



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004108800/04, 25.03.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.03.2004

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2005

(45) Опубликовано: 27.02.2007 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 630895 A, 15.04.1994. SU 837975 A,  
15.06.1981. SU 777049 A, 07.11.1980. SU  
294839 A1, 01.01.1971. JP 58045214 A,  
16.03.1983. GB 1203599 A, 26.08.1970.

Адрес для переписки:

111531, Москва, ш. Энтузиастов, 96, корп.4,  
кв.389, К.С. Сидоренко

(72) Автор(ы):

Сидоренко Константин Степанович (RU),  
Евтушенко Юрий Михайлович (RU),  
Комарова Валентина Константиновна (RU),  
Биржин Александр Павлович (RU),  
Лебедев Владимир Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Сидоренко Константин Степанович (RU)

## (54) ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ НАГРЕВОСТОЙКИЙ ПРОПИТОЧНЫЙ КОМПАУНД И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области получения электроизоляционных нагревостойких пропиточных компаундов с улучшенными физико-механическими характеристиками. Техническая задача - получение низковязкого, экологически- и пожаробезопасного компаунда с повышенной нагревостойкостью. Предложен компаунд, включающий ненасыщенный азотсодержащий полиэфир (37-79 вес.ч.), полученный поликонденсацией ангидридов ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных спиртов с N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислотой; полимеризационноспособный разбавитель (36-128

вес.ч.) - аллиловые эфиры поликарбоновых кислот и/или олигоэфиракрилаты; свободнорадикальный инициатор (0,8-3,5 вес.ч.); ускоритель полимеризации (0,4-1,6 вес.ч.); ингибитор (0,04-0,6 вес.ч.) и целевые добавки (0,08-1,0 вес.ч.). N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновая кислота получена реакцией 2-аминоэтанола и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот. Предложен также способ получения заявленного компаунда. Для улучшения физико-механических характеристик возможно дополнительное введение низкомолекулярной эпоксидной смолы в количестве 5-14,5 вес.ч. на 100 вес.ч. компаунда. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 7 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 294 345** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

**C08L 67/06** (2006.01)

**C08G 63/56** (2006.01)

**H01B 3/42** (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2004108800/04, 25.03.2004**

(24) Effective date for property rights: **25.03.2004**

(43) Application published: **20.09.2005**

(45) Date of publication: **27.02.2007 Bull. 6**

Mail address:

**111531, Moskva, sh. Ehntuziastov, 96, korp.4,  
kv.389, K.S. Sidorenko**

(72) Inventor(s):

**Sidorenko Konstantin Stepanovich (RU),  
Evtushenko Jurij Mikhajlovich (RU),  
Komarova Valentina Konstantinovna (RU),  
Birzhin Aleksandr Pavlovich (RU),  
Lebedev Vladimir Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Sidorenko Konstantin Stepanovich (RU)**

## (54) INSULATING HEAT-RESISTANT PENETRATION COMPOUND AND A METHOD FOR PREPARATION THEREOF

(57) Abstract:

FIELD: penetration materials.

SUBSTANCE: invention relates to insulating heat-resistant penetration compounds having improved physicochemical characteristics. Proposed compound comprises (wt parts): unsaturated nitrogen-containing polyester (37-39) prepared via polycondensation of unsaturated dicarboxylic acid anhydrides and polyatomic alcohols with N-( $\beta$ -hydroxyethyl)-1,2-amidodicarboxylic acid; polymerizable diluent (36-128): polycarboxylic acid allyl esters and/or oligoetheracrylates; free-radical initiator (0.8-

3.5); polymerization accelerator (0.4-1.6); inhibitor (0.04-0.6); and special additives (0.08-1.0).

N-( $\beta$ -Hydroxyethyl)-1,2-amidodicarboxylic acid is prepared by reaction of 2-aminoethanol and cyclic 1,2-dicarboxylic acid anhydrides. Method of preparing claimed compound is also described. To improve physicomechanical characteristics, additional addition of low-molecular weight epoxide resin in amount of 5-14.5 wt parts per 100 wt parts compound is possible.

EFFECT: reduced viscosity, environmental and fire safety at elevated heat resistance.

3 cl, 7 tbl, 22 ex

Изобретение относится к области получения электроизоляционных нагревостойких пропиточных компаундов с улучшенными физико-механическими характеристиками.

Известен электроизоляционный пропиточный компаунд, включающий ненасыщенный азотсодержащий полиэфир на основе адипиновой кислоты, малеинового и

5 метилтетрагидрофталевого ангидридов и меламина или мочевины; олигоэфиракрилат (диметакрилат-бис(триэтиленгликоль)фталат) в качестве полимеризационноспособного разбавителя; свободнорадикальный инициатор и ускоритель полимеризации при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|    |                                             |       |
|----|---------------------------------------------|-------|
| 10 | ненасыщенный азотсодержащий полиэфир        | 10-25 |
|    | полимеризационноспособный разбавитель       | 70-85 |
|    | свободнорадикальный инициатор полимеризации | 1-2   |
|    | ускоритель полимеризации                    | 3-4   |

Указанный компаунд отличается повышенными скоростью полимеризации, эластичностью и механической прочностью (патент SU 630895 A1, 15.04.1994 - прототип).

15 Однако вышеописанный компаунд и другие аналогичные компаунды подобного химического состава обладают невысокой нагревостойкостью, что резко ограничивает область их применения. Эти компаунды используют, в основном, в системах изоляции класса нагревостойкости В (130°C) и реже в системах класса F (155°C). Из-за низкой термостойкости вышеуказанного ненасыщенного азотсодержащего полиэфира для систем

20 класса Н (180°C) и С (>180°C) такие компаунды не пригодны. Цель изобретения - получение технологичного низковязкого, экологически- и пожаробезопасного компаунда с повышенной нагревостойкостью.

Для достижения этого согласно изобретению предлагается электроизоляционный нагревостойкий пропиточный компаунд, включающий ненасыщенный азотсодержащий

25 полиэфир, полимеризационноспособный разбавитель, свободнорадикальный инициатор и ускоритель полимеризации, отличающийся тем, что в качестве ненасыщенного азотсодержащего полиэфира он содержит полиэфир, полученный поликонденсацией смеси ангидридов ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных спиртов с

30 N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислотой, полученной реакцией 2-аминоэтанола и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот; в качестве полимеризационноспособного разбавителя включает аллиловые эфиры поликарбоновых кислот и/или олигоэфиракрилаты, а также содержит ингибитор и целевые добавки при следующем соотношении компонентов (вес.ч.):

|    |                                       |          |
|----|---------------------------------------|----------|
| 35 | ненасыщенный азотсодержащий полиэфир  | 37-79    |
|    | полимеризационноспособный разбавитель | 36-128   |
|    | свободнорадикальный инициатор         | 0,8-3,5  |
|    | ингибитор                             | 0,04-0,6 |
|    | ускоритель                            | 0,4-1,6  |
|    | целевые добавки                       | 0,08-1,0 |

40 Для улучшения физико-механических характеристик компаунд может дополнительно содержать низкомолекулярную эпоксидную смолу в количестве 5-14,5 вес.ч. на 100 вес.ч. компаунда.

Электроизоляционный нагревостойкий пропиточный компаунд получают поликонденсацией смеси ангидридов ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных

45 спиртов с N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислотой, полученной реакцией 2-аминоэтанола и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот, приводящей к образованию ненасыщенного азотсодержащего полиэфира; последующего растворения полиэфира в полимеризационноспособном разбавителе, содержащем ингибитор; введения ускорителя, свободнорадикального инициатора и целевых добавок, причем в качестве

50 полимеризационноспособного разбавителя применяют аллиловые эфиры поликарбоновых кислот и/или олигоэфиракрилаты.

В качестве N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислоты в процессе поликонденсации преимущественно используют: N-(β-оксиэтил)-1,2-амидофталевою; N-(β-оксиэтил)-1,2-

амидоизометилтетрагидрофталевою, N-(β-оксиэтил)-1,2-амидоэндометиленттетрагидрофталевою кислоты или их смеси.

Эти амидокислоты предварительно синтезируют реакцией моноэтаноламина (2-аминоэтанола) и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот (орто-дикарбоновых кислот): фталевой, изометилтетрагидрофталевой и эндометиленттетрагидрофталевой соответственно.

Кроме того, возможно использование ангидридов тетрагидрофталевой или метилэндометилент тетрагидрофталевой кислот и т.п.

Из многоатомных спиртов для получения полиэфиров применяют диэтиленгликоль, 1,2-пропиленгликоль, неопентилгликоль (2,2-диметилпропан), этриол (1,1,1-триметилпропан) и трис-(β-оксиэтил)изоцианурат.

В качестве аллиловых эфиров поликарбоновых кислот компаунд содержит диаллилфталат или триаллилизоцианурат, а в качестве олигоэфиракрилатов включает: диметакриловый эфир триэтиленгликоля или монометакриловый эфир этиленгликоля или α, ω-метакрил-(бис-триэтиленгликоль) фталат или α, ω-метакрил-(бис-этиленгликоль)фталат или их смеси.

Преимущественное использование низколетучих или нелетучих и малотоксичных аллиловых эфиров и/или олигоэфиракрилатов в качестве полимеризационноспособных разбавителей обусловлено экологическими соображениями и требованиями пожарной безопасности. Однако, помимо них могут использоваться и такие широко применяемые за рубежом мономеры, как стирол или винилтолуол, что также позволяет получать нагревостойкие компаунды с высокими характеристиками.

Для улучшения физико-механических характеристик в компаунд при необходимости вводят дополнительно низкомолекулярную эпоксидную смолу в количестве 5-14,5 вес.ч. на 100 вес.ч. компаунда.

Примеры 1 и 2

Загрузка реагентов для получения ненасыщенных азотсодержащих полиэфиров приведена в табл.1.

| Таблица 1. |                                               |                  |          |
|------------|-----------------------------------------------|------------------|----------|
| № п.п.     | Наименование реагентов                        | Загрузка, вес.ч. |          |
|            |                                               | пример 1         | пример 2 |
| 1.         | Моноэтаноламин                                | 80,1             | 72,6     |
| 2.         | Изометилтетрагидрофталевый ангидрид           | 415,0            | 376,8    |
| 3.         | Малеиновый ангидрид                           | 122,5            | 111,2    |
| 4.         | Гидрохинон (стабилизатор двойных связей)      | 1,1              | 1,0      |
| 5.         | Тетрабутокситан (катализатор поликонденсации) | 1,6              | 1,6      |
| 6.         | Тиурам Д (катализатор изомеризации)           | 0,8              | 0,8      |
| 7.         | Диэтиленгликоль                               | 130,0            | 118,0    |
| 8.         | Этриол (1,1,1-триметилпропан)                 | 61,4             | -        |
| 9.         | Трис-(β-оксиэтил)изоцианурат                  | -                | 108,5    |
| 10.        | Ксилол (азеотропный растворитель)             | -                | 30,0     |

В реактор загружают изометилтетрагидрофталевый ангидрид, этриол (по примеру 1) или трис-(β-оксиэтил) изоцианурат и ксилол (по примеру 2), тетрабутокситан, тиурам и гидрохинон согласно рецептуре, приведенной в табл.1. Нагревают реакционную смесь до (90±5)°С до образования гомогенной массы. Включают мешалку и выдерживают при этой температуре в течение (1±0,1) ч.

Отключают обогрев реактора, а затем порциями загружают моноэтаноламин таким образом, чтобы температура реакционной массы за счет экзотермичности реакции была не выше 120°С. После введения рецептурного количества моноэтаноламина в реакторе образуется смесь кислых эфиров этриола или трис-(β-оксиэтил) изоцианурата и N-(β-оксиэтил)-1,2-амидоизометилтетрагидрофталевой кислоты. В реакционную массу при 120°С при перемешивании загружают малеиновый ангидрид и через 0,5 ч диэтиленгликоль. Температуру поднимают до (190±5)°С и ведут поликонденсацию до получения полиэфира с

кислотным числом ( $45 \pm 3$ ) мг КОН/г, после чего снижают ее до 140-145°C. Теоретический выход полиэфира 718,6 по примеру 1 и 703,3 по примеру 2.

Загрузка компонентов для приготовления компаундов приведена в табл.2.

| Таблица 2. |                                                            |                  |          |
|------------|------------------------------------------------------------|------------------|----------|
| № п.п.     | Наименование компонентов                                   | Загрузка, вес.ч. |          |
|            |                                                            | пример 1         | пример 2 |
| 1.         | Ненасыщенный азотсодержащий полиэфир                       | 718,6            | 701,3    |
| 2.         | Полимеризационноспособный разбавитель:                     |                  |          |
| 2.1.       | Диаллилфталат                                              | 299,4            | 415,0    |
| 2.2.       | Монометакриловый эфир этиленгликоля (олигоэфиракрилат МЭГ) | 179,7            | 182,5    |
| 3.         | Ингибитор-бензохинон                                       | 1,2              | 1,3      |
| 4.         | Ускоритель-сиккатив ЖК-12 (1-1,5% Mn; 4,5-6% Pb)           | 12,0             | 13,1     |

При температуре 140-145°C полиэфир сливают в смеситель, в котором находится при температуре 15-35°C предварительно ингибированный диаллилфталат. После перемешивания в течение ~0,5 ч и охлаждения раствора до 30-40°C в смеситель загружают рецептурное количество МЭГ и ЖК-12 и продолжают перемешивание еще ~0,5 ч. Выход компаунда ~1211 вес.ч. по примеру 1 и ~1313 по примеру 2. Свойства компаундов приведены в табл.5.

Пример 3

В реактор помещают (вес.ч.) 358,6 изометилтетрагидрофталевого ангидрида. Включают мешалку, которая работает до конца процесса. В слабом токе инертного газа порциями (во избежание выброса реакционной массы из реактора) вначале медленно, а затем быстрее загружают 137,5 моноэтаноламина таким образом, чтобы температура в массе не поднималась выше ( $120 \pm 2$ )°C за счет экзотермичности реакции ангидрида и моноэтаноламина, после чего включают обогрев реактора и повышают температуру до ( $180 \pm 5$ )°C за 1,0-1,5 ч. Обогрев отключают, когда конденсат перестает отгоняться из реакционной массы и кислотное число продукта дегидратации первоначально образующейся N-(β-оксиэтил)-1,2-амидоизометилтетрагидрофталевой кислоты будет не выше 5 мг КОН/г.

Реакционную массу охлаждают до ( $75 \pm 5$ )°C и добавляют в нее 211,7 малеинового ангидрида, 1,25 гидрохинона, 1,7 тетрабутоксититана и 0,85 тиурама Д. Температуру повышают до 110-120°C и выдерживают 1,0-1,1 ч. После этого загружают 155,0 трис-(β-оксиэтил) изоцианурата и 26,5 этриола, поднимают температуру до 180-185°C за 1,0-1,5 ч. Проводят поликонденсацию при этой температуре до кислотного числа ( $40 \pm 3$ ) мг КОН/г. Полученный ненасыщенный азотсодержащий полиэфир охлаждают до 140-145°C и сливают в смеситель при работающей мешалке, где находится 395,0 диаллилфталата, предварительно ингибированного 1,6 бензохинона. Раствор перемешивают в течение 0,5 ч. Далее при 40-50°C загружают 158,0 олигоэфиракрилата МЭГ, 237,0 эпоксидной смолы ЭД-22, 7,9 тетрабутоксититана и 15,8 сиккатива ЖК-12 и перемешивают еще в течение 0,5 ч. Выход компаунда ~1605,0. Свойства компаунда приведены в табл.5.

Пример 4

В реактор помещают (вес.ч.) 270,0 изометилтетрагидрофталевого ангидрида. Включают мешалку и в слабом токе инертного газа порциями медленно (во избежание выброса реакционной массы) в течение 1-2 ч загружают 104,0 моноэтаноламина таким образом, чтобы температура в массе не поднималась выше ( $120 \pm 2$ )°C за счет экзотермичности реакции ангидрида и моноэтаноламина.

Полученную таким образом N-(β-оксиэтил)-1,2-амидоизометилтетрагидрофталевую кислоту нагревают за 1,0-1,5 ч до ( $180 \pm 5$ )°C и выдерживают при этой температуре 2-3 ч до

достижения кислотного числа  $\leq 5$  мг КОН/г. Обогрев отключают, реакционную массу охлаждают до  $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$  и загружают 239,0 малеинового ангидрида, 180,6 диэтиленгликоля, 0,8 гидрохинона, 0,8 тиурама Д и 1,6 тетрабутоксититана. Затем включают обогрев и температуру поднимают до  $180-185^\circ\text{C}$ . Поликонденсацию ведут при данной температуре до достижения кислотного числа 35-40 мг КОН/г. Полученный таким образом азотсодержащий ненасыщенный полиэфир в количестве 690,0 охлаждают до  $120-130^\circ\text{C}$  и сливают в смеситель под слой предварительно ингибированной 0,4 бензохинона 1180,0 смеси олигоэфиракрилата МГФ-1\* и МГФ-9\* (1:1). Раствор охлаждают до  $20-30^\circ\text{C}$  и загружают, 100,0 олигоэфиракрилата МЭГ и 5,0 свинцово-марганцевого сиккатива ЖК-12. После перемешивания в течение 0,5-1 ч до однородности получают ~1975,0 компаунда. Свойства компаундов приведены в табл.5.

\*МГФ-1:  $\alpha$ ,  $\omega$ -метакрил-(бис-этиленгликольфталат)

\*МГФ-9:  $\alpha$ ,  $\omega$ -метакрил-(бис-триэтиленгликольфталат).

Примеры 5-11

Загрузка реагентов для получения ненасыщенных азотсодержащих полиэфиров и рецептура компаундов на их основе приведена в табл.3, а технология их синтеза изложена в примерах 1-4. Свойства компаундов по примерам 5-7 приведены в табл.5, а по примерам 8-11 - в табл.6.

| Таблица 3. |                                                           |                                      |          |          |          |          |           |           |
|------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| № п.п.     | Сырьевые материалы                                        | Загрузка сырьевых материалов, вес.ч. |          |          |          |          |           |           |
|            |                                                           | пример 5                             | пример 6 | пример 7 | пример 8 | пример 9 | пример 10 | пример 11 |
| 1.         | Изометилтетрагидрофталевый ангидрид (ИзоМТГФА)            | 15,7                                 | 7,9      |          | 16,2     |          | 10,6      | 8,2       |
| 2.         | Фталевый ангидрид(ФА)                                     | -                                    | 6,6      | -        | -        | -        | -         | -         |
| 3.         | Эндиковый ангидрид(ЭА)                                    | -                                    | -        | -        | -        | 15,8     | -         | 8,2       |
| 4.         | Тетрагидрофталевый ангидрид                               | -                                    | -        | 14,4     | -        | -        | -         | -         |
| 5.         | Моноэтаноламин (МЭА)                                      | 6,0                                  | 6,0      | 6,0      | 6,2      | 6,2      | 4,2       | 6,4       |
| 6.         | Малеиновый ангидрид (МА)                                  | 12,0                                 | 12,0     | 12,0     | 9,5      | 9,9      | 6,2       | 9,6       |
| 7.         | Диэтиленгликоль(ДЭГ)                                      | 9,1                                  | 9,1      | 9,1      | -        | -        | -         | -         |
| 8.         | Трис-( $\beta$ -оксипропил) изоцианурат (ТОЭИЦ)           |                                      |          |          | 9,6      | 9,5      | 6,3       | 13,0      |
| 9.         | Эпоксидная смола(ЭС) (содержание эпоксидных групп 22-24%) |                                      |          |          | 12,1     | 13,1     | 8,6       | 14,4      |
| 10.        | Олигоэфиракрилат ТГМ-3*                                   | 36                                   | 36       | 36       | 48,7     | 44,0     | 63,2      | 37,4      |
| 11.        | Олигоэфиракрилат МЭГ                                      | -                                    | -        | -        | -        | -        | -         | 5,2       |
| 12.        | Гидрохинон (Гх)                                           | 0,05                                 | 0,05     | 0,05     | 0,05     | 0,06     | 0,03      | 0,1       |
| 13.        | Бензохинон (Бх)                                           | 0,09                                 | 0,09     | 0,09     | 0,3      | 0,3      | 0,3       | -         |
| 14.        | Тиурам Д                                                  | 0,05                                 | 0,05     | 0,05     | 0,05     | 0,04     | 0,03      | 0,04      |
| 15.        | Свинцово-марганцевый сиккатив (1-1,5% Мп; 4,5-6% Рb)      | 0,82                                 | 0,82     | 0,82     | 0,5      | 0,8      | 0,4       |           |
| 16.        | Тетрабутоксититан (ТБТ)                                   | 0,08                                 | 0,08     | 0,08     | 0,4      | 0,3      | 0,05      | 0,09      |

\* ТГМ-3: диметакриловый эфир триэтиленгликоля.

Пример 12

Синтезируют ненасыщенный азотсодержащий полиэфир по примеру 11 и готовят компаунд на его основе, заменив 20% олигоэфиракрилата ТГМ-3 на триаллилизотиоцианурат. Свойства компаунда приведены в табл 6.

Пример 13

Получают компаунд по примеру 4 и дополнительно вводят в него 5 вес.ч. эпоксидной смолы ЭД-22 (на 100 вес.ч. компаунда). Свойства полученного материала приведены в табл.6.

Пример 14

Получают компаунд по технологии, изложенной в примере 4, по следующей рецептуре (вес.ч.): моноэтаноламин 23,7, фталевый ангидрид 27,8, изометилтетрагидрофталевый ангидрид 30,6, малеиновый ангидрид 18,1, тетрабутоксититан 0,2, гидрохинон 0,1, сиккатив ЖК-12 1,0, олигоэфиракрилат МЭГ 4,7, олигоэфиракрилат МГФ - 1 66,0. Свойства компаунда приведены в табл.6

Примеры 15-22

Загрузка реагентов для получения ненасыщенных азотсодержащих полиэфиров и рецептура компаундов на их основе приведены в табл.4, а технология их синтеза

изложена в примерах 1-4. Свойства компаундов по примерам 15-22 приведены в табл.7.

Таблица 4.

| № п.п | Сырьевые материалы*                   | Загрузка сырьевых материалов, вес.ч. |           |           |           |           |           |           |           |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       |                                       | пример 15                            | пример 16 | пример 17 | пример 18 | пример 19 | пример 20 | пример 21 | пример 22 |
| 1.    | ИзоМТГФА                              | -                                    | 8,2       | -         | 7,1       | -         | -         | 7,9       | 7,9       |
| 2.    | ФА                                    | 14,2                                 | -         | -         | 7,9       | 14,0      | 14,0      | 6,6       | 6,6       |
| 3.    | ЭА                                    | -                                    | 8,2       | 15,8      | -         | -         | -         | -         | -         |
| 4.    | МЭА                                   | 6,2                                  | 6,4       | 6,2       | 6,4       | 6,0       | 6,1       | 6,0       | 6,2       |
| 5.    | МА                                    | 9,9                                  | 9,6       | 9,9       | 9,7       | 9,9       | 9,6       | 9,8       | 9,9       |
| 6.    | ДЭГ                                   | -                                    | -         | 3,5       | -         | -         | -         | -         | -         |
| 7.    | ТОЭИЦ                                 | 3,8                                  | -         | 3,7       | 9,4       | 9,3       | 9,5       | 9,7       | 8,9       |
| 8.    | Неопентилгликоль                      | 3,4                                  | 9,3       | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
| 9.    | ЭС марки: ЭД-22 ЭКЦ** Диокись ДЦПД*** | 12,0                                 | -         | 10,5      | 12,1      | 6,8       | 10,8      | -         | 5,0       |
| 10.   | ТГМ-3                                 | 41,8                                 | 38,0      | 47,5      | 44,0      | 43,7      | 48,7      | 45,5      | 40,8      |
| 11.   | МЭГ                                   | -                                    | -         | -         | 5,0       | -         | 2,5       | -         | 2,5       |
| 12.   | Триаллилизотиоцианурат                | -                                    | 4,5       | -         | 1,5       | 7,9       | -         | -         | -         |
| 13.   | $\alpha$ -метилстирол                 | 2,2                                  | -         | -         | -         | 1,8       | -         | -         | 2,0       |
| 14.   | Гх                                    | 0,06                                 | 0,06      | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 0,1       |
| 15.   | Бх                                    | 0,3                                  | 0,3       | 0,35      | 0,3       | 0,3       | 0,3       | 0,3       | 0,3       |
| 16.   | Тиурам Д                              | 0,04                                 | 0,05      | 0,07      | 0,08      | 0,1       | 0,06      | 0,06      | 0,06      |
| 17.   | Сиккатив ЖК-12                        | 0,8                                  | 0,5       | 0,85      | 0,9       | 0,7       | 0,85      | 0,9       | 0,9       |
| 18.   | ТБТ                                   | 0,5                                  | 0,1       | 0,4       | 0,3       | 0,3       | 0,2       | 0,1       | 0,09      |

\* Обозначения см. в табл.3

\*\* Триглицидилизоцианурат

\*\*\* Дициклопентадиен

Для сравнения с прототипом из него выбран пример 1 (компаунд КП-50). Сопоставление свойств компаундов по примерам 1-22 со свойствами компаунда, синтезированного по примеру 1 из прототипа, позволяют сделать следующие выводы:

1. Компаунды по примерам 1-22 на основе вышеописанных азотсодержащих ненасыщенных полиэфиров и нелетучих, нетоксичных и пожаробезопасных полимеризационноспособных разбавителей имеют в среднем более высокую вязкость, чем у прототипа, однако вполне приемлемую для практического использования. Большая вязкость уменьшает вытекание компаунда из пропитанных обмоток в процессе отверждения. При этом наименьшую вязкость имеют компаунды, содержащие олигоэфиракрилаты ТГМ-3 и МЭГ, несколько более высокую при использовании аллиловых эфиров и наибольшую для олигоэфиракрилатов МГФ-1 и МГФ-9. Что касается полиэфиров, минимальную вязкость имеют полиэферы на основе диэтиленгликоля (компаунды 9002, 9002-Э, 98 ИД, 98 ИДР, 98 ИД-2). Использование этриола (компаунд 9003), трис-( $\beta$ -оксиэтил)-изоцианурата (9004, 99 ИД, 99 ИДР, ПК-99 ИД, 100 ИД, 220 ИД, 220 ИД-2) или их смеси (9001) повышает вязкость. Небольшая добавка  $\alpha$ -метилстирола (до 5%) существенно понижает вязкость компаундов (примеры 15, 19 и 22).

2. Нагревостойкость (термостойкость) компаундов, определяемая по потерям массы, наиболее высока (минимальные потери массы при максимальных температурах старения) у компаундов, содержащих диаллилфталат и триаллилизотиоцианурат (компаунды 9001, 9003, 9004, 220 ИД-2). Мало уступают им компаунды, содержащие ТГМ-3 и МЭГ (компаунды 98 ИД, 98 ИДР, 98 ИД-2, 99 ИД, ПК-99 ИД, 100 ИД, 220 ИД). Наименьшей нагревостойкостью обладают компаунды, содержащие олигоэфиракрилаты МГФ-1 и МГФ-9 (компаунды 9002, 9002-Э и ИД-4). Использование полиэфиров, содержащих трис-( $\beta$ -оксиэтил)-изоцианурат (9004, 99 ИД, 99 ИДР, 100 ИД, 220 ИД, 220 ИД-2) или этриол (9003) или их смесь (9001), способствует повышению нагревостойкости. Полиэферы на основе диэтиленгликоля (9002, 9002-Э, 98 ИД, 98 ИДР, 98 ИД-2, ИД-4) имеют несколько большие потери массы.

Даже наименее нагревостойкие из предлагаемых компаундов (компаунды 98 ИД, 9002, 9002 Э) имеют в 5-7 раз (!) меньшие потери массы, чем у прототипа, и в отличие от последнего не растрескиваются и не разрушаются в процессе термического старения.

Таблица 5

| № п/п                                                                                                   | Наименование показателя                                              | Номер примера (условное обозначение компаунда) |         |              |         |                  |          |            |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|--------------|---------|------------------|----------|------------|---------------------------|
|                                                                                                         |                                                                      | 1. 9003                                        | 2. 9004 | 3. 9001      | 4. 9002 | 5. 98 ИД (155ИД) | 6. 98ИДР | 7. 98 ИД-2 | прототип (пример 1) КП-50 |
| 1.                                                                                                      | Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм), с              |                                                |         |              |         |                  |          |            |                           |
|                                                                                                         | при (20±0,5)°C                                                       | -                                              | -       | -            | 120     | 95               | 87       | 85         | 65                        |
|                                                                                                         | при (50±2)°C                                                         | 76                                             | 60      | 140 (800 сР) | -       | -                | -        | -          | -                         |
| 2.                                                                                                      | Потери массы при изотермическом старении (образцы толщиной 1 мм*), % |                                                |         |              |         |                  |          |            |                           |
|                                                                                                         | при 180°C за 10 сут                                                  | -                                              | -       | -            | -       | -                | -        | -          | 17,6**                    |
|                                                                                                         | за 30 сут                                                            | -                                              | -       | 2,5          | 4,6     | 4,3 (15 сут)     | -        | -          | -                         |
|                                                                                                         | при 200°C за 10 сут                                                  | -                                              | -       | -            | 6,2     | 7,3              | -        | -          | 45,2***                   |
|                                                                                                         | при 220°C за 10 сут                                                  | 6,2                                            | 5,5     | 4,1          | -       | -                | -        | -          | -                         |
| * Образцы отверждены в присутствии 1% перекиси дикумила по режиму: 1 ч × 130°C+2 ч × 160°C+4 ч × 200°C. |                                                                      |                                                |         |              |         |                  |          |            |                           |
| ** Образцы растрескались через 2-е суток.                                                               |                                                                      |                                                |         |              |         |                  |          |            |                           |
| *** Образцы разрушились (за 5 сут потеря массы 39,3% без разрушения образцов).                          |                                                                      |                                                |         |              |         |                  |          |            |                           |

| Таблица 6                                                                                               |                                                                      |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|-------------|------------|--------------|------------|----------|---------------------------|
| № п/п                                                                                                   | Наименование показателя                                              | Номер примера (условное обозначение компаунда) |           |             |            |              |            |          |                           |
|                                                                                                         |                                                                      | 8. 99 ИД (180 ИД)                              | 9. 100 ИД | 10. ПК-99ИД | 11. 220 ИД | 12. 220 ИД-2 | 13. 9002-Э | 14. ИД-4 | прототип (пример 1) КП-50 |
| 1.                                                                                                      | Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм), с              |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |
|                                                                                                         | при (20±0,5)°C                                                       | -                                              | -         | 32          | -          | -            | 135        | 30       | 65                        |
|                                                                                                         | при (50±2)°C                                                         | 36                                             | 30        | -           | 68         | 74           | -          | -        | -                         |
| 2.                                                                                                      | Потери массы при изотермическом старении (образцы толщиной 1 мм*), % |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |
|                                                                                                         | при 180°C за 10 сут                                                  | -                                              | -         | -           | -          | -            | -          | -        | 17,6**                    |
|                                                                                                         | за 30 сут                                                            | -                                              | -         | -           | -          | -            | -          | -        | -                         |
|                                                                                                         | при 200°C за 10 сут                                                  | -                                              | -         | -           | -          | -            | -          | -        | 45,2***                   |
|                                                                                                         | при 220°C за 10 сут                                                  | 6,1                                            | 5,4       | -           | -          | -            | 9,5        | -        | -                         |
|                                                                                                         | при 240°C за 30 сут                                                  | 7,9                                            | 8,1       | -           | 5,7        | 5,0          | -          | -        | -                         |
| * Образцы отверждены в присутствии 1% перекиси дикумила по режиму: 1 ч × 130°C+2 ч × 160°C+4 ч × 200°C. |                                                                      |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |
| ** Образцы растрескались через 2-е суток.                                                               |                                                                      |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |
| *** Образцы разрушились (за 5 сут потеря массы 39,3% без разрушения образцов).                          |                                                                      |                                                |           |             |            |              |            |          |                           |

| Таблица 7                                                                                               |                                                                   |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|
| № п/п                                                                                                   | Наименование показателя                                           | Номер примера (условное обозначение компаунда) |           |             |             |             |           |             |             |                           |
|                                                                                                         |                                                                   | 15. 190ИД                                      | 16. 180ИД | 17. 220ИД-3 | 18. 220ИД-4 | 19. 190ИД-2 | 20. 200ИД | 21. 200ИД-2 | 22. 190ИД-3 | прототип (пример 1) КП-50 |
| 1.                                                                                                      | Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм), с           |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |
|                                                                                                         | при (20±0,5)°C                                                    | 102                                            | 132       | -           | -           | 145         | -         | 124         | 136         | 65                        |
|                                                                                                         | при (50±2)°C                                                      | 30                                             | 44        | 52          | 48          | -           | 37        | 42          | 44          |                           |
| 2.                                                                                                      | Потери массы при изотермическом старении (образцы толщ. 1 мм*), % |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |
|                                                                                                         | при 180°C за 10 сут                                               | -                                              | -         | -           | -           | -           | -         | -           | -           | 17,6**                    |
|                                                                                                         | за 30 сут                                                         | 4,1                                            | 5,1       | -           | -           | 3,9         | -         | -           | -           | -                         |
|                                                                                                         | при 200°C за 10 сут                                               | -                                              | -         | -           | -           | -           | -         | -           | -           | 45,2***                   |
|                                                                                                         | при 220°C за 10 сут                                               | 6,0                                            | 7,2       |             |             | -           |           |             | -           | -                         |
|                                                                                                         | при 240°C за 30 сут                                               |                                                | 10,5      | 6,9         | 5,7         |             | 6,5       | 6,6         |             |                           |
| * Образцы отверждены в присутствии 1% перекиси дикумила по режиму: 1 ч × 130°C+2 ч × 160°C+4 ч × 200°C. |                                                                   |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |
| ** Образцы растрескались через 2-е суток.                                                               |                                                                   |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |
| *** Образцы разрушились (за 5 сут потеря массы 39,3% без разрушения образцов).                          |                                                                   |                                                |           |             |             |             |           |             |             |                           |

## Формула изобретения

### 1. Электроизоляционный нагревостойкий пропиточный компаунд, включающий

ненасыщенный азотсодержащий полиэфир, полимеризационно-способный разбавитель, свободнорадикальный инициатор и ускоритель полимеризации, отличающийся тем, что в качестве ненасыщенного азотсодержащего полиэфира он содержит полиэфир, полученный поликонденсацией ангидридов ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных спиртов с N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислотой, полученной реакцией 2-аминоэтанола и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот; в качестве полимеризационно-способного разбавителя включает аллиловые эфиры поликарбоновых кислот и/или олигоэфиракрилаты, а также содержит ингибитор и целевые добавки при следующем соотношении компонентов, вес.ч.:

|    |                                        |          |
|----|----------------------------------------|----------|
| 10 | Ненасыщенный азотсодержащий полиэфир   | 37-79    |
|    | Полимеризационно-способный разбавитель | 36-128   |
|    | Свободнорадикальный инициатор          | 0,8-3,5  |
|    | Ингибитор                              | 0,04-0,6 |
|    | Ускоритель                             | 0,4-1,6  |
|    | Целевые добавки                        | 0,08-1,0 |

15 2. Электроизоляционный нагревостойкий пропиточный компаунд по п.1, отличающийся тем, что он дополнительно содержит низкомолекулярную эпоксидную смолу в количестве 5-14,5 вес.ч. на 100 вес.ч. компаунда.

20 3. Способ получения электроизоляционного нагревостойкого пропиточного компаунда по п.1 поликонденсацией ангидридов ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных спиртов с N-(β-оксиэтил)-1,2-амидодикарбоновой кислотой, полученной реакцией 2-аминоэтанола и ангидридов циклических 1,2-дикарбоновых кислот, приводящей к образованию ненасыщенного азотсодержащего полиэфира, последующего растворения полиэфира в полимеризационно-способном разбавителе, содержащем ингибитор, введения ускорителя, свободнорадикального инициатора и целевых добавок, причем в 25 качестве полимеризационно-способного разбавителя применяют аллиловые эфиры поликарбоновых кислот и/или олигоэфиракрилаты.