

## КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗОЛЯТОРОВ ТЯГОВЫХ ЛИНИЙ

Шимон БАНАШАК

*Щецинский политехнический институт (Польша)*

**Материалы и методика эксперимента.** Растущий спрос на электроэнергию и развитие электроэнергетической сети обуславливают потребность в разработке изоляторов из новых материалов. Изолятор как основной элемент линии служит для отделения проводов от консольных конструкций. Отметим, что изоляторы подвержены действию окружающей среды. Результатом поиска новых конструкций, которые отвечают современным требованиям, являются композитные изоляторы с использованием поверхностных защитных материалов [1, 2].

В Щецинском политехническом институте были исследованы две группы материалов: модифицированный этилен-пропилен-диеновый каучук (МЭПДК) и эпоксидная смола, отвержденная продуктом химической деструкции ПЭТФ (полиэтилентерефталата). Исследован МЭПДК, модифицированный продуктом деструкции ПЭТФ (1) или отвердителем с винильными группами (2).

Вторым материалом была эпоксидная смола Epidian 6 (ЭД6) с использованием нового отвердителя (ПЭТФ/ТЭА). Исследованы несколько композиций с различным весовым содержанием отвердителя и смолы с добавкой наполнителей: кремнезема (К), гидрата алюминия (ГА) и смеси талька с каолином (ТК). Отвердитель получали в лабораторных условиях и на химическом заводе в Новой Саржине [3, 4].

Новые материалы исследованы с точки зрения их пригодности для использования в естественных условиях. После лабораторных испытаний эти два материала были использованы для изоляторов тяговых линий. Изоляторы с защитным материалом из МЭПДК эксплуатировались в течение нескольких лет и были повторно исследованы.

Образцы материалов прошли предварительные испытания, в результате которых были определены оптимальный состав и технология их изготовления. Затем их поместили в климатическую камеру типа Feutron и подвергли действию влажного постоянного теплого климата (WGS), т. е. воздействию температуры 40 °С при относительной влажности 95 %. Через каждые семь дней исследовали электрические параметры материалов: коэффициент диэлектрических потерь, электрическую проницаемость, дугоустойчивость, поверхностное сопротивление.

Исследована их микологическая устойчивость при воздействии группы плесени (по ISO), а также проведены испытания на воспламеняемость.

Дополнительно эпоксидные композиции были подвержены процессам старения в аппарате типа Xenotest. Представлены результаты испытаний после 100 ч старения. Исследованы свойства изоляторов с защитным материалом из МЭПДК после четырехгодичной эксплуатации в жестких условиях загрязнения для изоляторов длиной 34 и 50 см [5–7].

Некоторые результаты испытаний представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1–4.

Таблица 1

Исследования электрических параметров изоляторов, длина 340 мм

Год	Исследуемый изолятор	$E_{пр}$ , кВ	$E_{пр}$ , кВ (во влажной атмосфере)
1998	Изолятор до эксплуатации	>116	>65
2002	Изолятор после эксплуатации из линии Полице–Ясеница	>116	>65
2002	Изолятор после эксплуатации из линии Щецин–Домбе	>116	>12

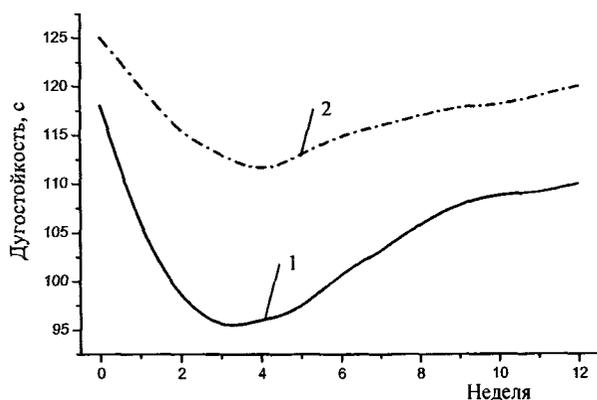


Рис. 1. Изменение дугостойкости малой мощности во время процесса старения образца МЭПДК: 1 – модифицированного продуктом деструкции ПЭТФ; 2 – отвердителем с винильными группами

Таблица 2

Электрические свойства новых эпоксидных композитов до процесса старения ( $f = 1$  кГц)

№	Композиция	$\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-2}$	$\epsilon$	$\rho_v \cdot 10^{15}, \Omega \cdot \text{см}$	Дугостойкость, с	$E$ , кВ/мм
1	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА	0,54	3,68	8	130	>25,5
2	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К	0,94	3,41	87	152	>24,2
3	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА*К	0,81	3,26	97	144	>24,7
4	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА	0,61	3,67	10	130	>23,5
5	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К	0,22	3,79	9	143	>24,1
6	ЭД6/ПЭТФ/ТЭА*К	0,21	3,65	7	180	>19,8

\* Промышленный отвердитель.

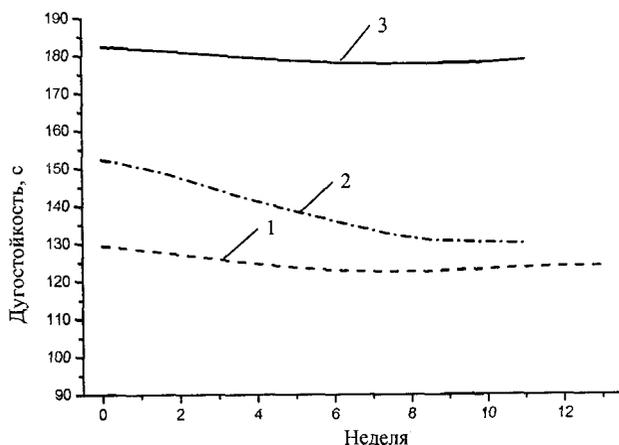


Рис. 2. Изменения дугостойкости малой мощности во время старения образцов эпоксидных композиций: 1 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА; 2 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К; 3 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К

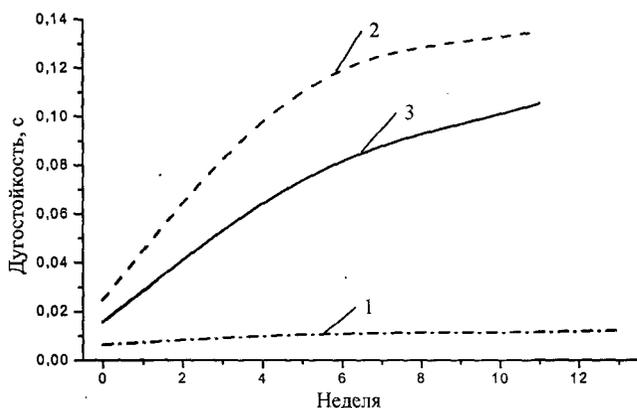


Рис. 3. Изменения коэффициента диэлектрических потерь во время старения образцов эпоксидных композиций: 1 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА; 2 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К; 3 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА\*/К (\* – промышленный отвердитель)

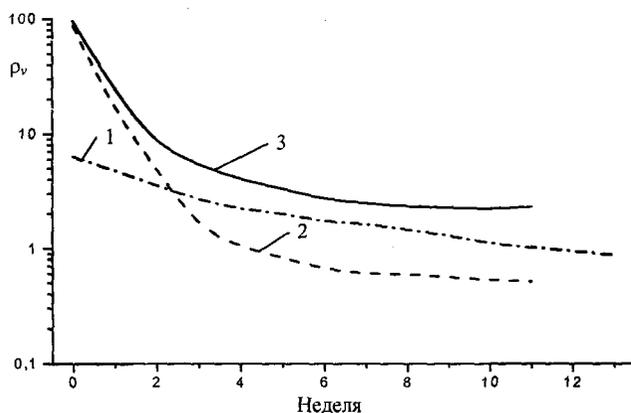


Рис. 4. Изменения объемного сопротивления в процессе старения образцов материалов эпоксидных композиций: 1 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА; 2 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА/К; 3 – ЭД6/ПЭТФ/ТЭА\*/К (\* – промышленный отвердитель)

**Процесс старения материалов в аппарате типа Xenotest.** Материалы из эпоксидных композиций подвергались старению в аппарате Xenotest (воздействие облучением ксеноновой лампы 1500 Вт, без фильтров).

После 50 и 100 ч старения определялись электрические параметры образцов. Результаты оценки дугостойкости представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние процесса старения в Xenotest на дугостойкость (с) материалов из эпоксидных композиций

Время старения, ч	ЭД/ПЭТФ/ТЭА/К	ЭД/ПЭТФ/ТЭА*/К	ЭД/ПЭТФ/ТЭА/ТК	ЭД/ПЭТФ/ТЭА*/ТК
0	145	180	185	185
50	140	180	185	185
100	130	180	190	190

Примечание. \* – промышленный отвердитель.

Результаты исследования угла смачивания МЭПДК представлены на рис. 5.

**Исследование воспламеняемости материалов из эпоксидных композитов и их микологической устойчивости.** Показано, что все наполненные композиции обладают высокой термоустойчивостью. Они выдержали испытания при температуре 960 °С, и не наблюдалось их воспламенения. Однако образцы без наполнителей выдерживали температуру только 650 °С.

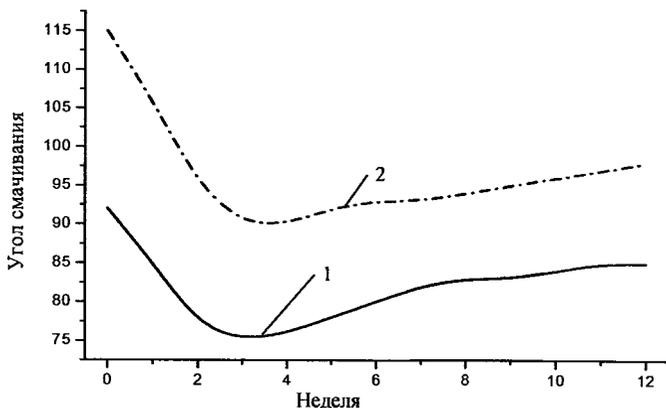


Рис. 5. Изменения угла смачивания во время процесса старения образцов МЭПДК: 1 – модифицированного продуктом деструкции ПЭТФ; 2 – отвердителем с винильными группами

Исследования микологической устойчивости материалов проведены в Щецинской сельскохозяйственной академии.

Все образцы после типового четырехнедельного испытания дали хорошие результаты. В связи с этим время испытания увеличили до 16 недель. Но и после этого большинство композиций сохраняло свою устойчивость к плесени. Композиции, наполненные кремнеземом, показали низкую устойчивость к действию плесени.

## ВЫВОДЫ

Новые композитные материалы отвечают требованиям, предъявляемым к материалам изоляторов для эксплуатации в естественных условиях. Они отличаются хорошими показателями к воздействию солнечных лучей, действию высоких температур и плесени.

МЭПДК не теряет своих гидрофобных свойств. Испытания изоляторов с защитными материалами из МЭПДК закончены с положительным результатом, изоляторы с защитой из новых эпоксидных композиций проходят испытания на старение в естественных условиях эксплуатации в приморской зоне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. B ł ę d z k i A. i inni. Recykling materiałów polimerowych. – Warszawa: WNT, 1997.
2. M o ś c i c k a-G r z e s i a k H. i inni. Inżynieria wysokich napięć w elektroenergetyce. Tom I. – Poznań: WPP, 1996.
3. B r o j e r Z., H e r t z Z., P e n c z e k P. Żywice epoksydowe. – Warszawa: WNT, 1972.
4. P i e l i c h o w s k i J., P u s z y ń s k i A. Technologia tworzyw sztucznych. – Warszawa: WNT, 1998.
5. S p u c h a j T., F a b r y c y E., G o r ą c y K., M i c h a l s k i J. Sposób wytwarzania utwardzacza do kompozycji epoksydowych, utwardzacza do kompozycji epoksydowych i kompozycja epoksydowa. – Zgł. pat. P-335986.
6. B a n a s z a k Sz., M i c h a l s k i J. Właściwości elektryczne napełnianych nowych kompozytów epoksydowych // Materiały konferencyjne VI Ogólnopolskiego Sympozjum «Inżynieria wysokich napięć IW-2002». Poznań, 20–22 maja 2002 r. – Przegląd Elektrotechniczny, 2002.
7. M i c h a l s k i J. Nowe generacje elektroizolacyjnych materiałów osłonowych // Materiały konferencyjne VI Ogólnopolskiego Sympozjum «Inżynieria wysokich napięć IW-2002». Poznań, 20–22 maja 2002 r. – Przegląd Elektrotechniczny, 2002.

Поступила 18.12.2003