

***В. Л. АВРАМЕНКО, О. В. БЛИЗНЮК, Л. П. ПІДГОРНА, Г. М. ЧЕРКАШИНА, О. М. РАССОХА,
Т. В. КОЛОМЕЄЦЬ***

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕЦИКЛІНГУ ЗМІШАНИХ ВІДХОДІВ СПОЖИВАННЯ ТЕРМОПЛАСТИВ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ВИРОБІВ НА ЇХ ОСНОВІ В ПРОМИСЛОВІСТЬ

Розроблено технологічно сумісні полімерні композиційні матеріали з керованим комплексом властивостей на основі частково окиснених поліолефінів та полістиролів, рівень властивостей яких не поступається, а в деяких випадках в 1,2-1,4 рази перевищує рівень властивостей композицій на основі кондиційних матеріалів. Виявлено, що вторинні поліетиленові та полістирольні пластики мають менші (у порівнянні з первинними матеріалами) температуру переходу у високоеластичний стан та інтервал в'язкоплинності, меншу стійкість до деформування і, як наслідок, меншу можливість зміни режимів переробки. Порівняння властивостей первинних пластиків та пластиків, що були взяті з відходів споживання, показує, що як поліетилен, так і полістирол у процесі експлуатації зазнають суттєвих змін властивостей. Більшою мірою ці зміни у вторинних матеріалах порівняно з первинними відбуваються в поліетилені (з'являється гель-фракція, ненасичені групи, що вміщують кисень, знижується молекулярна маса та показник плинності розплаву). Вивчено ступінь старіння і пов'язану з ним природно зміну хімічної структури вторинного поліетилену та полістирольних пластиків на властивості композиційних матеріалів. Окрім старіння, значний вплив на перебіг процесів термо - та фотоокиснення має надмолекулярна структура полімерів, яка суттєво впливає на формування комплексу експлуатаційних властивостей виробів. Залежність в'язкості від складу суміші при різних температурах та значенні напруження зсуву, показує, що спостерігається різке зниження в'язкості розплаву, що відбувається у сумішах полімерів в момент, близький до межі сумісності. Виявлено, що застосування лише частково окиснених поліетилену та полістиролу або тільки одного окисненого компоненту (поліетилену або полістиролу) не приводить до суттєвого зростання міцносних характеристик.

Ключові слова: сировина вторинна; полістирол; поліетилен; молекулярна маса; переробка відходів; фізико-механічні властивості.

***В. Л. АВРАМЕНКО, А. В. БЛИЗНЮК, Л. Ф. ПОДГОРНАЯ, А. Н. ЧЕРКАШИНА, А. Н. РАССОХА,
Т. В. КОЛОМЕЄЦЬ***

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЦИКЛИНГА СМЕШАННЫХ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕРМОПЛАСТИВ И ВНЕДРЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Разработаны технологически совместимые полимерные композиционные материалы с управляемым комплексом свойств на основе частично окисленных полиолефинов и полистиролов, уровень свойств которых не уступает, а в некоторых случаях в 1,2-1,4 раза превышает уровень свойств композиций на основе кондиционных материалов. Выведено, что вторичные полиэтиленовые и полистирольные пластики имеют меньшие (по сравнению с первичными материалами) температуру перехода в высокоэластичное состояние и интервал вязкотекучести, меньшую устойчивость к деформации и, как следствие, меньшую возможность изменения режимов переработки. Сравнение свойств первичных пластиков и пластиков, что были взяты из отходов потребления, показывает, что как полиэтилен, так и полистирол в процессе эксплуатации претерпевают существенных изменений свойств. В большей степени эти изменения во вторичных материалах по сравнению с первичными происходят в полиэтилене (появляется гель-фракция, ненасыщенные группы, содержащие кислород, снижается молекулярная масса и показатель текучести расплава). Изучена степень старения и связанную с ним естественные изменения химической структуры вторичного полиэтилена и полистирольных пластиков на свойства композиционных материалов. Кроме старения, значительное влияние на ход процессов термо - и фотоокисления имеет надмолекулярная структура полимеров, которая существенно влияет на формирование комплекса эксплуатационных свойств изделий. Зависимость вязкости от состава смеси при различных температурах и значении напряжения сдвига, показывает, что наблюдается резкое снижение вязкости расплава, что происходит в смесях полимеров в момент, близкий к пределу совместимости. Выведено, что применение лишь частично окисленного полиэтилена и полистирола или только одного окисленного компонента (полиэтилена или полистирола) не приводит к существенному росту прочностных характеристик.

Ключевые слова: вторичное сырье; полистирол; полиэтилен; молекулярная масса; переработка отходов; физико-механические свойства.

***V. L. AVRAMENKO, O. V. BLIZNYUK, L. F. PODGORNAYA, A. N. CHERKASHINA, A. N. RASSOHA,
T. V. COLOMEC***

INVESTIGATION OF RECYCLING PROCESSES OF MIXED WASTE OF CONSUMPTION OF THERMOPLASTICS AND INTRODUCTION OF PRODUCTS ON THEIR BASIS IN INDUSTRY

Developed technologically compatible polymer composite materials with controlled properties on the basis of partially oxidized polyolefins and polystyrene, the level of properties which is not inferior, and in some cases 1.2-1.4 times higher than the level of properties of compositions on the basis of certified materials. Revealed that the secondary polyethylene and polystyrene plastics have smaller (in comparison with primary materials) the junction temperature in the highly elastic state and the interval of basketcount less resistance to deformation and, consequently, less ability to change modes of processing. Comparison of properties of primary plastics and plastics that were taken from the waste of consumption, shows that both polyethylene and polystyrene in the process of operation undergo significant property changes. To a greater extent these changes in the secondary materials compared to primary occur in the polyethylene (a gel-fraction, unsaturated the group consisting of oxygen, decreases the molecular weight and the melt flow rate). Studied the degree of aging and related natural changes of the chemical structure of recycled polyethylene and polystyrene plastics on the properties of composite materials. In addition to aging, a significant impact on the processes of thermo - and photo-oxidation has a supramolecular structure of polymers, which significantly influences the formation of a complex of operational properties of products. The dependence of viscosity of the mixture at different temperatures and the value of shear stress shows that there is a sharp decrease of melt viscosity that occurs in mixtures of polymers in a time close to the limit of compatibility. Reveals that the use of only partially oxidized polyethylene and polystyrene oxidized, or only one component (polyethylene or polystyrene) does not lead to a substantial increase in the strength characteristics.

Key words: secondary raw materials; polystyrene; polyethylene; molecular weight; waste processing; physical and mechanical properties.

Вступ. На сьогодні проблема регенерування пластмасових відходів стає все більш актуальною, особливо у зв'язку з дедалі більшим дефіцитом первинної полімерної сировини та необхідністю захисту навколишнього природного середовища. Необхідність зменшення відходів з потенційним ризиком утворення шкідливих речовин, у тому числі й діоксинів, питання раціонального використання земельних ресурсів, значне підвищення цін на первинну полімерну сировину, а також пов'язані з цим екологічні проблеми змушують активізувати розробки з регенерування відходів пластмас [1-3].

За даними дослідних і промислових зборів в Україні за складом виробів, що утворюють змішані відходи використання складаються з 0,42 млн. т поліолефінів, 0,13 млн. т полістиролу, з 0,07 млн. т полівінілхлориду та з 0,03 млн. т інших полімерів [2]. Таким чином, поліолефіни та полістирол зі змішаних відходів використання пластмас є найбільш вагомим та перспективним джерелом вторинної полімерної сировини. Оскільки потреба у полімерній сировині постійно збільшується, регенерування вторинних полімерів змішаних відходів споживання є актуальною і важливою з господарської, економічної та екологічної точок зору.

Мета роботи. Метою досліджень є розробка науково-технічних основ отримання композиційних матеріалів на основі поліолефінової і полістирольної сировини як найбільш поширеної у змішаних відходах споживчих пластмас.

Методика проведення експерименту.

Фізико-механічні властивості зразків матеріалів визначали за стандартними методиками. Ступінь окиснення зразків оцінювали методом ІЧ спектроскопії. Атмосферостійкість визначали на стенді, виконаному за ДСТ 17171. Структурні дослідження – на мікроскопі МБІ - 6. Вміст гель-фракції, виявлення молекулярної маси, функціонального складу вторинних полімерів визначали за стандартними методиками. Термомеханічні криві знімали на автоматичній установці Каргіна-Гейтельбаума та приладі ПТБ - 1 - ПЖ. Термографічні дослідження виконувались на дериватографі системи "Паулік - Паулік і Ердей". Рентгеноструктурний аналіз проводили на установці УРС - 50 - ІМ. Динамічні дослідження та вивчення тангенсу кута механічних втрат, а також реальної частини динамічного модуля зсуву методом вимушених резонансних коливань в інтервалі власних частот 20 – 200 Гц. Реологічні характеристики визначали на капілярному віскозиметрі типу "Інстрон 1121". Визначення опору при розшаруванні та опір роздиру здійснювали за стандартними методиками.

Об'єктами досліджень служили змішані відходи споживання, які утворюються в побуті і вивозяться як тверді побутові відходи комунальним підприємством КП «Вода» (м.Харків). До них відносяться відходи поліолефінів і полістирольних пластиків.

Як модифікуючі добавки використовували синтетичні каучуки, термоеластоласти, алкілоламіди, синтетичний алюмосилікат (цеоліт) та суміші стабілізаторів [4].

Результати експерименту та їх обговорення.

У роботі розроблено технологічно сумісні полімерні композиційні матеріали з керованим комплексом властивостей на основі частково окислених поліолефінів та полістиролів, рівень властивостей яких не поступається, а в деяких випадках в 1,2 - 1,4 рази перевищує рівень властивостей композицій на основі кондиційних матеріалів.

На першому етапі досліджень (табл. 1) оцінено властивості поліетилену та полістирольних пластиків змішаних відходів споживчаних у порівнянні з первинними матеріалами та встановлено відмінні властивості композицій на основі відходів та первинних матеріалів.

Таблиця 1 – Схема досліджень властивостей поліетилен-полістирольних композицій змішаних відходів споживчих пластмас

Компоненти композиції	Види досліджень	Склад досліджуваних композицій
Змішані відходи споживчих пластмас: ПЕ, ПС	1. Вивчення відмінних особливостей поліетилену та полістирольних пластиків змішаних відходів споживання порівняно з первинними матеріалами	ПЕ – ПЕ _{перв} ПС – ПС _{перв}
Первинні матеріали ПЕ _{перв} ПС _{перв}	2. Дослідження властивостей композицій на основі поліетилену та полістирольних пластиків змішаних відходів споживчих пластмас та їх переваги порівняно з композиціями на основі первинних поліетилену та полістиролу на реально існуючих та модельних системах	ПЕ + ПС ПЕ _{перв} + ПС _{перв} ПЕ _{перв} + ПС ПЕ + ПС _{перв}
	3. Розробка композицій на основі поліетилену та полістирольних пластиків змішаних відходів споживчих пластмас з поліпшеним комплексом експлуатаційних властивостей	ПЕ + ПС + каучук ПЕ + ПС + ТЕП ПЕ + ПС + стабілізатор ПЕ + ПС + цеоліт
	4. Розробка технології отримання композицій на основі поліетилену та полістирольних пластиків змішаних відходів споживчих пластмас	ПЕ + ПС + доданки

Виявлено, що вторинні поліетиленові та полістирольні пластики (рис. 1, 2) мають менші (у порівнянні з первинними матеріалами) температуру переходу у високоеластичний стан та інтервал в'язкоплинності, меншу стійкість до деформування і, як наслідок, меншу можливість зміни режимів переробки. У зв'язку з цим для додання матеріалам поліпшеного комплексу властивостей надається перевага створенню на їх основі композиційних матеріалів. рівень властивостей

таких матеріалів суттєво залежить від їх передісторії. Порівняння властивостей первинних пластиків та пластиків, що були взяті з відходів споживання, показує, що як поліетилен, так і полістирол у процесі експлуатації зазнають суттєвих змін властивостей. Більшою мірою ці зміни у вторинних матеріалах порівняно з первинними відбуваються в поліетилені (з'являється гель-фракція, ненасичені групи, що вміщують кисень, знижується молекулярна маса та показник плинності розплаву).

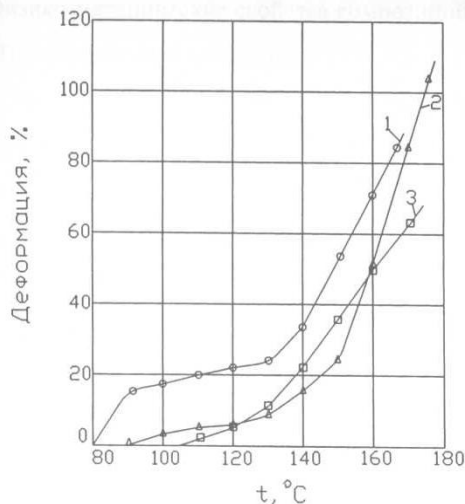


Рисунок 1 – Термомеханічні криві первинного полістиролу та полістиролу змішаних відходів споживчих пластмас: 1 – полістирол ударотривкий первинний; 2 – полістирол блочний первинний; 3 – полістирол змішаних відходів споживчих пластмас

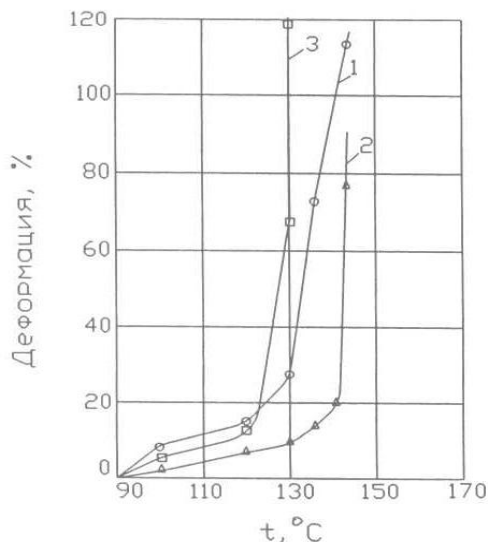


Рисунок 2 – Термомеханічні криві первинного поліетилену та полістиролу змішаних відходів споживчих пластмас: 1 – поліетилен низької густини первинний; 2 – поліетилен високої густини первинний; 3 – поліетилен змішаних відходів споживчих пластмас

Безпосередня переробка відходів у вторинні матеріали призводить до низької якості виробів на їх основі. Крім того, різноманіття видів вторинної

сировини (плівки, тонкостінні вироби, тара, упаковка тощо) ускладнює добір обладнання процесу розділення термопластів за видами та підвищує вартість кінцевого продукту.

У процесі досліджень з'ясувалося, що недоцільно обмежуватись співвідношенням компонентів композицій на основі поліетилену та полістиролу змішаних відходів споживчих пластмас тільки їхнім складом у відходах, а тому вивчено широкі зони складу з метою виявлення внеску кожного компоненту у властивості матеріалів, що одержуються, та вивчення специфіки взаємодії компонентів в системі.

Вивчено ступінь старіння і пов'язану з ним природню зміну хімічної структури вторинного поліетилену та полістирольних пластиків на властивості композиційних матеріалів.

Вивчення оптимальної кількості груп, що містять кисень та значень молекулярної маси, як визначальних характеристик процесів окиснення, дозволили дійти висновку, що для досягнення високого рівню властивостей композиційних матеріалів на основі поліетилену і полістиролу необхідні: такі речовини для поліетилену, що кількість груп, які містять кисень, 0,50 – 2,50 % і середня молекулярна маса 50000 – 25000, а для полістиролу – 0,26 – 1,00 % і 250000 – 100000 відповідно.

Виявлено, що застосування лише частково окиснених поліетилену та полістиролу або тільки одного окисненого компоненту (поліетилену або полістиролу) не приводить до суттєвого зростання міцносних характеристик. Указаний рівень окиснення збільшує спорідненість полімерів один з одним та стабілізує властивості композицій на їх основі. Окиснення понад вказані межі призводить до глибокої деструкції полімерів, що значно знижує рівень експлуатаційних властивостей композиційних матеріалів.

Хоча хімічні перетворення в полімерах у процесі старіння є вагомими, однак не єдиними причинами змін експлуатаційних властивостей матеріалів. Окрім старіння, значний вплив на перебіг процесів термо- та фотоокиснення має надмолекулярна структура полімерів, яка суттєво впливає на формування комплексу експлуатаційних властивостей виробів. Структуру досліджували на зрізі за допомогою мікроскопу.

Виявлено, що застосування лише частково окиснених поліетилену та полістиролу або тільки одного окисненого компоненту (поліетилену або полістиролу) не приводить до суттєвого зростання міцносних характеристик. Указаний рівень окиснення збільшує спорідненість полімерів один з одним та стабілізує властивості композицій на їх основі. Окиснення понад вказані межі призводить до глибокої деструкції полімерів, що значно знижує рівень експлуатаційних властивостей композиційних матеріалів.

Хоча хімічні перетворення в полімерах у процесі старіння є вагомими, однак не єдиними причинами змін експлуатаційних властивостей матеріалів. Окрім старіння, значний вплив на перебіг процесів термо-

та фотоокиснення має надмолекулярна структура полімерів, яка суттєво впливає на формування комплексу експлуатаційних властивостей виробів. Структуру досліджували на зрізі за допомогою мікроскопу.

Проведено фізико-механічне дослідження властивостей поліетилен-полістирольних композицій різного складу. З аналізу даних (табл. 2) видно, що найбільш раціональними (з точки зору рівня вагомих величин деформації ударної в'язкості) є композиції з переважним вмістом поліетилену.

Вони являють собою практичний інтерес як композиції, що реально існують у змішаних відходах споживчих пластмас.

З точки зору формування структури полімерних систем одним із важливих факторів є умови переробки матеріалів [5,6].

Таблиця 2 – Залежність фізико-механічних характеристик поліетилен-полістирольних композицій від складу

Склад композиції, %	Руйнівне напруження при розтягуванні, МПа	Відносне подовження при розриві, %	Руйнівне напруження при згині, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
ПЕ	11,6	137	4,0	НР
98 ПЕ + 2 ПС	12,6	75	6,7	НР
95 ПЕ + 5 ПС	12,4	61	8,6	НР
90 ПЕ + 10 ПС	11,0	34	11,3	НР
85 ПЕ + 15 ПС	10,7	28	14,6	НР
80 ПЕ + 20 ПС	8,9	22	17,6	НР
20 ПЕ + 80 ПС	30,8	8	47,2	3,0
15 ПЕ + 85 ПС	35,2	8	58,1	5,8
10 ПЕ + 90 ПС	47,2	8	69,2	6,3
5 ПЕ + 95 ПС	48,3	8	74,0	6,8
2 ПЕ + 98 ПС	51,2	8	86,0	7,2
ПС	52,4	8	87,0	7,6

Примітка НР — руйнується

У зв'язку з тим, що на цей час відсутні теорія, яка б дозволяла кількісно пов'язати вихідні параметри переробки композиційних матеріалів з в'язкопружними властивостями сумішей полімерів, досліджувалися залежності в'язкості від напруження зсуву, швидкості зсуву та температури. Виявлено, що підвищення температури та деформації призводить до руйнування асоціатів, і течія композиційного матеріа-

лу набуває однорідного характеру (рис. 3). Реологічні властивості розплавів сумішей поліетилену та полістиролу змішаних відходів споживання пластмас (рис. 3) дозволяють встановити технологічні параметри процесу переробки для досягнення необхідного ступеню диспергування компонентів, а саме $t = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\lg \eta = 6,0\text{--}6,4$ Па.

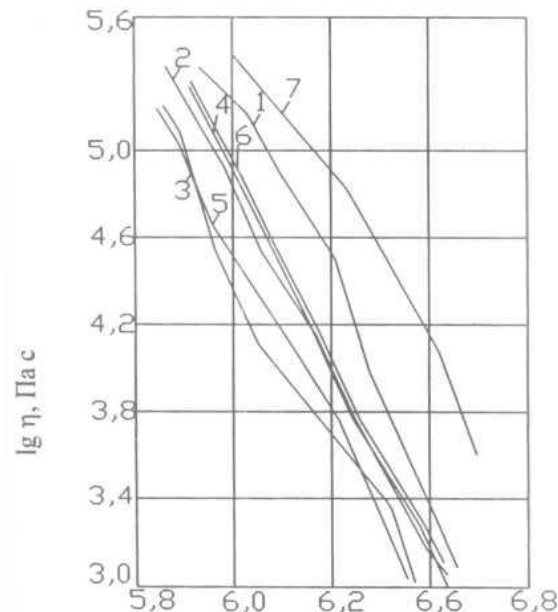


Рисунок 3 – Залежність в'язкості від напруження зсуву при малому вмісті полістиролу ($T=190\text{ }^{\circ}\text{C}$)
1 – ПЕ вих, 2 – 98 % ПЕ + 2 % ПС, 3 – 95 % ПЕ + 5 % ПС,
4 – 90 % ПЕ + 10 % ПС, 5 – 85 % ПЕ + 15 % ПС,
6 – 80 % ПЕ + 20 % ПС, 7 – ПС вих

Залежність в'язкості від складу суміші при різних температурах та значенні напруження зсуву, показує, що спостерігається різке зниження в'язкості розплаву, що відбувається у сумішах полімерів в момент, близький до межі сумісності.

Дослідження температурної залежності дійсної та уявної складових модулю пружності, температурної залежності тангенсу кута механічних втрат, розрахованих за даними цих залежностей лінійного розширення в процесі склування та температурної залежності приведенної дійсної складової модулю пружності (температура приведення – температура склування поліетилену) підтверджує висновок про те, що у діапазоні малих концентрацій полістиролу (2, 5, 10 %), композицій не виявляють явних аномалій. Полістирол не утворює безперервної фази в матриці поліетилену, що характеризує ці композиції як гетерогенні матеріали, які мало розшаровуються.

Проведено дослідження з метою отримання матеріалів з високим рівнем властивостей з суміші відходів найбільш ймовірних співвідношень при допомозі введення модифікуючих доданків в композиційні матеріали.

Вивчено вплив на властивості сумішей на основі вторинних поліетилену та полістиролу у всій області складів модифікуючих доданків різної функціональної дії: стеарату кальцію (StCa), пероксиду дикумі-

лу (ПДК), полібутадієнового каучуку (ПБК) та модифікуючих доданків, які раніше не використовувались.

Для поліетилен-полістирольних композицій з переважним вмістом полістирольної складової хороший диспергуючий ефект досягається при введенні StCa. Введення в композицію 0,5 % StCa приводить до отримання дрібнодиспергованої однорідної структури за рахунок покращення дисперсності компонентів композиції в системі.

Ефективним напрямком модифікування є введення до композиції еластомерних доданків (каучуків, термоеластоластів) та цеоліту. Найкращі результати досягаються при поєднанні модифікаторів з різним функціональним призначенням [7].

Дослідженнями встановлено, що найбільш доцільним виявився комплексний модифікований доданок – блок-кополімер, що містить бутадієнові та стирольні ланки, які за своєю кінетичною природою найбільш близькі до компонентів цієї композиції та алкілоламіди.

При введенні доданків або їх суміші до поліетилен-полістирольної композиції відбувається збли-

ження в'язкості розплавів компонентів композиції, зменшення поверхневого натягу на межі фаз та хімічна взаємодія усіх компонентів композиції, що здійснюється між хімічно-активними групами, подвійними зв'язками блок-кополімеру, групами, що містять кисень (які були окиснені у процесі експлуатації поліетилену та полістиролу), в результаті чого підвищується міцність, відносне видовження при розриві та ударна в'язкість (табл. 3).

Застосування модифікованих доданків різного функціонального призначення (диспергуючі агенти, еластомери, зшивальні агенти, ПАР, наповнювачі тощо) робить можливим одержання композиційних матеріалів з поліпшеним комплексом експлуатаційних властивостей та дозволяє здійснювати регулювання у широкому діапазоні. Це підтверджує зроблений раніше висновок про те, що композиційні матеріали зі вторинної сировини є повноцінним матеріалом і можуть знайти широке застосування в процесі рециклінгу [8–10].

Таблиця 3 – Властивості поліетилен-полістирольних композицій, модифікованих термоеласто-пластом і алкілоламідом

Склад композиції, %				Руйнівне напруження при розтягуванні, МПа	Відносне подовження при розриві, %	Ударна в'язкість, кДж/м ²
ПЕ	ПС	Термоеластоласт	Алкілоламід			
80,0	20	–	–	8,9	22	НР
76,9	20	3	0,1	10,0	70	НР
76,7	20	3	0,3	10,2	80	НР
76,5	20	3	0,5	9,6	76	НР
72,9	20	7	0,1	12,4	96	НР
72,7	20	7	0,3	13,2	115	НР
72,5	20	7	0,5	11,0	108	НР
70,0	30	—	—	15,3	16	29
64,9	30	5	0,1	20,4	24	39
64,7	30	5	0,3	20,1	27	34
64,5	30	5	0,5	28,5	32	34

Примітка НР — руйнується

Застосування модифікованих доданків різного функціонального призначення (диспергуючі агенти, еластомери, зшивальні агенти, ПАР, наповнювачі тощо) робить можливим одержання композиційних матеріалів з поліпшеним комплексом експлуатаційних властивостей та дозволяє здійснювати регулювання у широкому діапазоні. Це підтверджує зроблений раніше висновок про те, що композиційні матеріали зі вторинної сировини є повноцінним матеріалом і можуть знайти широке застосування в процесі рециклінгу [8–10].

На основі проведених досліджень виготовлена дослідна партія полімерного композиційного матеріалу на основі сумішей вторинних поліетиленів і полістирольних пластиків.

Дослідна партія виготовлялася на обладнанні заводу «Харпластмас».

Вторинні полімери і необхідні доданки змішували механічним шляхом в холодному змішувачі.

Після механічного змішування одержану суміш змішували і гранулювали на екструзійній лінії грануляції. Одержані стренги подрібнювали. Маса дослідної партії 100 кг.

Одержаний матеріал використовували для виробництва кришок люків оглядових колодязів для виробничих умов КП «Вода».

Кришки виготовлялися на технологічній лінії ЗАТ «Харпластмас» екструзійно-пресовим методом.

На ряд кришок, виготовлених з розроблених компаундів було нанесено захисне атмосферостійке покриття.

Одержані за такою технологією кришки піддавались випробуванням в незалежних лабораторіях, які

визначались підприємством КП «Вода».

Результати випробувань показали, що виготовлені в описаних вище умовах кришки витримували статичне навантаження 2500-18000 кг і тиску пресу 8-57 кг/см², що дозволяє використовувати їх не тільки в пішохідних шляхах, але й на проїжджій частині доріг.

З одержаних композицій були виготовлені також корпуси люків колодязів, а також решітки зливної каналізації. Результати роботи захищені патентом України на винахід [11,12].

Робота нагороджена дипломом і Золотою медаллю Міжнародного салону винаходів і нових технологій «Новое время» (2012 р.).

На базі наукових розробок кафедрою розроблено технологічний регламент виробництва корпусів і кришок люків оглядових колодязів, а також технічні умови на вказані вироби для підприємства КП «Вода».

Висновки. Розроблено технічно-сумісні полімерні композиційні матеріали з керованим комплексом властивостей. Встановлено особливості взаємодії в системі вторинний поліолефіни – вторинний полістирол, зв'язані зі зміною хімічної структури полімерів у процесі старіння.

Виявлено характерні особливості властивостей вторинної поліолефінової та полістирольної сировини, її відмінності від композиційних матеріалів і показано доцільність створення композиційних матеріалів на основі вторинних полімерів як з економічної, так і з екологічної точок зору.

Вивчено фізико-механічні, технологічні властивості композицій на основі ПЕ та ПС пластиків – змішаних відходів споживчих пластмас, які у порівнянні з композиційними матеріалами на основі кондиційних полімерів не поступаються їм, а в деяких випадках у 1,2-1,4 рази перевищують їх за рівнем властивостей, проведено оптимізацію математичної моделі з використанням узагальненої функції бажаності.

Вивчено властивості ПЕ-ПС композицій в зоні малого вмісту полістиролу, як найбільш реально наявних у змішаних відходах споживчих пластмас. Показано, що на основі цих композицій можливе отримання малозбіжних матеріалів та виробів з точною геометрією розмірів.

Проведено дослідно-промислове випробування результатів дослідження. Визначено можливість виробництва товарів широкого вжитку методами екструзії та лиття під тиском, які відповідають вимогам, що висуваються до них щодо зовнішнього вигляду, формованості та міцностних показників.

Список літератури

1. *Бабаев В.Н.* Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города/ *Бабаев В.Н., Горох Н.П., Коваленко Ю.Х. и др.* - Харьков, 2004, 375 с.

2. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологи, практика./ Пер. с англ.-СПб: Научные основы и технологи, 2012.-640 с.
3. Черкашина Г.М., Рассоха О.М. Полимерні композиції на основі вторинного поліпропілену.-Збірник наукових праць, випуск 1(33),ч.8, 2018 р, с.125-131.
4. Аверко-Антонович Л. А., Аверко-Антонович Ю. О., Давлетбаева И.М., Кирпичников П.А. Химия и технология синтетических каучуков.-М., Колос, 2008-359 с.
5. Суберляк О. В. Технология переработки полимерных та композиционных материалов: учебник/ О.В. Суберляк, П.И. Баштанник.-Львів: Растр-7.2015.-456 с.
6. *Гетьманчук Ю.П.* Хімія високомолекулярних сполук/ *Гетьманчук Ю.П., Братишак М.М.* - Львів, В-во НУ «Львівська політехніка», 2008, 457 с.
7. Кандырин К.Л. Основы материаловедения эластомерных материалов. Учебное пособие-МИТХТ, 2001.-104 с.
8. Штарке Л. Использование промышленных и отходов пластмасс./Пер. с нем. под. ред. В.А. Брагинского.-Л., Химия, 1987.
9. Вольфсон С.И. Динамически вулканизированные термоэластопласты: получение, переработка, свойства.-М.: Наука, 2004. – 173 с.
10. Меллой Р. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением./Пер. с англ. под. ред. В.А. Брагинского.- М.Химия, 2006. – 512 с.
11. Подгорная Л.Ф., Черкашина А.Н., Коринько И.В. Материалы 9 Международной н-т интернет конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве».-Харьков, 2008, с. 25–27.
12. Патент №98710. Полимерна композиція./ В.Л. Авраменко, А.В. Близнюк, А.Н. Черкашина, Д.А. Мишуров, А.В. Григоренко, 2012.

References (transliterated)

1. Babayev V.N. Polymer waste in the city's utilities / Babayev VN, Ghorok N.P., Kovalenko Yu.H. and others - Kharkiv, 2004, 375 p.
2. Shayers J. Recycling of plastics: science, technology, practice. / Per. from the English-SPb: Scientific Foundations and Technologists, 2012.-640 p.
3. Cerkashina G.M., Rassokha OM Polymeric compositions based on secondary polypropylene.-Collection of scientific works, Issue 1 (33), p.8, 2018, p.125-131.
4. Averk-Antonovich LA, Averk-Antonovich Yu.O., Davletbaeva IM, Kirpichnikov P.A. Chemistry and technology of synthetic rubbers. -M. Kolos, 2008- 359 p.
5. Suberlyak O.V. Technology of processing of polymeric and composite materials: textbook / O.V. Suerlyak, P.I. Bashtanik.-Lviv: Raster-7.2015.-456p.
6. Getmentchuk Yu.P. Chemistry of high-leukular compounds / Hetmanchuk Yu.P., Bratychak M.M. - Lviv, the University of Lviv Polytechnic. 2008, 457 p.
7. Kandyrin K.L. Fundamentals of material science elastomeric materials. Textbook-МИТХТ, 2001.-104 p.
8. Starke L. Use of industrial and plastic waste. / Per. with him under edit VA Braginsky-L., Chemistry, 1987.
9. Wolfson S.I. Dynamically vulcanized thermosetting plastics: obtaining, processing, properties. -M.: Nauka, 2004.-173 p.
10. Melloy R. Design of Plastics Products for Die Casting. / Per. from english under ed..V.A. Braginsky M.-Khimia, 2006-512 p.
11. Podgornaya L.F., Cherkashina AN, Korinko IV Materials of the 9th International Internet-conference "Application of plastics in construction and urban economy".-Kharkiv,2008,p.25-27.
12. Patent №98710.Polymer composition. / V.L. Avramenko AV Bliznyuk, AN Cherkashina, D.A. Mishurov, AV Grigorenko, 2012.

Надійшла (received) 08.09.19

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Авраменко В'ячеслав Леонідович (Авраменко Вячеслав Леонидович, Avramenko Vyacheslav Leonidovich) – кандидат технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», зав кафедри Технології пластичних мас та біологічно активних полімерів, м. Харків, Україна, e-mail: avramenko@kpi.kharkov.ua.

Близнюк Олександр Вікторович (Близнюк Олександр Вікторович, Blyznyuk Aleksandr Viktorovych) - кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології пластичних мас і біологічно активних полімерів; тел .: (050) 964-89-22; e-mail: avb@kpi.kharkov.ua.

Підгорна Лідія Пилипівна (Подгорная Лидия Филипповна, Pidhorna Lidiya Pylypivna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Технології пластичних мас та біологічно активних полімерів, м. Харків, Україна, e-mail: podgornaya@kpi.kharkov.ua.

Черкашина Ганна Миколаївна (Черкашина Анна Николаевна, Cherkashina Hanna Nikolaevna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Технології пластичних мас та біологічно активних полімерів, м. Харків, Україна, e-mail: annikcherkashina@gmail.com.

Рассоха Олексій Миколаевич (Рассоха Алексей Николаевич, Rassokha Olexii Mikolaevich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Технології пластичних мас та біологічно активних полімерів, м. Харків, Україна, e-mail: rassan2000@ukr.net.

Коломієць Тамара Володимірівна (Коломиец Тамара Владимировна, Kolomietz Tamara Volodymirovna) – кандидат технічних наук, приватний підприємець, м. Харків, Україна; e-mail: Kolomietz@gmail.com.