защиты изделий из электротехнической меди: контактов, эмальпроводов, плат, заливочных компаундов, трансформаторов и т. д. [1].

ЭС в отвержденном состоянии имеют небольшое число шивок, находящихся на значительном расстоянии друг от друга, а поэтому сегменты цепей между шивками обладают некоторой подвижностью. Так как переход из плавкого и растворимого состояния в неплавкое и нерастворимое не связан с выделением каких-либо летучих продуктов, то при отверждении смол не образуются поры и вздутия. Гидроксильные группы в макромолекуле обеспечивают хорошую адгезию к разнообразным материалам [1].

Наличие в ЭС двух типов функциональных групп (эпоксидных и гидроксильных) позволяет проводить их отверждение различными веществами (ангидридами, органическими моно- и дикарбоновыми кислотами, спиртами, аминами, изоцианатами, конденсационными смолами), способными взаимодействовать не только с эпоксидными, но и с гидроксильными группами [2]. Одни из них ступенчато присоединяются к ЭС в количестве, приблизительно эквивалентном содержанию эпоксидных групп, а другие добавляются к смоле в небольшом количестве и играют роль катализатора. В обоих случаях ЭС переходят в нерастворимое состояние, обладающее сетчатой структурой. В зависимости от типа

отверждающего агента этот процесс протекает или при обычной температуре и сопровождается значительным выделением тепла, или требует дополнительного нагревания [2, 3].

В настоящее время химическая промышленность стран ЕАЭС производит широкий ассортимент ЭС с различной молекулярной массой и количеством активных групп, что способствует созданию на их основе материалов различного функционального назначения. Одним из важных направлений применения ЭС является получение материалов, используемых в электротехнической и других отраслях промышленности при производстве кабельной продукции, в частности для защиты электротехнической меди.

Кабельные предприятия Республики Беларусь не обеспечены отечественными электроизоляционными лаками. Учитывая доступность российских ЭС, актуальным представляется разработка отечественного отвердителя на основе природного терпеноидного сырья и создание на их основе электроизоляционных термоотверждаемых лаковых покрытий, производство которых возможно организовать на предприятиях страны.

Цель работы — разработать рецептуры и технологии лаковых покрытий с использованием терпеноидного сырья для защиты изделий из электротехнической меди.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований использовали терпеномалеиновую смолу (ТМС), со следующими свойствами: кислотное число ($KЧ$) = 320,0 мг КОН/г, температура размягчения $T_p = 60,0$ °С. ТМС получали химическим модифицированием скипидара малеиновым ангидридом в результате реакции Дильса-Альдера. Полученный сплав представлял собой смесь моно и диаддуктов в соотношении 40/60 мас.%. В качестве модификаторов использо-

вали: ацетат цинка ($T_{пл} = 237,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и глицерин ($T_{кип} = 290,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Химическое модифицирование ТМС осуществляли в расплаве при температуре $T = 140\text{--}215 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, с последующей отгонкой под вакуумом $P = 0,0026\text{ МПа}$ остатков модификатора, реакционной воды и неомыляемых веществ. Контроль реакции проводили по изменению $KЧ$ реакционной смеси. Получаемые продукты — твердые стекловидные вещества от светло-желтого до светло-коричневого цвета.

Реакцию химического модифицирования ТМС проводили в две стадии:

1. Получение ТМС₁ — взаимодействие ТМС с ацетатом цинка, введенного в оптимальном количестве 3,0 мас.%. Химическое модифицирование проводили при $T = 215 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянного значения $KЧ$;

2. Получение ТМС₂ — взаимодействие ТМС₁ с глицерином в количестве 2,0–6,0 мас.% при $T = 140 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянного значения $KЧ$.

Физико-химические свойства модифицированной ТМС определяли: $KЧ$ — методом кислотно-основного титрования, T_p — способом ЦНИЛХИ [4]. Для получения термоотверждаемой композиции (ТК) в качестве терморезактивного полимера была выбрана ЭС Э-40, имеющая ряд ценных свойств: низкую усадку при отверждении, высокую адгезию к металлам, высокие физико-химические и диэлектрические свойства.

ТК получали следующим образом. Расчетные количества модифицированной ТМС и смолы Э-40 (в соотношении 1:1 или 2:3) загружали в трехгорлую колбу, снабженную мешалкой, контактным термометром и обратным холодильником. Добавляли необходимые количества пластификатора (дибутилфталата) и растворителя (ацетона и циклогексанона). Колбу помещали на песчаную баню и нагревали до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до полного растворения компонентов. Далее горячий раствор фильтровали на бумажно-ватном фильтре. ТК представляла собой жидкость светло-коричневого цвета с условной вязкостью $\nu_{20} = 200\text{--}350\text{ мм}^2/\text{с}$. Условную вязкость определяли на вискозиметре «ВЗ-4» (Россия) согласно ГОСТ 8420-74.

Перед нанесением покрытий подготавливали поверхности подложек для улучшения смачиваемости их композицией. Механическую обработку осуществляли очисткой наждаком или металлической щеткой с последующим обезжириванием бензином или ацетоном, а затем промывали водой и сушили горячим воздухом. Полученный раствор ТК наносили на мерные пластины размером $60,0 \times 100,0 \times 0,6\text{ мм}$ с помощью аппликатора КА-1. Медные пластины с нанесенными на них ТК помещали в термощкаф и при $T = 200 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ отверждали в течение 30 мин. Процесс отверждения контролировали визуально (температура и время отверждения выбрано эмпирически). Затем поверхности охлаждали до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Твердость получаемых лаков определяли по затуханию колебания маятника [5], эластичность — с использованием прибора, называемого шкалой эластичности [6], адгезию — с использованием адгезиметра-решетки «Константа-АР» (Россия) [7].

Исследования физико-механических свойств полученных лаковых покрытий на медных пластинах проводили в лабораториях Всероссийского научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института кабельной промышленности (ВНИИКП) (г. Москва, Российская Федерация).

Исследования физико-механических свойств полученных лаковых покрытий на медных проводах, проводили ОАО НП «Подольсккабель» и ОАО «Волгакабель».

Результаты и их обсуждение

ТМС реагирует с ЭС предположительно по схеме, приведенной работе [8], что соответствует данным работы [1] на примере взаимодействия фталевого ангидрида с ЭС.

В табл. 1 приводятся физико-химические свойства модифицированных ТМС, ТК и физико-механические характеристики лаковых покрытий.

Как видно из данных табл. 1, глубина модифицирования ТМС повышает твердость лаковых покрытий на медной пластине с 0,8 до 0,96 усл.ед. Наиболее эффективными из приведенных модификаций ТМС, улучшающих физико-механические свойства лаковых покрытий, является модифицирование ТМС 2,0, 4,0 и 6,0 мас.% глицерина.

Для наработки экспериментальных партий ТК использовали ТМС, модифицированную 3,0 мас.% ацетата цинка и 4,0 мас.% глицерина. Введение большего количества глицерина ведет к увеличению длительности химического процесса и ухудшению физико-механических свойств получаемого лака. С увеличением глубины модифицирования свыше 6,0 мас.% образуется неплавкая, нерастворимая и непригодная для получения ТК смола.

Полученные данные использовали при разработке рецептур и технологий термоотверждаемых электроизоляционных лаков ЛА-6 и ЛА-6Г [9, 10]. В табл. 2 приводятся оптимальные составы ТК, образующие лаковые покрытия ЛА-6 и ЛА-6Г.

В табл. 3 приведены характеристики электроизоляционных лаков ЛА-6 и ЛА-6Г. В соответствии с ГОСТ 21428-75 в качестве эталона использован лак ЛА-5. Как видно из данных табл. 3, лаки, содержащие ТМС₁ и ТМС₂, выдерживают испытания на эластичность, пробивное напряжение, механическую прочность и превосходят по основным эксплуатационным характеристикам эталонный лак ЛА-5. Полученные электроизоляционные лаки по своим эксплуатационным свойствам превосходят требование ГОСТ 21428-75 «Провода эмалированные круглые медные с температурным индексом 155. Технические условия». Лак, полученный с использованием ТМС₁, обладает высокими: пробивным напряжением $U_{пр.} = 4,0\text{ кВ}$, механической прочностью на истирание $\sigma = 60\text{ усл.ед.}$ и эластичностью. Лак, полученный с использованием ТМС₂, обладает высокими: $U_{пр.} = 6,1\text{ кВ}$, $\sigma = 100\text{ усл.ед.}$ и эластичностью.

Как показывают проведенные исследования, использование для химического модифицирования ТМС

таких химических реагентов, как ацетат цинка и глицерин, позволяет получать лаковые покрытия с улучшенными физико-механическими свойствами.

На промышленной установке завода АО «Управляющая компания Биохимического холдинга

ОРГХИМ» (Российская Федерация, Нижегородская обл., г. Урень) наработана опытная партия лака ЛА-6Г (промышленное название «Лак электроизоляционный покровный ЛА-6Г») для проведения испытаний на кабельных предприятиях Российской Федерации.

Таблица 1 — Свойства термоотверждаемых композиций, модифицированных ТМС, и лаковых покрытий на их основе
Table 1 — Properties of the thermosetting compositions modified TMS and lacquer coatings based on them

| Свойства | ТМС | модифицированная ТМС | | | |
|---|---------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | ацетат цинка (3,0 мас.%) | глицерин (2,0 мас.%) | глицерин (4,0 мас.%) | глицерин (6,0 мас.%) |
| T_p , °С | 60,0 | 68,0 | 74,0 | 82,0 | 85,0 |
| КЧ, мг КОН/г | 320,0 | 280,0 | 220,0 | 160,0 | 140,0 |
| Выход продукта, % | – | 92,0 | 93,0 | 94,0 | 95,0 |
| Термоотверждаемые композиции | | | | | |
| Концентрация композиции, % | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |
| Температура отверждения, °С | 200 ± 5 | 200 ± 5 | 200 ± 5 | 200 ± 5 | 200 ± 5 |
| Время отверждения, мин | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Лаковые покрытия | | | | | |
| Толщина пленки, мкм | 70,0 | 70,0 | 72,0 | 73,0 | 72,0 |
| Твердость лакового покрытия на медной пластине на приборе ТМЛ-2124, усл.ед. | 0,8 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 0,96 |

Таблица 2 — Состав термоотверждаемых композиций
Table 2 — Composition of thermosetting compositions

| Компонент | ЛА-6 | ЛА-6Г |
|-----------------------------------|--------------------|-------|
| | Количество, мас. % | |
| Модифицированная ТМС ₁ | 16,0 | – |
| Модифицированная ТМС ₂ | – | 12,0 |
| Смола Э-40 | 16,0 | 18,0 |
| Пластификатор | 3,0 | 5,0 |
| Растворитель | 65,0 | 65,0 |

Таблица 3 — Получение и физико-механические свойства лаковых покрытий
Table 3 — Preparation and physical-mechanical properties of varnish coatings

| Образец | Состав термоотверждаемой композиции | | | | Технологические режимы эмалирования | | Эксплуатационные характеристики | | |
|---|-------------------------------------|-----|---------------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------|---|--------------|
| | Э-40 | ТМС | Дибутилфталат (ДБФ) | Растворитель | Скорость эмалирования, м/мин | Толщина покрытия, мм | $U_{пр}$, кВ | σ (количество двойных ходов иглы), усл.ед. | Эластичность |
| Лак ЛА-5, полученный с использованием исходной ТМС | | | | | | | | | |
| 1 | 38 | 38 | 4 | 20 | 20 | 0,04 | 3,5 | 24 | Выдерж. |
| Лак ЛА-6, полученный с использованием ТМС ₁ (частично содержит резинаты цинка) | | | | | | | | | |
| 2 | 38 | 38 | 4 | 20 | 30 | 0,04 | 4,0 | 60 | Выдерж. |
| Лак ЛА-5Г, полученный с использованием ТМС ₂ (частично содержит резинаты Zn и сложные эфиры ТМС) | | | | | | | | | |
| 3 | 54 | 22 | 4 | 20 | 20 | 0,04 | 6,1 | 100 | Выдерж. |
| ГОСТ 21428-75 | | | | | 25 | 0,04 | 3,0 | 40 | Выдерж. |

Примечание – лаковые покрытия наносили на медный провод диаметром 0,5 мм в производственных условиях (при температурном режиме эмалирования 430–470 °С)

– состав растворителя: ацетон:циклагексанон = 1:5

На рисунке приведена технологическая схема получения электроизоляционного покровного лака ЛА-6Г.

В реактор 1 с помощью насоса 3 из мерника 6 закачивают расчетное количество растворителя. Затем в реактор в измельченном состоянии загружают расчетное количество ТМС₂. Реактор залуковывают и при включенной мешалке содержимое реактора осторожно подогревают до температуры 40–45 °С. Образовавшиеся пары растворителей поступают в холодильник 2, а из него конденсат возвращается в реактор 1. По окончании растворения ТМС₂ в реактор 1 из мерника 4 с помощью насоса 3 подают расчетное количество ЭС. Содержимое перемешивается до полного растворения ЭС. Затем при включенной мешалке в реактор 1 из мерника 5 вводят расчетное количество пластификатора. После его растворения проводят отбор пробы лака электроизоляционного покровного ЛА-6Г на соответствие его требованиям технических условий. При положительных результатах анализа лак разливают в тару.

Как показали испытания, по основным свойствам (механическая прочность и пробивное напряжение) лак ЛА-6Г значительно превосходит требования ГОСТ 21428-75. Лак ЛА-6Г рекомендован к опытно-промышленному производству. Технология получения лака ЛА-6 аналогична технологии лака ЛА-6Г и поэтому в статье не приводится.

Выводы

Установлена возможность использования терпеноидного сырья в качестве отвердителей ЭС при получении лаковых композиций. Использование в качестве модификатора ацетата цинка и глицерина, позволяет

получать лаковые покрытия, обладающие улучшенными эксплуатационными характеристиками. Разработаны рецептуры и технологии электроизоляционных лаков ЛА-6 и ЛА-6Г. Пробивное напряжение разработанных лаков в 1,5–2 раза превышает показатели, соответствующие ГОСТ 21428-75.

Благодарности

Полученные данные легли в основу исследований Государственной программы научных исследований на 2016–2020 гг. «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (подпрограмма «Полимерные материалы и технологии», задание 6.15 «Разработка и исследование свойств термоотверждаемых лаковых композиций для защиты электротехнической меди с использованием эпоксидных смол и новых терпеноидных продуктов»).

Обозначения

KЧ — кислотное число; МТМС — модифицированная терпеномалеиновая смола; ТК — термоотверждаемая композиция; ТМС — терпеномалеиновая смола; ТМС₁ — ТМС, модифицированная ацетатом цинка; ТМС₂ — ТМС, модифицированная глицерином; Э — эластичность; ЭС — эпоксидная смола; *P*, МПа — давление; *T*, °С — температура реакции; *T*_{кип}, °С — температура кипения; *T*_{пл}, °С — температура плавления; *T*_р, °С — температура размягчения; *U*_{пр.} — пробивное напряжение; *v*²⁰, мм²/с — условная вязкость; σ , усл. ед — механическая прочность на истирание.

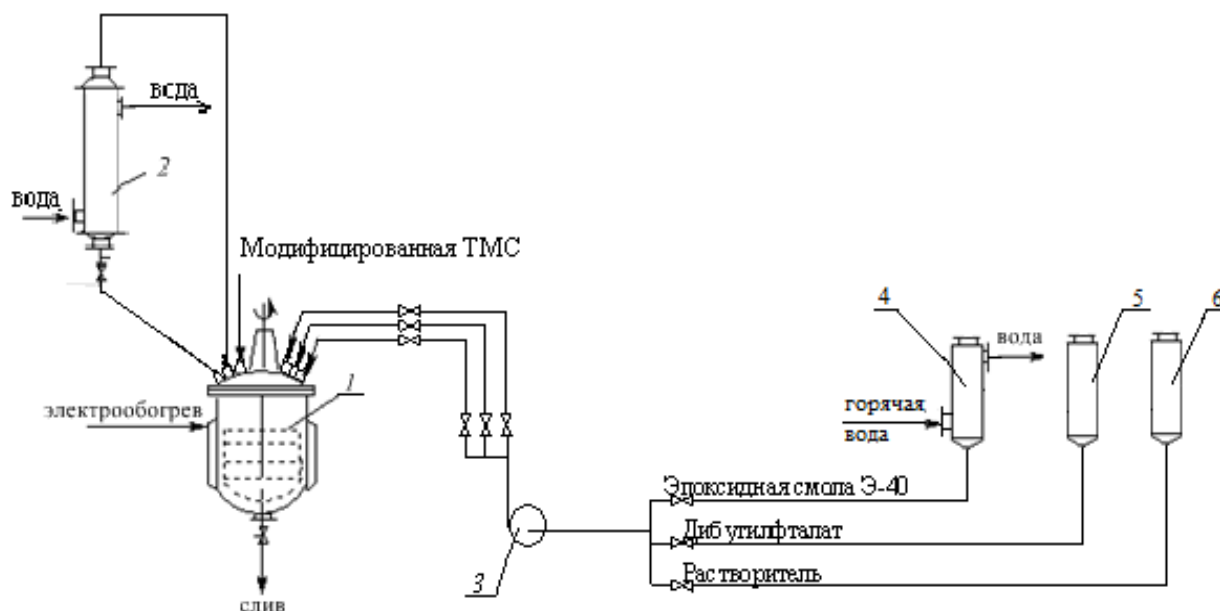


Рисунок — Технологическая схема получения электроизоляционного покровного лака ЛА-6Г: 1 – реактор; 2 – холодильник; 3 – насос; 4 – мерник ЭС; 5 – мерник пластификатора; 6 – мерник растворителя

Fig. — Technological scheme for obtaining the coating varnish LA-6G: 1 – reactor; 2 – refrigerator; 3 – the pump; 4 – ES measure unit; 5 – plasticizer measure; 6 – a measure of the solvent

Литература

1. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М.: Химия, 1966. 768 с.
2. Прокопчук Н. Р. [и др.]. Использование эпоксидных смол в термоотверждаемых композициях (Обзор) // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2016. № 4 (186). С. 87–99.
3. Мостовой А. С. Рецептурная модификация эпоксидных смол с использованием новых высокоэффективных пластификаторов // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 7. С. 66–70.
4. Вершук В. И., Гурич Н. А. Методы анализа сырья и продуктов канифольного производства. Л.: Гослесбумиздат, 1960. 190 с.
5. ГОСТ 5233-89. Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости по маятниковому прибору. Введ. 1990–01–01. М.: Издательство стандартов, 1990. 5 с.
6. ГОСТ 6806-73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности пленки при изгибе. Введ. 1974–07–01. М.: Издательство стандартов, 1988. 6 с.
7. ГОСТ 31149-2014. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза (с поправкой). Введ. 2015–09–01. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
8. Латышевич И. А. Исследование полноты отверждения эпоксидных смол терпеноидномалеиновыми аддуктами методом ИК-спектроскопии // Полимерные композиты и трибология (Поликотриб-2017): тезисы докладов Международной научно-технической конференции (27–30 июня 2017 г.). Гомель, 2017. С. 76.
9. Пат. 2017771 РФ, МКИ С 09 D 5/08, С 09 D 163/02, С 09 D 155:04. Композиция для антикоррозионного покрытия / Р. Г. Шляшинский, А. Ю. Клюев, А. Е. Израилев, Д. И. Белый, А. Я. Валендо, В. С. Солдатов, А. И. Титов, А. А. Эрдман, С. С. Пуят, Р. И. Зеленина, Ю. П. Клюев, А. В. Андрианов, И. В. Антоневиц; заявитель Институт физико-органической химии АН БССР, Уренский лесохимический завод. N 4954424/05; заявл. 29.04.91; опубл. 15.08.94. Бюл. N 15. С. 79.
10. Пат. 1103 Республики Беларусь, МКИ5 С 09 D 163/02, С 09 D 5/08, (С 09 D 163/02, 153:04). Композиция для антикоррозионного покрытия / Р. Г. Шляшинский, А. Ю. Клюев, И. В. Турчанинова, А. А. Эрдман, А. С. Стромский, А. И. Титов, А. Е. Израилев, С. С. Пуят, Д. И. Белый, Р. И. Зеленина; заявитель Химико-технологический центр АН Беларуси. N 1852 А; заявл. 31.03.94; опубл. 14.03.96, Афiцыйны бюл. N 1. С. 124.

References

1. Nikolaev A. F. *Sinteticheskie polimery i plasticheskie massy na ih osnove* [Synthetic polymers and plastics based on them]. M.: Himiya Publ., 1966. 768 p.
2. Prokopchuk N. R., Klyuev A. Yu., Kozlov N. G., Lатыshevich I. A. *Ispolzovanie epoksidnykh smol v termootverzhdaemykh kompozitsiyah (Obzor)* [Use of epoxy resins in thermosetting compositions (Overview)]. *Trudyi BGTU. Himiya, tehnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya* [Proceedings of BSTU. Chemistry, technology of organic substances and biotechnology], 2016, no. 4 (186), pp. 87–99.
3. Mostovoy A. S. *Retsepturnaya modifikatsiya epoksidnykh smol s ispolzovaniem novykh vyisokoeffektivnykh plastifikatorov* [Recipe modification of epoxy resins using new highly effective plasticizers]. *Sovremennyye naukoemkie tehnologii* [Modern high technologies], 2015, no. 7, pp. 66–70.
4. Vershuk V. I., Gurich N. A. *Metody analiza syryia i produktov kanifolnogo proizvodstva* [Methods of analysis of raw materials and products of rosin production]. L.: Goslesbumizdat Publ., 1960. 190 p.
5. GOST 5233-89. *Materialy lakokrasochnyie. Metod opredeleniya tverdstoi po mayatnikovomu priboru*. [State Standard 5233-89. Paint materials. Method for determination of coating hardness pendulum instrument]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1990. 5 p.
6. GOST 6806-73. *Materialy lakokrasochnyie. Metod opredeleniya elastichnosti plenki pri izgibe*. [State Standard 6806-73. Paintwork materials. Method for determination of film elasticity in bending]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1988. 6 p.
7. GOST 31149-2014. *Materialy lakokrasochnyie. Opredelenie adgezii metodom reshetchatogo nadreza (s popravkoy)*. [State Standard 31149-2014. Paint materials. Determination of adhesive by cross-cut method (with correction)]. Moscow, Standartinform, 2014. 16 p.
8. Lатыshevich I. A. *Issledovanie polnoty overzhdeniya epoksidnykh smol terpenoidnomaleinovyimi adduktami metodom IK-spektroskopii* [A study of the completeness of curing epoxy resins with terpenoid-maleic adducts by IR spectroscopy]. *Polimernyye kompozity i tribologiya (Polikomtrib-2017): tez. dokl. Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii (27–30 iyunya 2017 g.)* [Polymer composites and tribology (Polycomtrib-2017): abstract of thesis cand. of tech. sci.], Gomel, 2017. P. 76.
9. Shlyashinskiy R. G., e. a. *Kompozitsiya dlya antikorrozionnogo pokryitiya* [Anti-corrosion coating composition]. Patent RF, no. 2017771, 1994.
10. Shlyashinskiy R. G., e. a. *Kompozitsiya dlya antikorrozionnogo pokryitiya* [Anti-corrosion coating composition]. Patent RB, no. 1103, 1996.

Поступила в редакцию 07.03.2018

© А. Ю. Клюев, Р. Г. Шляшинский, А. Е. Израилев, Д. И. Белый, Н. Р. Прокопчук, И. А. Латышевич, Е. И. Гапанькова, Н. Г. Козлов 2018