

рофосфата меди в сочетании с ортофосфорной кислотой и гидрофосфатом аммония положительно влияет на понижение горючести полимерной системы на основе эпоксидного связующего. Это подтверждается повышением кислородного индекса полимерной системы до 25,1 % об.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Movahedifar, Vahabi, Saeb, Thomas. Flame Retardant Epoxy Composites on the Road of Innovation: An Analysis with Flame Retardancy Index for Future Development // *Molecules*, 2019. – Vol. 24(21). – P. 39–64.
2. Salasinska K., Celiński M., Mizera K., Kozikowski P., Leszczyński M. K., Gajek A. Synergistic effect between histidine phosphate complex and hazelnut shell for flammability reduction of lowsmoke emission epoxy resin // *Polymer Degradation and Stability*, 2020. – P. 109–292.
3. Mulan C., Xiaowei M., Wei C., Xuan W., Daolin Y., Jiancha X., Yuan H., Weiyi X. Covalent organic framework with Cu-containing compounds for enhancing flame retardancy and smoke suppression effects on epoxy resin, 2022. – Vol. 156. – P. 45–48.
4. Huang Z., Drigo N., Wang Z., Zhao R., Lehner S., Jovic M., Gaan S. Fire safe epoxy composite with low dielectric properties from a combination of fluoro-phosphonium salt, melamine and copper hydroxystannate, 2022. – P. 110–133.

УДК 678.02.678.6

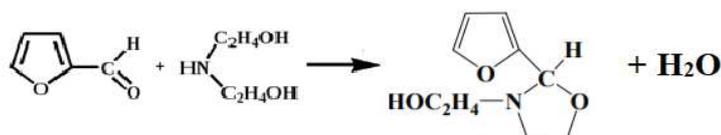
Р. Ш. Губайдуллин, ассист.  
(АГУ, г. Андижан, Республика Узбекистан);  
М. Г. Алимухамедов, проф., д-р техн. наук;  
Р. И. Адилов, проф., д-р техн. наук  
(ТХТИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан)

### **РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ ЖЁСТКИХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗИРОВАННОГО ФУРФУРИЛАМИНАДИЭТАНОЛА**

Гидроксилазотсодержащие олигомеры нашли широкое применение в производстве жёстких пенополиуретанов (ЖППУ) в качестве катализаторов. В нашей предыдущей работе [1] нами у синтезированного продукта определены молекулярная масса, гидроксильное число и содержание третичного амина. ИК-спектроскопией идентифицированы исходные вещества и конечный продукт реакции. Определена возможность получения гидроксилазотсодержащих олигомеров (ГА-

СО) пенополиуретанового назначения поликонденсацией фурфурола диэтаноломином. Синтезированный продукт, фурфуриламинадиетанол (ФАДЭ), позволяет заменить Лапрамол-294, используемый в традиционных рецептурах получения ЖППУ и сочетает в себе тепло-, термо-, огнестойкость с высокими физико-механическими свойствами уретановых пенопластов [2–4]. ЖППУ на их основе отличаются повышенными теплофизическими показателями [5–6].

Ниже представлена реакция образования синтезированного продукта – фурфуриламинадиетанола:



На ИК – спектрах готового продукта, представленного ниже (рисунок 1), имеются полосы поглощения ассоциированных гидроксильных групп при 3360, 3132, 1031  $\text{см}^{-1}$ ; характерных для первичных гидроксильных групп при 2951, 2879, 2814 и 1463  $\text{см}^{-1}$ ; валентных колебаний  $\text{C}=\text{O}$ , связанных с непосредственно с углеродом при 1670  $\text{см}^{-1}$ ; характерных для метиленовых групп при 1365 и 1392  $\text{см}^{-1}$ .

ЖППУ получали перемешиванием заранее взвешенной композиции дисковой мешалкой с частотой вращения 2800–3000 об/мин. Параметры вспенивания снимали при свободном вспенивании композиции. Для определения физико-механических свойств композицию заливали в металлическую форму размерами 160x180x70мм, предварительно нагретую до 40–60 $^{\circ}\text{C}$ . Физико-механические свойства ЖППУ определяли согласно соответствующим методикам [6] и стандартам. Свойства получаемого ЖППУ целиком зависят от типа и строения исходных соединений.

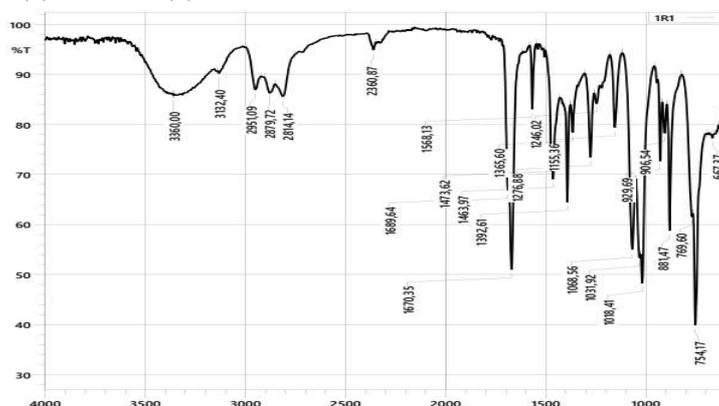


Рисунок 1 – ИК-спектр готового продукта

Показатели ЖППУ исследовали в зависимости от соотношения ФАДЭ: Лапрамол–294. С возрастанием содержания ФАДЭ прочност-

ные свойства ЖППУ повышаются (рисунок 2) и при значении 30 мас. ч. отмечаются наилучшие показатели. С увеличением количества ФАДЭ до 30 мас. ч. предел прочности при сжатии выходит на плато, а прочность при изгибе, ударная вязкость и водопоглощение несколько снижаются. Это объясняется чрезмерным увеличением плотности сшивки, что характерно для таких композиционных полимерных материалов. При дальнейшем увеличении количества катализатора возрастает экзотермический эффект при вспенивании и прогорает середина блока, вызывая деструкцию полимер-основы.

Таким образом, с увеличением количества ФАДЭ процесс получения ЖППУ ускоряется, а их физико-механические свойства улучшаются. Оптимальными свойствами при приемлемых для заливочных композиций параметрах вспенивания обладают ЖППУ на основе ФАДЭ при соотношении ФАДЭ:Лапрамол-294 = 70:30 мас. ч. (таблица).

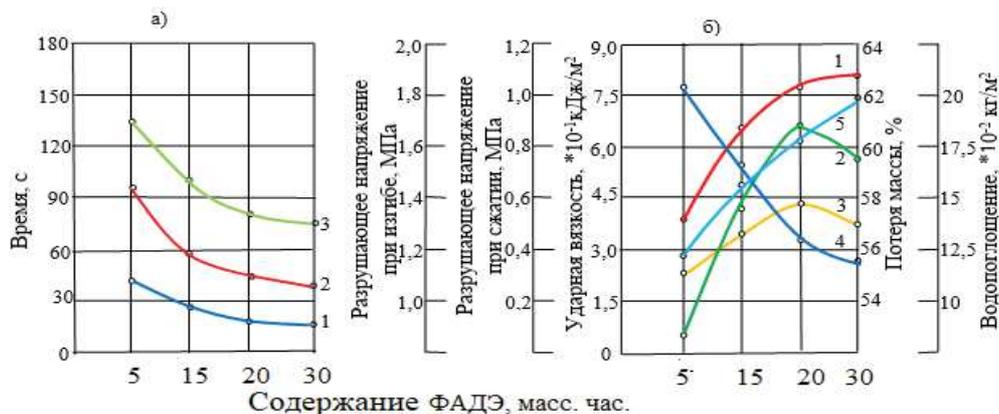


Рисунок 2 – Зависимость а) времени старта (1), гелеобразования (2) и подъема (3) композиций; б) разрушающего напряжения при сжатии (1) и изгибе (2), а также ударной вязкости (3), водопоглощения (4) и потери массы (5) от содержания Лапрамола-294. Кажущаяся плотность ЖППУ – 100 кг/м<sup>3</sup>

Таблица – Физико-механические свойств жестких ЖППУ

Показатели	ЖППУ на основе ФАДЭ	Стандартный жёсткий пенополиуретан ППУ-307
Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	100	100
Предел прочности, МПа при сжатии при изгибе	0,85 1,03	0,75 0,82
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	0,41	0,32
Водопоглощение, кг/м <sup>2</sup>	0,11	0,17
Горючесть (огневая труба) потеря массы, %	24,7 37	100 41

Исходя из вышеописанного можно предположить, что на основе гидроксилсодержащих фурфуроловых олигомеров можно получить качественные ЖППУ с улучшенными прочностными и теплофи-

зическими свойствами относительно некоторых промышленных пенопластов марки ППУ-307.

Таким образом, синтезированы гидроксилсодержащие олигомеры, содержащие в структуре фурфуриловые гетероциклы с широким спектром физико-химических свойств. Установлено, что фурфуриловые олигоэфиры, синтезированные на основе реакций поликонденсации, существенно влияют как на параметры формования, так и на физико-механические свойства ЖППУ. Выявлены оптимальные условия синтеза олигоэфиров, а также оптимальное количество катализатора в композициях синтезированного для получения качественных ЖППУ. На основе синтезированного фурфуриламинадизэтанола удалось улучшить физико-механические свойства ЖППУ по сравнению с промышленным образцом марки ППУ-307. Разработанный продукт может в промышленном масштабе заменить применяемый диметилциклогексилламин (ДМЦА) и позволит получить продукты на основе местного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Губайдуллин Р. Ш., Алимухамедов М. Г., Адилов Р. И. Исследование продуктов реакции диэтаноламина с фурфуролом спектроскопией // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн*, 2021. – № 1. – С. 91.
2. Ionescu M. *Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethane*. London: «Rapra Technology Limited», 2005. – P. 605.
3. Низамов Т. А., Алимухамедов М. Г., Магруппов Ф. А. Вспененные уретановые композиты на основе модифицированных гидроксилсодержащих фурановых олигомеров // *Сборник научных статей по итогам Международного научного форума «Наука и инновации-современные концепции»*. – С. 84–90.
4. Алимухамедов М. Г. Закономерности формирования и свойства сегментированных гидроксилсодержащих фурановых олигомеров жестких пенополиуретанов на их основе / Автореф. дис. док. техн. наук. – Ташкент, 1997. – 43 с.
5. Магруппов А. Ф., Адилов Р. И., Алимухамедов М. Г. Исследование кубового остатка тетрагидрофурфурилового спирта и разработка на его основе жестких пенополиуретанов // *Пластические массы*, 2002. – № 5. – С. 36–38.
6. Михайлин Ю. А. Показатели огнестойкости пластмасс и методы их определения // *Полимерные материалы*, 2011. – № 7. – С. 26–31.