

УДК 621.3.015.532.

**ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРИВИТОГО  
СОПОЛИМЕРА ЛИНЕЙНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ  
ПЛОТНОСТИ (ЛПЭНП) С НИТРИЛОМ  
АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ (НАК)**

**ШАХТАХТИНСКИЙ Т.И. АХМЕДОВ Э.Н.**

*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*

В работе показывается, что с целью улучшения электроизоляционных свойств в полиэтилен вводят различные добавки, или же его подвергают воздействию излучения. Однако, давая положительные результаты, эти методы связаны с большими технологическими трудностями. Приводятся сопоставительные данные по электроизоляционным свойствам привитого методом электроразрядного синтеза сополимера линейного полиэтилена и полиэтилена, модифицированного другими методами.

В настоящее время полимеры имеют большое применение в электроизоляционной технике. В промышленных масштабах основным диэлектрическим материалом в силовых кабелях на напряжении до 220 кВ и в импульсных кабелях является полиэтилен низкой и высокой плотности. Для защитных оболочек кабелей широко используется поливинилхлорид. В последнее время широко внедряется для изготовления стержневого подвесного линейного изолятора стеклопластиковая изоляция.

Длительная рабочая температура полиэтилена 90 °С [1]. Нагревостойкость полиэтилена ограничивается быстрым снижением механической прочности и окислением-старением (при нагреве в условиях доступа воздуха).

Старение и, соответственно, ухудшение электроизоляционных свойств полиэтилена замедляют путем добавок некоторых химических соединений, являющихся стабилизаторами, или же воздействием ионизирующих излучений, например, потока электронов, радиоактивного изотопа кобальта. При этом, наряду с повышением рабочей температуры конечного продукта его себестоимость резко увеличивается.

Как известно, что изделия из полиэтилена легко разрушаются под действием алифатических, ароматических и других углеводородов [2]. Низкая устойчивость к воздействиям указанных веществ объясняется структурными особенностями полиэтилена: наличием аморфной фазы, слабыми контактами между макромолекулами, а также низкой стойкостью к тепловому воздействию.

Для повышения устойчивости к воздействиям указанных веществ используются методы фторирования и обработки серным ангидридом [3]. Однако, давая положительные результаты, эти методы одновременно связаны с большими технологическими трудностями.

Одним из методов улучшения эксплуатационных свойств полиэтилена является его модифицирование. Полиэтилен может быть модифицирован хлором. Введение хлора в макромолекулу полиэтилена приводит к снижению кристалличности, изменению температур размягчения и стеклования. Так, хлорированный полиэтилен (ХПЭ), содержащий 16-25% хлора, является термопластом, характеризующимся высоким относительным удлинением и достаточно низкой холодостойкостью. При дальнейшем увеличении содержания хлора, вследствие увеличения межмолекулярного взаимодействия, жесткость, температуры размягчения и стеклования ХПЭ повышаются [1].

Однако, при энергетических и механических воздействиях на ХПЭ имеют место дегидрохлорирование, окисление, деструкция макроцепей и другие структурные изменения. Основная реакция, ответственная за потерю полимером эксплуатационных свойств – выделение HCl. При нагревании выше 100 °С в основном выделяется HCl.

Как видно из вышеизложенного, модифицирование полиэтилена хлором является достаточно сложным технологическим процессом и связано с выделением вредного вещества.

Другим видом модифицированного полиэтилена является полихлорвинил – твердый продукт полимеризации газообразного мономера-винилхлорида, представляющего собой этилен, в молекуле которого один H замещен атомом Cl.

Длительная рабочая температура полихлорвинила повышается до 105 °С, однако вследствие асимметрии строения (из-за наличия атомов Cl) полихлорвинил является полярным диэлектриком и имеет пониженные свойства по сравнению с неполярными полимерами. Для улучшения эластичности и холодостойкости полихлорвинила к нему добавляют пластификаторы, представляющие собой трудно испаряющиеся органические жидкости, обычно сильно полярные и еще более ухудшающие электроизоляционные свойства материала. Так, для непластифицированного поливинилхлорида при нормальной температуре и частоте 50 Гц значение  $\epsilon = 3,2 \div 3,6$ , а для пластифицированного (полихлорвинилового пластика)  $\epsilon = 5 \div 6$  [3].

Одним из перспективных направлений получения полимеров является метод прививки сополимеров, который позволяет получать продукты, сочетающие в себе свойства различных по своей природе полимерных материалов. Использование привитых сополимеров позволяет снизить проницаемость ЛПЭНП за счет возрастания устойчивости ориентированных молекул.

К сожалению, большинство химических методов синтеза привитых сополимеров, применяемых в настоящее время, позволяет получать смесь привитого сополимера с гомополимером, который ухудшает качество конечного продукта. Разделение такой смеси довольно затруднительно и, как правило, связано с расходом большого количества органических растворителей. Кроме того, отделение гомополимера требует дополнительных материальных расходов.

Нами осуществлен синтез привитого сополимера ЛПЭНП с нитрилом акриловой кислоты НАК с применением электроразрядных воздействий и проведены исследования ряда основных характеристик полученного сополимера.

Процесс синтеза проведен в специальном реакторе при электроразрядном воздействии. Реактор, в котором набухший в бензоле полимер и НАК подвергались электроразрядному воздействию в резконеоднородном и слабонеоднородном электрических полях, конструктивно представлял собой систему стеклянного цилиндра диаметром 30 мм, вдоль оси которого располагался высоковольтный электрод. Для образования резконеоднородного поля диаметр высоковольтного электрода-провода составлял 0,5 мм, а для образования слабонеоднородного поля в качестве высоковольтного электрода применялся металлический цилиндр диаметром 20 мм. Вторым электродом служила заземленная алюминиевая фольга, покрывающая наружную поверхность цилиндра. Реактор был снабжен нагревателем, термометром и мешалкой с электродвигателем. Указанные электродные системы реактора – “провод-цилиндр” и “цилиндр-цилиндр” позволяли возбуждать в межэлектродном промежутке электрический разряд барьерного типа при приложении к электродам переменного напряжения (50 Гц) достаточной величины: при резконеоднородном поле,  $U=(11-15)$  кВ; при слабонеоднородном поле,  $U=(17-21)$  кВ. Температура реакции составляла 50-80 °С; концентрации полимера составляла 3 – 7 % масс. от общего состава при концентрации мономера 7-11 % масс. от ЛПЭНП.

Для предварительного выявления отсутствия гомополимера- акрилонитрила синтезированный продукт смешивали с диметилформалидом и в полученный раствор до-

бавляли избыточное количество ацетона. При этом помутнения раствора не наблюдались, что свидетельствовало об отсутствии гомополимера в синтезированном продукте.

Подробный анализ продукта производился с помощью спектрофотометра ИК-20. ИК спектры ЛПЭНП и привитого сополимера заметно отличаются интенсивностью полосы в области  $2246 \text{ см}^{-1}$ , благодаря валентным колебаниям нитриловых – CN групп. Появление в спектре указанной полосы и практически отсутствие полосы гомополимера НАК свидетельствует о получении привитого сополимера без гомополимера.

Для выявления эффективности разработанного метода электроразрядного синтеза сополимера были исследованы основные диэлектрические характеристики полученного продукта и сравнены с аналогичными характеристиками обычного промышленного ЛПЭНП и полиэтилена, модифицированного хлором (таблица).

Таблица. Диэлектрические характеристики исходного, хлорированного и привитого сополимера ЛПЭНП.

Характеристика	ЛПЭНП (исходный)	ПВХ	ХПЭ	ЛПЭНП, привитый электроразрядным синтезом
$\rho$ , Ом·м	$10^{15}$	$10^{13}-10^{15}$	$10^{13}$	$10^{14}$
$\epsilon$ ,	2,3-2,4	3,1-3,4	4,3	3,1
$\text{tg}\delta$ (при 1МГц)	0,0004	0,015	0,019	0,003
$E_{\text{пр}}$ , МВ/м (при толщине 1мм)	45-55	35-45	30	40-45

Как видно из таблицы, привитый полиэтилен по основным диэлектрическим характеристикам незначительно уступает исходному полиэтилену. Однако, по сравнению с ПВХ и ХПЭ, он превосходит их практически по всем приведенным характеристикам. Кроме того, прививка акрилонитрила к исходному полимеру повышает температуру размягчения ( $105^\circ\text{C}$ ) и поверхностную твердость последнего, увеличивает предел прочности при изгибе. Благодаря отсутствию гомополимера прививаемого мономера, полученный материал обладает повышенными механическими характеристиками и повышенной стойкостью к агрессивным средам.

1. Справочник по электротехническим материалам, под. ред. *Корицкого Ю.В., Пасынкова В.В., Тареева Б.М.*, 3-е изд., перераб., т.1, М., Энергоатомиздат, 1986, 368 с.
2. *Таггер А.А.* Физико-химия полимеров, М., Госхимиздат, 1963, 528 с.
3. *Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М.* Электротехнические материалы, издание пятое переработанное, Л., Энергия, 1969, 408 с.
4. *Джуварлы Ч.М., Бунят-заде А.А., Ахмедов Э.Н.* Синтез привитого сополимера на основе линейного полиэтилена с акрилонитрилом под действием электрического поля. Сборник статей по электрофизике и электроэнергетике. Выпуск 5, Баку, «ЭЛМ», 1997, с. 39-40
5. *Стрепихеев А.А., Деревицкая В.А., Слонимский Г.Л.* Основы химии высокомолекулярных соединений. Издание второе, М, Издательство Химия, 1967, 516 с.

**NİTRİL AKRİL TURŞUSU İLƏ CALAQ EDİLMİŞ AZSİXLİQLİ XƏTLİ  
POLİETİLENİN BİRGƏ POLİMERİNİN ELEKTRİK İZOLYASIYA XASSƏLƏRİ  
ŞAXTAXTİNSKİ T.İ., ƏHMƏDOV E.N.**

Polietilenin elektrik izolyasiya xarakteristikalarını yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə onun tərkibinə aşqarlar əlavə edilir və ya şüalandırırlar. Bu üsullar müsbət nəticə verməklə yanaşı böyük texnoloji çətinliklərlə bağlıdırlar. İşdə elektik boşalmaları sintezi yolu ilə calaq edilmiş xətlə

polietilenin və digər üsullarla modifikasiyaya uğradılmış polietilenlərin elektrik izolyasiya xarakteristikalarının müqayisəsi verilmişdir.

## **ELECTRICAL INSULATION PROPERTIES OF GRAFTED COPOLYMER OF LOW DENSITY LINEAR POLYTHENE TO THE ACRIL NITRIL**

**SHAKHTAKHTINSKY T.I. AKHMEDOV E.N.**

In the paper it is shown that for the purpose of improving of electrical insulation properties of polyethylene different additions are used or the materials made of polyethylene undergone to different radiation. However giving positive results these methods are connected with big technological difficulties. Comparison of electrical insulation properties of infuse co-polymer of polythene, obtained by electrical discharge synthesis with electrical insulation properties of initial and chlorinated polymers is given.