

# ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 678.073.02

**О. М. Касперович, А. Ф. Петрушеня, М. В. Альховик**  
Белорусский государственный технологический университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИУРЕТАНА НА СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Изучено влияние введения технологических отходов термопластичного полиуретана (ТПУ) на основные физико-механические характеристики разрабатываемых смесевых термопластичных композиций.

Выявлено, что использование технологических отходов ТПУ приводит к существенному улучшению прочностных свойств композиций, позволяет уменьшить себестоимость продукции и снизить негативное воздействие продуктов разложения на окружающую среду.

**Ключевые слова:** термопластичная композиция, технологические отходы, полиуретан, поливинилхлорид, прочность, абразивный износ.

**O. M. Kasperovich, A. F. Petrushenya, M. V. Alkhovik**  
Belarusian State Technological University

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE INTRODUCTION OF SECONDARY POLYURETHANE ON THE PROPERTIES OF THERMOPLASTIC COMPOSITIONS

The influence of the introduction of technological waste of thermoplastic polyurethane (TPU) on the main physico-mechanical characteristics of the developed mixed thermoplastic compositions is studied.

It was found that the use of technological waste TPU leads to a significant improvement in the strength properties of the compositions, and allows reducing the production cost and reducing the negative impact of the decomposition products on the environment.

**Key words:** thermoplastic composition, technological waste, polyurethane, polyvinyl chloride, strength, abrasive wear.

**Введение.** Смеси полимеров характеризуются долговечностью, эксплуатационными свойствами, лучшими, чем у индивидуальных полимеров. Для улучшения свойств смесевых композиций в них вводят различные модификаторы и добавки, результатом действия которых является синергизм свойств компонентов смеси.

В последнее время возник интерес к смесям несовместимых полимеров, которые при условии сохранения стабильной морфологии смеси (сохранение фазового состояния смеси, т. е. отсутствие явлений комкуемости, расслаивания, выпадения осадка, образования новых дисперсий и т. д.) в течение цикла формования могут обладать некоторыми ценными свойствами, будучи в то же время дешевле материалов на основе самих полиуретанов [1].

Поливинилхлорид – один из самых дешевых материалов. Поливинилхлорид обладает достаточно высокой химической стойкостью к действию кислот, щелочей и смазочных масел. Но при этом он обладает целым списком харак-

терных недостатков: малая устойчивость к действию теплоты и света, низкая износостойкость, малая эластичность. Резкое понижение прочности при повышении температуры, а также присущая поливинилхлориду хладотекучесть под влиянием длительного действия нагрузки ограничивают его применение, несмотря на высокие показатели механической прочности при нормальной температуре.

В то же время термопластичный полиуретан устойчив к истиранию, воздействию низких температур, разрыву и агрессивным средам, восстанавливает форму при деформации, способен прекрасно сопротивляться проколам, обладает сопротивлением к скольжению. К недостаткам ТПУ можно отнести его достаточно высокую стоимость.

С целью получения изделий с требуемыми эксплуатационными характеристиками и повышения экономичности производства наряду с бинарными полимерными смесями создаются многокомпонентные смеси.

Например, разработан эластомер на основе сплавов ТПУ, ПВХ, АБС-пластика. Соотношение стоимости и эксплуатационных свойств этих полимеров сбалансировано таким образом, что они являются конкурентоспособными к обычным ТПУ и другим литьевым эластомерам. Смесь перерабатывается на валковом оборудовании при 150–165°C в пленки для вакуумного формования [2].

Практическое применение получили и другие многокомпонентные полимерные смеси: ТПУ + ПВХ + хлоропрен, ТПУ + ПВХ + ПЭФ-эластомер, ТПУ + ПВХ + сополимер бутадиена и полиакрилонитрила, ТПУ + ПВХ + сложный эфирный каучук, ТПУ + ПА + активированный ПО, ТПУ + ПОМ + ПА и др. [2].

Высокие темпы производства и потребления полиуретанов приводят к накоплению неизбежно образующихся производственных отходов и изделий, вышедших из эксплуатации, что влечет за собой экологические и экономические проблемы.

В настоящее время производственные отходы полиуретанов вывозятся на свалки и сжигаются, причем сжигание сопровождается вторичным загрязнением атмосферы вследствие образования высокотоксичных цианистых соединений и окиси углерода.

Вторичная переработка позволяет не только увеличить коэффициент использования сырьевых ресурсов, но и существенно сократить загрязнение окружающей среды. Поэтому все работы, направленные на решение этого вопроса, являются актуальными. Между тем вторичные полиуретаны при их рациональном использовании могут служить источником расширения сырьевой базы, экономии денежных и трудовых ресурсов, так как способны снизить потребность в первичных материалах.

**Основная часть.** Целью настоящей работы является разработка рецептур смесевых термопластичных композиционных материалов с использованием вторичных полимеров и исследование свойств полученных композиций.

В данной работе объектами исследования были термопластичный полиуретан (ТПУ) марки NF-950 фирмы NANTICO, который представляет собой полиуретан общего назначения на основе сложных полиэфиров; жесткий поливинилхлорид (ЖПВХ) марки ПЛ-2 В95; технологические отходы термопластичного полиуретана на основе простых полиэфиров, в виде хлопьев размером 2×2 мм, мутно-белого цвета.

Смесевые термопластичные композиции получали механическим смешением исходных материалов на термопластавтомате при давлении 90 МПа и температуре 150–165°C с получением стандартных образцов для испытаний.

Физико-механические характеристики образцов определяли согласно соответствующим ГОСТам. Статистическая обработка результатов исследований осуществлялась с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 по стандартным методикам.

Состав разработанных смесевых термопластичных композиций приведен в таблице.

#### Состав смесевых термопластичных композиций

Состав композиций	Количество вторичного ТПУ, мас. %		
	10	20	30
Первичный ТПУ + 10 мас. % ЖПВХ	+		
		+	
			+
Первичный ТПУ + 20 мас. % ЖПВХ	+		
		+	
			+
Первичный ТПУ + 30 мас. % ЖПВХ	+		
		+	
			+

Полученные образцы из данных композиций были подвергнуты испытаниям на твердость, абразивный износ и прочность при растяжении для установления характеристик материала, необходимых при конструировании пластмассовых изделий, контроля качества и установления стабильности свойств материала при воздействии различных факторов.

Полученные результаты представлены на рис. 1–4.

Как видно из рис. 1, введение ЖПВХ и вторичного ТПУ приводит к значительному увеличению твердости всех композиций.

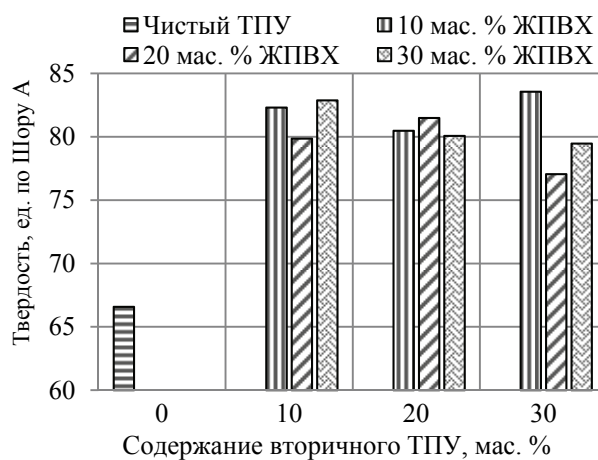


Рис. 1. Твердость

На рис. 2 представлены полученные значения испытаний на абразивный износ.

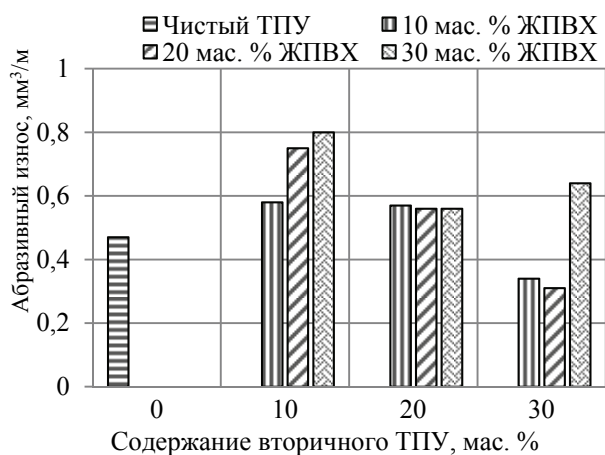


Рис. 2. Абразивный износ

Очевидно, что увеличение абразивного износа композиций связано со значительным увеличением твердости, в результате чего композиции становятся жестче и следовательно легче поддаются абразивному износу.

На рис. 3 изображена диаграмма сравнения прочности при растяжении для всех композиций.

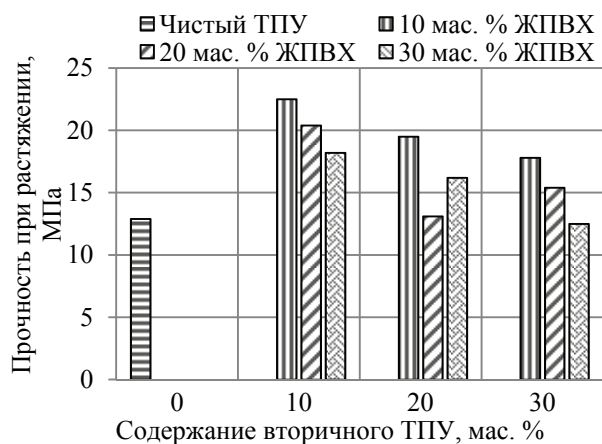


Рис. 3. Прочность при растяжении

Из данных, представленных на рис. 3, видно, что добавление ЖПВХ и вторичного ТПУ не ухудшает прочностных характеристик первичного ТПУ, но увеличение содержания как жесткого ПВХ, так и вторичного ТПУ ведет к снижению этих характеристик.

На рис. 4 показаны данные относительного удлинения при растяжении.

Совместимость полимеров определяется специфическими взаимодействиями между хими-

ческими группами. Полимеры, совместимые с ПВХ, содержат либо карбонильную, либо нитрильную группу [3]. Поскольку и первичный и вторичный ТПУ имеют карбонильные группы, следовательно, при введении вторичного ТПУ в композиции количество этих групп возрастает и, как результат, происходит увеличение прочности.

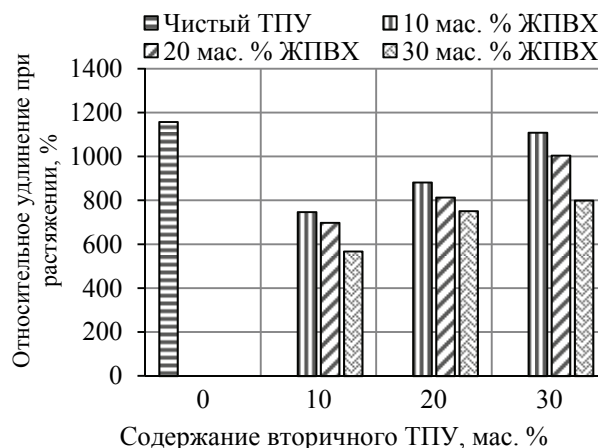


Рис. 4. Относительное удлинение при растяжении

Вследствие общего упрочнения композиций происходит снижение их относительного удлинения, что и отображено на рис. 4, поскольку макромолекулы в результате химического взаимодействия функциональных групп ПВХ с карбонильными группами первичного и вторичного ТПУ прочно связываются друг с другом. Но при увеличении содержания вторичного ТПУ происходит рост относительного удлинения, так как вторичный ТПУ имеет меньшую молекулярную массу и, распределяясь в объеме композиции, способствует уменьшению прочности.

**Заключение.** В исследуемых смесевых системах достигается технологическая совместимость компонентов, о чем свидетельствует повышение физико-механических показателей композиций.

Введение ЖПВХ и вторичного ТПУ позволяет не только снизить стоимость композиций, но и значительно улучшить эксплуатационные характеристики, а также увеличить коэффициент использования сырьевых ресурсов и существенно сократить загрязнение окружающей среды.

### Литература

1. Бьюист Дж. М. Композиционные материалы на основе полиуретанов / под ред. Ф. А. Шутова. М.: Химия, 1982. 240 с.
2. Компаунды на основе термопластичных полиуретанов (ТПУ) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.polymer.ru/letter.php?n\\_id=2799](http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=2799) (дата обращения: 30.05.2017).
3. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниалс Ч. Поливинилхлорид / под ред. Г. Е. Заикова. СПб.: Профессия, 2007. 728 с.

### References

1. Buist J. M. *Composite materials based on polyurethanes*. London, Applied Science Publishers Ltd, 1978. 241 p. (Russ. ed.: Al'perina V. D., Gladkovskiy G. A. *Kompozitsionnye materialy na osnove poliuretanov*. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 241 p.).
2. *Kompaundy na osnove termoplastichnykh poliuretanov (TPU)* [Compounds based on thermoplastic polyurethanes (TPU)]. Available at: [http://www.polymery.ru/letter.php?n\\_id=2799](http://www.polymery.ru/letter.php?n_id=2799) (accessed 30.05.2017).
3. Wilkie C., Summers J., Daniels C. *Polyvinyl chloride*. Munich, Carl HanserVerlag, 2005. 700 p. (Russ. ed.: Kharitonova E. *Polivinilkhlорid*. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007. 695 p.).

### Информация об авторах

**Касперович Ольга Михайловна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kasperovichvolha@yandex.by

**Петрушеня Александр Федорович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: petralexf@gmail.com

**Альховик Мария Викторовна** – магистрант кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: mari.dragun@yandex.ru

### Information about the authors

**Kasperovich Olga Mikhailovna** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kasperovichvolha@yandex.by

**Petrushenya Alexander Fedorovich** – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: petralexf@gmail.com

**Alkhevik Maria Viktorovna** – Master's degree student, the Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mari.dragun@yandex.ru

Поступила 15.06.2017