

УДК 541.64:536

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В СМЕСИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОСТИ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА В КОМПОЗИЦИИ

© Р. Ю. Лаздин, А. Р. Садритдинов, В. В. Чернова,  
А. С. Шуршина, В. П. Захаров\*

Башкирский государственный университет  
Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

Тел.: +7 (347) 272 61 05.

\*Email: zaharovvp@mail.ru

*В работе исследованы полимерные композиции на основе смеси полимеров. В качестве полимерной основы для создания полимерных композиций были использованы смеси наиболее распространенного крупнотоннажного полиолефина – вторичного полипропилена и следующих полимеров: 1) сверх высокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), 2) синтетического каучука этилен-пропиленового (СКЭПТ), 3) вторичного полиэтилена низкого давления ПНД-276, 4) вторичного полиэтилена высокого давления ПВД-20. Полимерные композиции были изучены методом относительной и абсолютной реометрии. Было показано, что в зависимости от соотношения компонентов в смеси значения вязкости могут лежать как выше, так и ниже аддитивных значений. Данный факт должен быть учтен при составлении рецептур композиций на основе двух полимеров, поскольку повышенные значения вязкости в существенной мере затрудняют переработку и могут привести к браку.*

**Ключевые слова:** вторичные полимеры, полимерные композиты, смеси полимеров, реометрия, переработка.

### Введение

Полиолефины занимают лидирующее место среди промышленно выпускаемых крупнотоннажных полимеров, что обусловлено их низкой себестоимостью и химической инертностью [1]. Модификация полиолефинов путем их физического смешивания представляется наиболее простым и низко затратным способом создания новых материалов. Согласно ряду исследований, добавление небольших количеств полиэтилена (ПЭ) или СКЭПТ к полипропилену (ПП) способно повысить морозостойкость, ударную вязкость и устойчивость ПП к окислению [2–5]. В свою очередь, добавление ПП к ПЭ позволяет увеличить механическую прочность и жесткость композиции, а также устойчивость к действию высоких температур [6–8].

Важным практическим аспектом исследования состава и структуры смесей полимеров, в частности ПП и ПЭ, является то, что они представляют собой один из видов сырья для вторичной переработки полимерных материалов [9]. Как известно, разделение ПП и ПЭ в твердых бытовых отходах представляет огромную трудность на сегодняшний день вследствие их сходных плотностей [10]. Поэтому активно развивается направление рециклинга полиолефиновых отходов путем их преобразования в смеси, называемые «полимерным миксом» или «легкой фракцией». Лабораторное исследование по переработке смесевых композиций ПП-ПЭ позволит расширить использование продуктов их вторичной переработки, что также обуславливает важность исследования с экологической точки зрения.

В связи с этим, в качестве полимерной основы для создания полимерных композиций были ис-

пользованы смеси наиболее распространенного крупнотоннажного полиолефина вторичного ПП и следующих полимеров: 1) сверх высокомолекулярного ПЭ (СВМПЭ), 2) синтетического каучука этилен-пропиленового (СКЭПТ), 3) вторичного полиэтилена низкого давления ПНД-276, 4) вторичного полиэтилена высокого давления ПВД-20. Основными критериями в выборе используемых в работе образцов данных марок являлись универсальность областей применения и экономическая доступность. Кроме того, оценивались предполагаемые технологические и эксплуатационные характеристики выбранных полимеров. Согласно технической документации все используемые в работе полимеры при комнатной температуре не выделяют в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают вредного влияния на организм человека при непосредственном контакте.

Однако, поскольку изучаемые полимеры характеризуются существенно различной вязкостью, могут возникнуть определенные трудности как в процессе совмещения и переработки данных смесей, так и в процессе эксплуатации изделий на их основе, что диктует необходимость проведения определенных лабораторных исследований.

### Экспериментальная часть

В работе использовали образцы вторичных полимеров: ПП, соответствующий первичному ПП марки FF/3350, образец вторичного ПНД-276, соответствующий первичному ПЭ марки ПЭНД 273-83, образец вторичного ПВД-20, соответствующий первичному ПЭ марки ПВД 10803-020, представляющие собой дробленый материал из некондиционных изделий, производимых методом литья под

давлением в технологическом производстве ООО «ЗПИ Альтернатива» (Россия, Республика Башкортостан, г. Октябрьский), и образцы первичных полимеров: СКЭПТ (ОАО «Уфаоргсинтез») и СВМПЭ (ООО «Полимерхолдинг»).

Получение композиционных материалов осуществляли в расплаве на лабораторной станции "PlastographEC" (Brabender, Германия) в течение 15 мин при нагрузке 200 Н при температуре 180<sup>0</sup>С и скорости вращения шнеков 30 оборотов в минуту. Количество загружаемого полимера составляло 25 г. Показатель текучести расплава (ПТР) определяли при 190<sup>0</sup>С и массе груза 2.16 кг на измерителе индекса текучести расплава. Деление композиции на отрезки производили каждые 30 с, полученные образцы взвешивали и рассчитывали среднюю массу. Реологические измерения проводили на модульном динамиче-

ском реометре Хааке MarsIII при 220<sup>0</sup>С в режиме непрерывного сдвигового деформирования.

### Результаты и их обсуждение

На *рис. 1–4* представлены пластограммы, полученные при переработке исходного вторичного ПП, СВМПЭ и смесей на их основе. Видно, что пластограммы имеют традиционный вид. Обращает на себя внимание тот факт, что значения максимального крутящего момента обоих индивидуальных полимеров практически совпадают, а значения крутящего момента смесей – имеют существенно иные значения.

При этом, в зависимости от соотношения полимеров в смеси значения максимального крутящего момента лежат либо выше, либо ниже аддитивных значений (*рис. 5–6*).

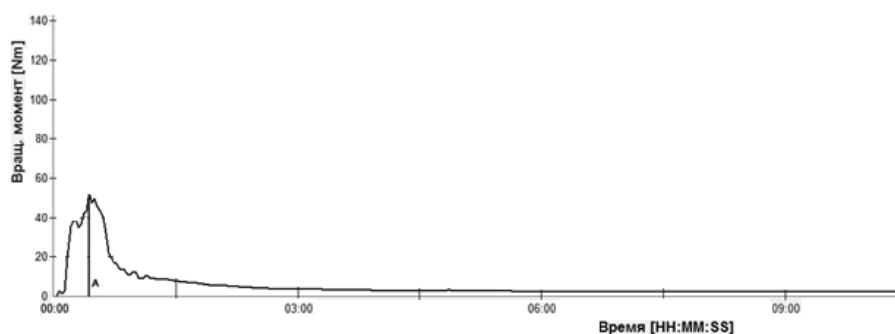


Рис. 1. Зависимость крутящего момента ПП от времени смешения в камере пластографа.

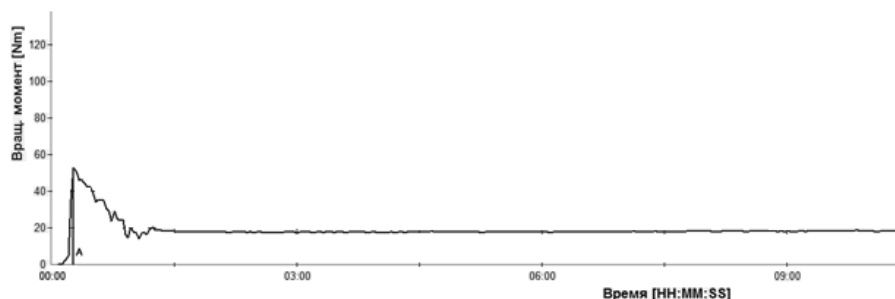


Рис. 2. Зависимость крутящего момента СВМПЭ от времени смешения в камере пластографа.

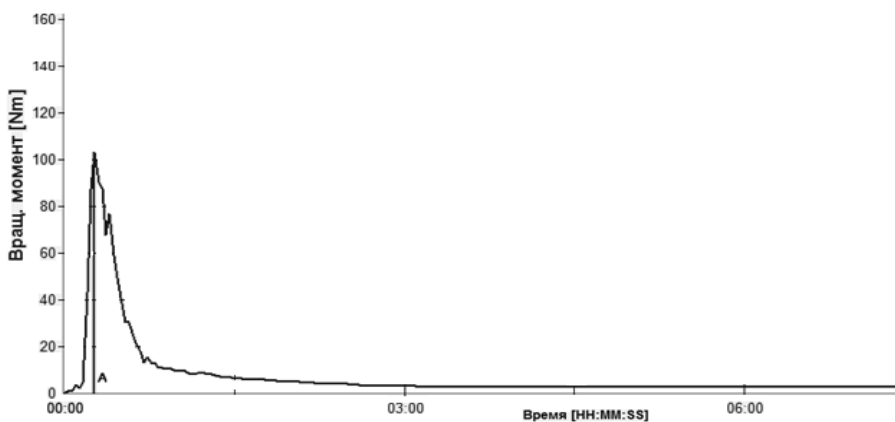


Рис. 3. Зависимость крутящего момента смеси ПП-СВМПЭ состава (99.5% – 0.5%) от времени смешения в камере пластографа.

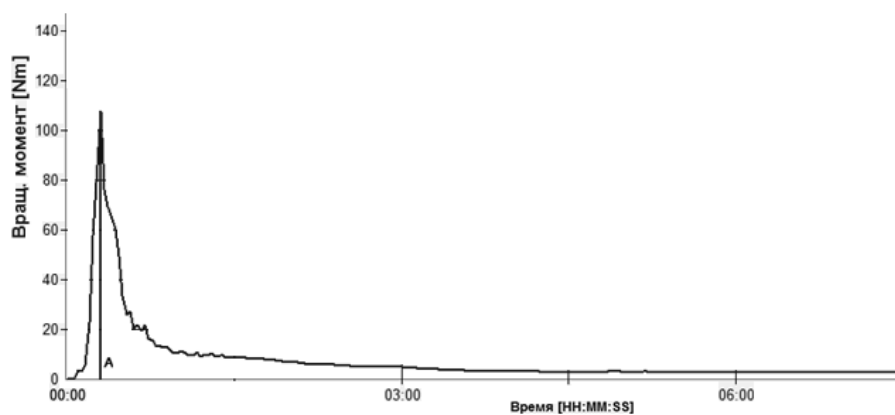


Рис. 4. Зависимость крутящего момента смеси ПП-СВМПЭ состава (99% – 1 %) от времени смешения в камере пластиграфа.

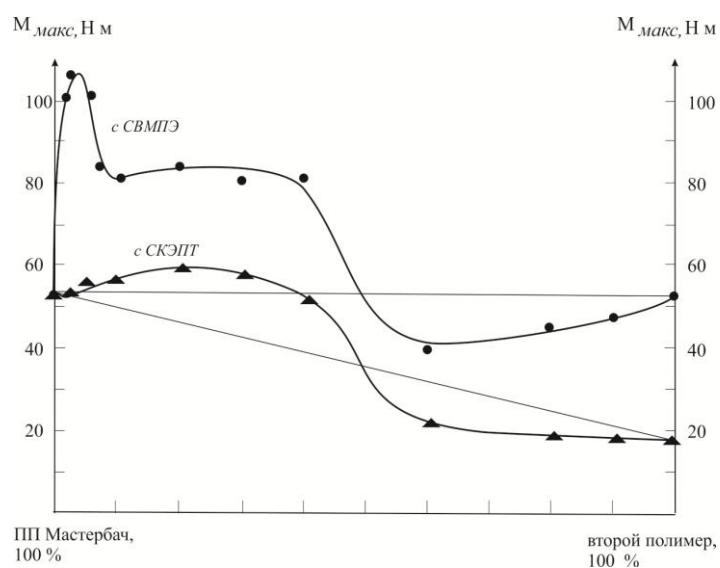


Рис. 5. Зависимость максимального крутящего момента для композиции ПП-СВМПЭ и ПП-СКЭПТ от соотношения полимеров в смеси.

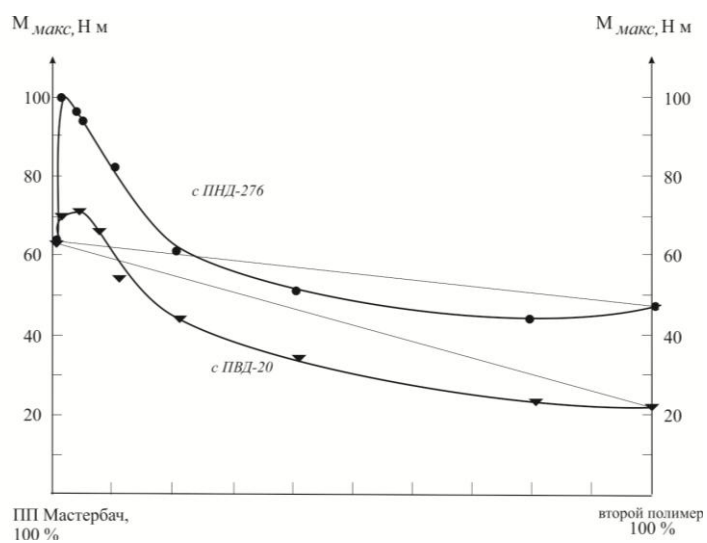


Рис. 6. Зависимость максимального крутящего момента для композиции ПП-ПНД-276 и ПП-ПВД-20 от соотношения полимеров в смеси.

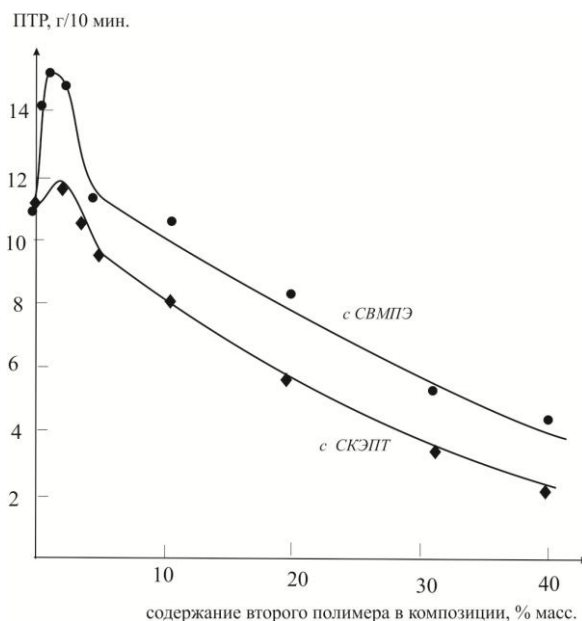


Рис. 7. Зависимость ПТР композиции ПП-СВМПЭ и ПП-СКЭПТ от содержания второго полимера в смеси.

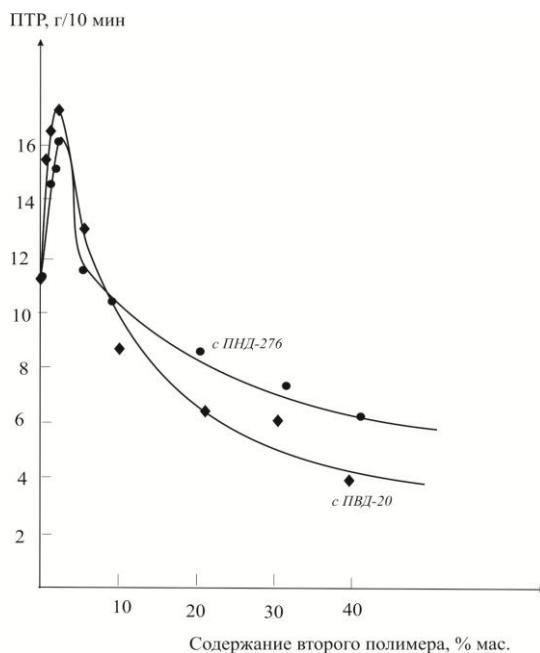


Рис. 8. Зависимость ПТР композиции ПП-ПНД-276 и ПП-ПВД-20 от содержания второго полимера в смеси.

С имеющим место изменением крутящего момента коррелируют и изменения ПТР. Из рис. 7 видно, что добавление небольших количеств СВМПЭ и СКЭПТ в ПП в общем случае сопровождается уменьшением значений ПТР, а стало быть увеличением вязкости композиции.

Аналогичные изменения претерпевают и значения ПТР при использовании в качестве второго полимера ПНД-276 и ПВД-20 (рис. 8).

Поскольку оценка термопластов по их ПТР служит основой для классификации марочного ассортимента по тому основному технологическому способу, который рекомендуется для переработки в изделия (см. табл.), можно сказать, что изучаемые

нами образцы полимерных композитов могут перерабатываться как методами прессования и экструзии, так и литья под давлением.

Таблица

Зависимость способа переработки полимерных материалов от ПТР

Показатель текучести расплава (ПТР), г/10мин	Способ переработки
0.03	прессование
0.30–3.00	экструзия
5.00–20.00	литье под давлением
15.00–30.00	производство волокон

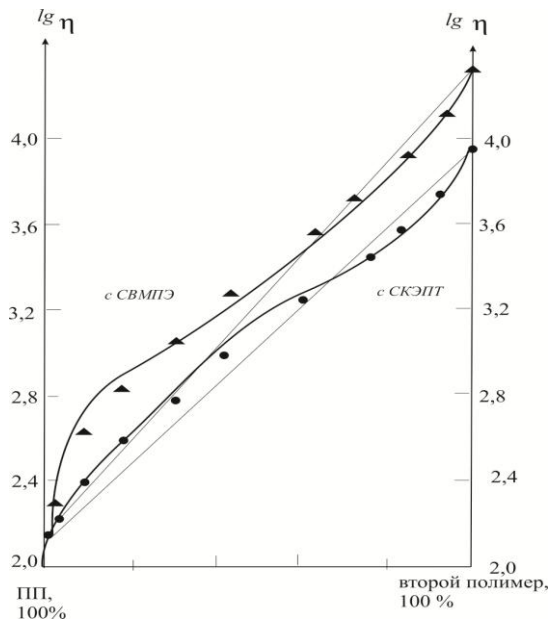


Рис. 9. Зависимость динамической вязкости композиции на основе ПП с СВМПЭ и СКЭПТ от соотношения полимеров в смеси.

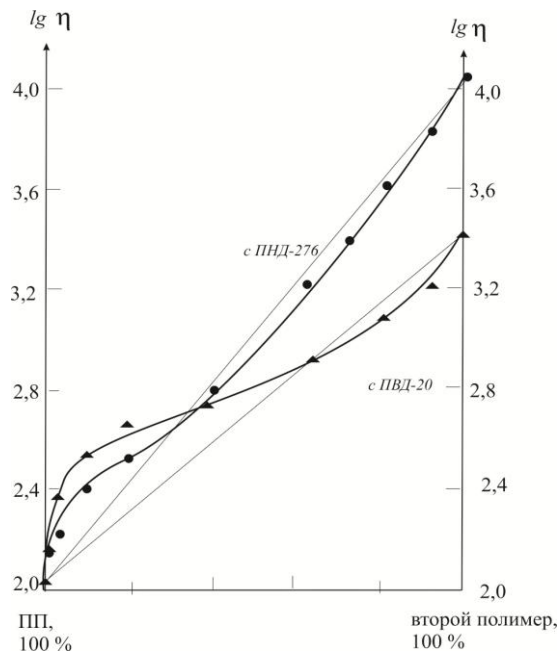


Рис. 10. Зависимость динамической вязкости композиции на основе ПП с ПВД-20 и ПВД-276 от соотношения полимеров в смеси.

Данные относительной реометрии (значения максимального крутящего момента и ПТР) коррелируют со значениями абсолютной реометрии. Из рис. 9 и 10 видно, что добавление второго полимера в общем случае приводит к повышению значений вязкости относительно аддитивных значений, что свидетельствует о взаимодействии компонентов композиции друг с другом.

Таким образом, на основании данных абсолютной (значения динамической вязкости) и относительной (анализ пластограмм и значений ПТР) реометрии можно утверждать, что во всех изученных случаях, а именно, для смесей вторичного ПП

с СВМПЭ, СКЭПТ, ПВД-20 и ПВД-276 в зависимости от соотношения компонентов в смеси значения вязкости могут лежать как выше, так и ниже аддитивных значений. Данный факт должен быть учтен при составлении рецептур композиций на основе двух полимеров, поскольку повышенные значения вязкости в существенной мере затрудняют переработку и могут привести к браку.

*Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы в ФГБОУ ВО «Бакирский государственный университет» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор №03.G25.31.0275).*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Makio H., Fujita T. Polyolefins – Challenges for the Future // 14<sup>th</sup> Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress. Singapore, February 21–24, 2012. P. 760–765.
2. Karian H. G. Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites, Revised and Expanded. Boca Raton: CRC Press, 2003. 576 p.
3. Blom H. P., The J. W., Bremner T., Rudin A.J. // Polymer. 1998. №39. P. 4011–4022.
4. Tai C. M., Li R. KY., Ng C. N. // J. Polymer testing. 2000. №2. P. 143–145.
5. Shibryaeva L. S., Popov A. A., Zaikov G. E. Thermal Oxidation of Polymer Blends. Leiden, Boston: VSP, 2006. 248 p.
6. Jose S., Aprem A. S., Francis B. et al. // Eur. Polym. J. 2004. №9. P. 2105–2115.
7. Utracki L. A. Commercial polymer blends. London: Chapman and Hall, 1998. 658 p.
8. Doroudaini S., Park C. B., Kortschot M. T. // Polym Eng Sci. 1998. №7. P. 1205–1215.
9. Radsch H-J., Ding J. Compatibilization of heterogeneous polymer mixtures from the plastics waste streams. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
10. Utracki L. A. Role of polymer blends technology in polymer recycling. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

*Поступила в редакцию 20.07.2018 г.*

**THE STUDY OF INFLUENCE OF THE RATIO OF MIXED POLYMERS  
ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WORKABILITY  
OF SECONDARY POLYPROPYLENE IN A COMPOSITION**

© R. Yu. Lazdin, A. R. Sadritdinov, V. V. Chernova,  
A. S. Shurshina, V. P. Zakharov\*

*Bashkir State University  
32 Zaki Validi Street, 450076 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

*Phone: +7 (347) 272 61 05.*

*\*Email: zaharovvp@mail.ru*

In the present work, polymeric compositions based on mixed polymers are studied. As a basis for creation of polymeric compositions, the mixes of the most widespread large-capacity polyolefin – secondary polypropylene were used with the following polymers: 1) ultra-high molecular weight polyethylene (UHMW PE); 2) synthetic rubber of ethylene-propylene (EPDM); 3) secondary polyethylene of low pressure LDPE-276; 4) secondary polyethylene of high pressure HDPE-20. Receiving of composites were carried out in a melt at the laboratory station “PlastographEC” (Brabender, Germany) during 15 minutes at load 200 N and temperature of 180 °C. Polymeric compositions were studied by the method of the relative and absolute rheometry. On the basis of the data of absolute (values of dynamic viscosity) and relative (analysis of plastograms and values of MFI) rheometry, the authors claimed that in all studied cases (namely, mixes of secondary polypropylene with UHMW PE, EPDM, HDPE-20, and LDPE-276) value of viscosity can lie above and below additive values, depending on the ratio of mixed components. This fact has to be considered in drawing up compounding for compositions based on two polymers, as the increased values of viscosity makes processing complicated and can lead to defects.

**Keywords:** secondary polymers, polymeric composites, polymer blends, rheometry, processing.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin\_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

## REFERENCES

1. Makio H., Fujita T. 14th Asia Pacific Federation of Chemical Engineering Congress. Singapore, February 21–24, 2012. Pp. 760–765.
2. Karian H. G. Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites, Revised and Expanded. Boca Raton: CRC Press, 2003.
3. Blom H. P., The J. W., Bremner T., Rudin A.J. Polymer. 1998. No. 39. Pp. 4011–4022.
4. Tai C. M., Li R. KY., Ng C. N. J. Polymer testing. 2000. No. 2. Pp. 143–145.
5. Shibryaeva L. S., Popov A. A., Zaikov G. E. Thermal Oxidation of Polymer Blends. Leiden, Boston: VSP, 2006.
6. Jose S., Aprem A. S., Francis B. et al. Eur. Polym. J. 2004. No. 9. Pp. 2105–2115.
7. Utracki L. A. Commercial polymer blends. London: Chapman and Hall, 1998.
8. Doroudaini S., Park C. B., Kortschot M. T. Polym Eng Sci. 1998. No. 7. Pp. 1205–1215.
9. Radusch H-J., Ding J. Compatibilization of heterogeneous polymer mixtures from the plastics waste streams. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
10. Utracki L. A. Role of polymer blends technology in polymer recycling. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

*Received 20.07.2018.*