

УДК 544.6.018

**КОСТИЮК І. М., СОВА Н. В., САВЧЕНКО Б. М., ІСКАНДАРОВ Р. Ш.,  
САВЧУК Б. П.**

Київський національний університет технологій та дизайну

**ПОЛІМЕР-ПОЛІМЕРНИЙ КОМПОЗИТ ОТРИМАННИЙ ШЛЯХОМ  
ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПВХ ЛІНОЛЕУМУ**

***Мета.** Розробка технології переробки технологічних змішаних відходів ПВХ лінолеуму шляхом їх сумісного подрібнення та пластикації.*

***Методика.** Визначення ПТР проводили згідно ISO 1133:1997 на капілярному віскозиметрі постійного тиску при температурі  $(190 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  та масі вантажу 2,16 кг. Термостабільність та температура плавлення були визначені на пластографі Hipro RM 200C. Механічні властивості визначали на розривній машині за ASTM D638. Твердість – з використанням твердоміру зі шкалою Шор Д, густина методом гідростатичного зважування на аналітичних вагах RADWAG AS-X2.*

***Результати.** Підібрано устаткування та технологічні режими для подрібнення та пластикації суміші відходів ПВХ/ПЕТФ. Якісне подрібнення змішаних відходів досягається з використанням низькошвидкісного роторного ножового подрібнювача з частотою обертання ротору 300об/хв. Визначено властивості одержаної ПВХ плівки армованої ПЕТФ волокнами. Міцність даної плівки в порівнянні з класичною рецептурою нижча, але при використанні таких матеріалів в композиції можна одержати матеріал з високими фізико-механічними властивостями і, звичайно, добитися максимально безвідходного виробництва, що також позитивно позначиться на економіці підприємства.*

***Наукова новизна.** Вперше розроблено технологію сумісної переробки змішаних відходів ПВХ лінолеуму. Встановлено особливості армування ПЕТФ волокнами матриці з ПВХ при отриманні плівок зі змішаних відходів ПВХ лінолеуму.*

***Практичне значення.** Розроблена технологія дозволяє забезпечити безвідходне виробництво лінолеуму на підприємствах.*

***Ключові слова.** Полівінілхлорид, поліетилентерефталат, змішані відходи, подрібнення, ПВХ плівка.*

**Вступ.** Підосновою для багатьох видів ПВХ лінолеуму є неткане полотно, отримане з ПЕТФ штапельного волокна методом начісування та склеювання, а також жорсткі (VCT - vinyl composition tile) та спінені підоснови. Повторна переробка технологічних відходів такого комбінованого полімерного матеріалу створює ряд труднощів, пов'язаних з великою різницею у температурних діапазонах переробки ПЕТФ та ПВХ та трудоемністю процесів їх розділення.

В світовій практиці для переробки такого типу відходів використовують метод електростатичного розділення [1]. Даний метод розділення суміші ПВХ/ПЕТФ заснований на відмінності їх за поверхневою провідністю, з використанням високовольтного електростатичного сепаратора.

Інший метод - ручне розділення за допомогою пристрою, побудованого за принципом роботи двоїльної машини для шкіри [2].

Селективна пінна флотація ПВХ/ПЕТФ сумішей (selective froth flotation for PVC/PET mixtures) - метод який також розглядався для переробки змішаних відходів виробництва лінолеуму. Це двоступеневий процес - лужної обробки та пінної флотації і вимагає подрібнення полімерного матеріалу до менш ніж 10 мм для підвищення ефективності розділення [3]. Описані методи не дозволяють повністю якісно розділити полімерні шари,

так як при виробництві ПВХ лінолеуму полівінілхлоридна паста при желатинізації міцно з'єднується з нетканим полотном за рахунок великої адгезії пластизолу та проникнення його в шари нетканого полотна. Також дані методи є економічно неефективними та потребують багато часу для розділення.

**Постановка завдання.** Мета роботи полягає у розробці технології переробки змішаних відходів лінолеуму на нетканій основі. Дослідження фізико-механічних властивостей полімер-полімерного композиту (ППК) на основі змішаних відходів ПВХ/ПЕТФ.

**Результати дослідження.** За класичною технологією подрібнення волокна піддаються агломерації. Було розроблено метод переробки змішаних відходів ПВХ лінолеуму, який полягає у сумісній переробці подрібнених відходів без їх розділення. Дослідним шляхом встановлено оптимальні технологічні режими переробки та устаткування.

Першою та найважливішою стадією розробленої технології є подрібнення змішаних відходів з використанням двохроторного шредера та ножового низькошвидкісного роторного подрібнювача "Tria spure grinder 20-15 VL-T" з прямим різом та мінімальною відстанню між ножами – 150 мкм. Подрібнювач оснащений редуктором, двигуном з частотним перетворювачем, сітками 2 та 6 мм [4]. Швидкість обертання ротора 300 об/хв.

За розробленою технологією на першій стадії подрібнення одержуються частинки розміром 6-8 мм, а на другій – 1-2 мм. Довжина ПЕТФ волокон у подрібненій суміші складає до 2 мм. Отримана подрібнена суміш без агломератів ПЕТФ волокон, володіє хорошою сипучістю, яка забезпечується розволокненням матеріалу під час дробіння. Вміст ПЕТФ волокна – 15 % мас. Масу волокнистого наповнювача в суміші визначено методом розчинення ПВХ з суміші в циклогексаноні з подальшим фільтруванням.

Подрібнену суміш дозують в завантажувальний бункер одношнекового екструдера з пазованою зоною завантаження. Для покращення подачі матеріалу використовувався шнековий живильник оснащений частотним перетворювачем для регулювання подачі ПВХ/ПЕТФ суміші [5]. Температурні режими переробки визначено за допомогою пластографа – 170-180°C, з графіку часу гомогенізації та динамічної термостабільності ППК ПВХ/ПЕТФ та класичної композицій (рис.1 та 2) видно, що ППК має вище пікове значення в порівнянні з класичною композицією та довший час плавлення, що ймовірно пов'язано з наявністю ПЕТФ волокон [6].

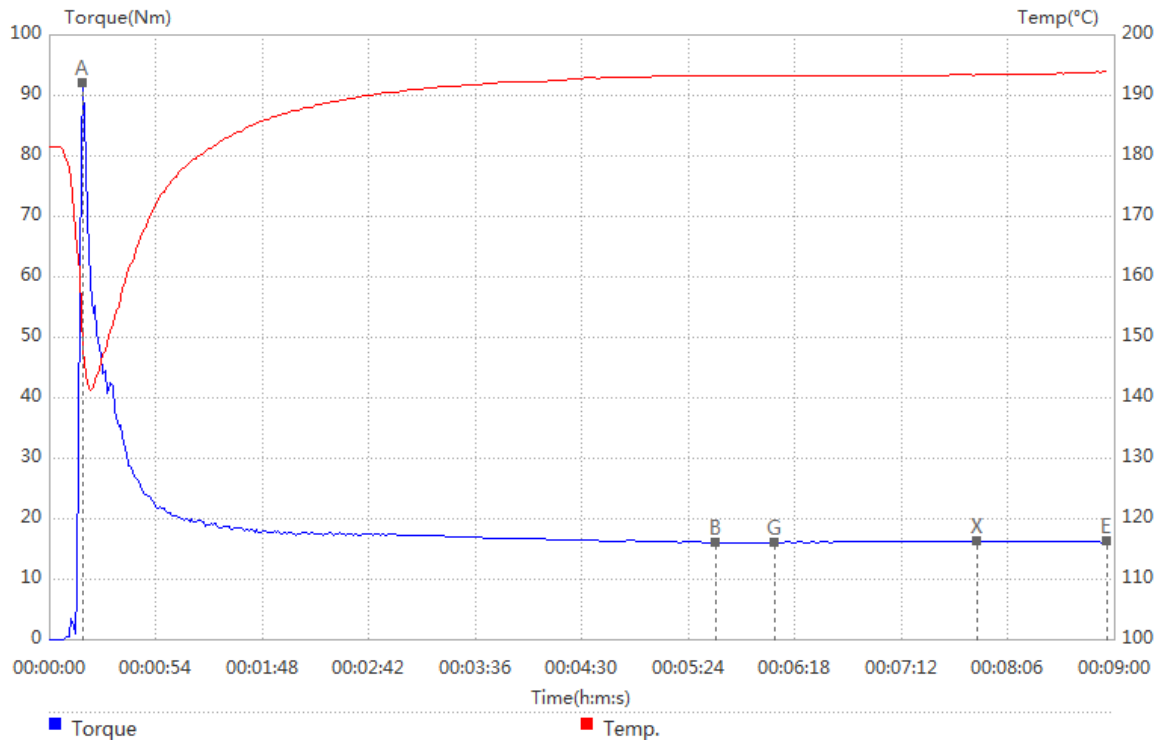


Рис.1. Залежність часу гомогенізації та динамічної термостабільності ПВХ/ПЕТФ композиції: А – пік навантаження; В – мінімальне навантаження; G – точка перегину; X – максимальне навантаження; E – кінець випробування

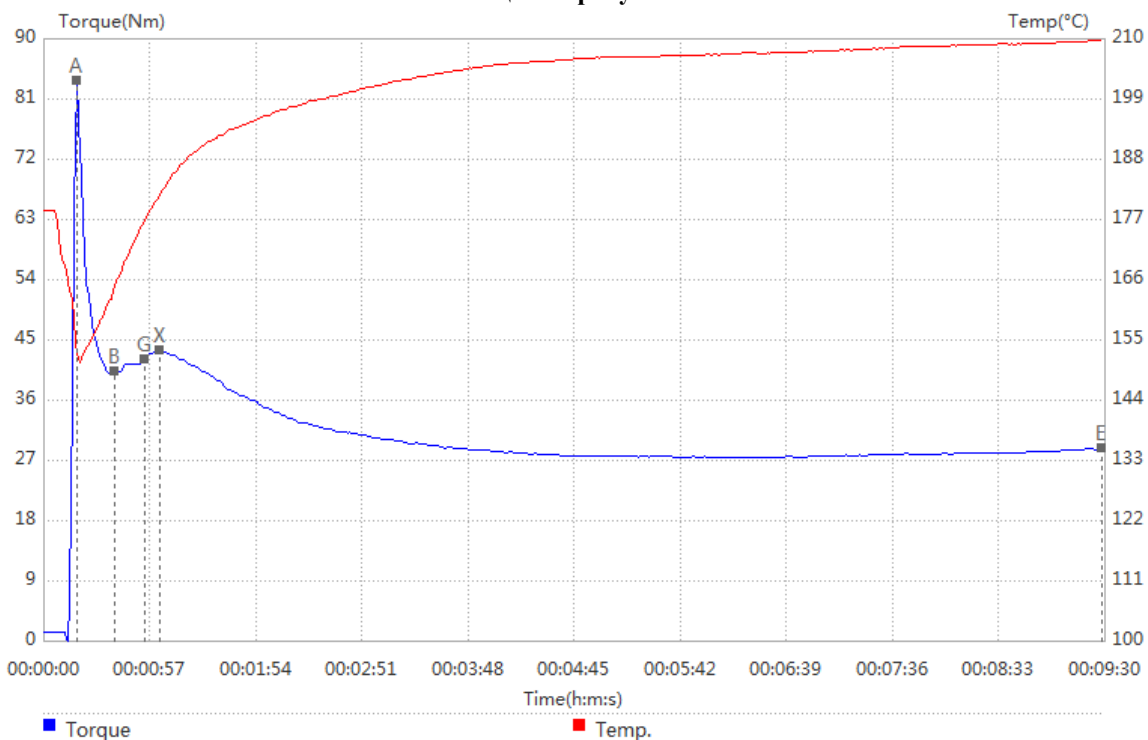


Рис.2. Залежність часу гомогенізації та динамічної термостабільності класичної композиції при: А – пік навантаження; В – мінімальне навантаження; G – точка перегину; X – максимальне навантаження; E – кінець випробування

Швидкість обертів шнека при переробці композиції складала - 30-40 об/хв. на виході з головки екструдера за допомогою витягувального пристрою отримують ПВХ плівку

товщиною 0,8мм, армовану ПЕТФ волокнами (рис. 3). Властивості одержаної плівки наведені в табл.1, параметри переробки полімер-полімерної композиції ПВХ/ПЕТФ – табл. 2, структура – рис.4.

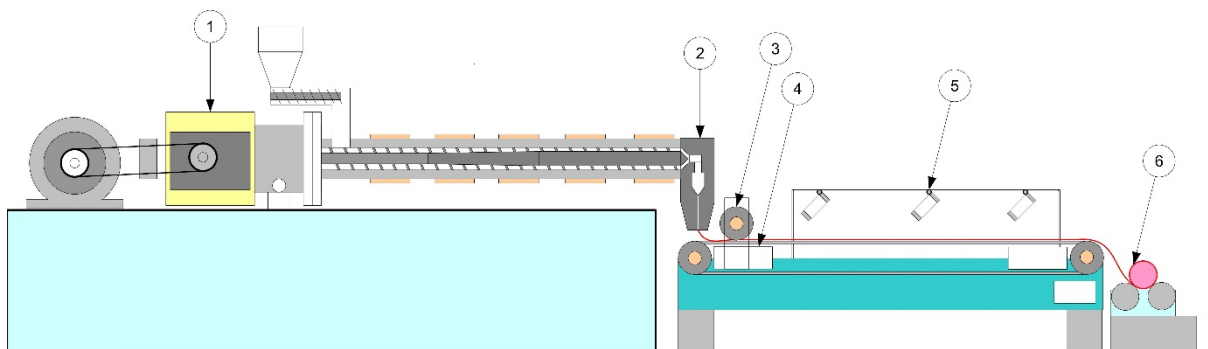


Рис.3. Технологічна схема одержання плівки на основі змішаних відходів ПВХ лінолеуму: 1 – екструдер; 2 – формуюча голівка; 3 – прикатний валок; 4 – транспортувальна стрічка; 5 – зона охолодження; 6 – намотуючий пристрій

Таблиця 1.

**Фізико-механічні властивості одержаної плівки на основі змішаних відходів ПВХ лінолеуму**

№п/п	Властивості	Значення	
		Класична композиція ПВХ	Композиція ПВХ/ПЕТФ
1	ПТР, г/10хв	32,4	0,69
2	Міцність при розриві, МПа	20,27	10,49
3	Відносне видовження, %	22	14
4	Твердість, од по Шор D	38	68
5	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1,35	1,41

Таблиця 2.

**Параметри переробки полімер-полімерної композиції ПВХ/ПЕТФ**

№п/п	Назва	Значення
1	2	3
I	Дроблення	
1	Швидкість обертів ротора, об/хв	300
2	Проміжок між ножами, мкм	150-170
3	Сітка дробарки, d мм	2-6
4	Кут загострення ножів, град.	55+70
II	Екструзія	
1	Діаметр шнека, мм	25
2	Довжина шнека, мм	16
3	Зони нагріву	4
4	Пазована зона завантаження	-
5	Примусове завантаження, об/хв	20-40
6	Швидкість шнека, об/хв	30-40

Продовження таблиці 2.

7	Голівка плоскощільова, мм	80x1			
8	Температури зон нагріву екструдера, °С	I	II	III	IV
		120	180	175	180
9	Тиск розплаву, бар	60-80			
10	Температура розплаву, °С	170-175			

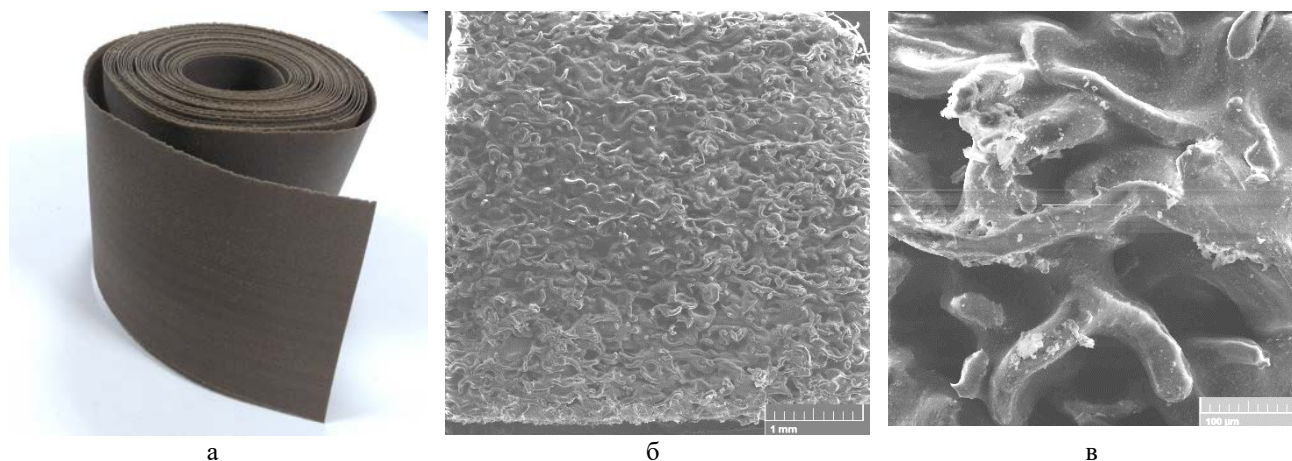


Рис.4. Структура одержаної плівки на основі змішаних відходів ПВХ лінолеуму: а – зовнішній вигляд; б – SEM зі збільшенням 50 раз; в – SEM зі збільшенням 500 раз

За даними результатів дослідження можна відзначити високу твердість та підвищену густину матеріалу в порівнянні з класичною композицією, що пов'язано з наявністю ПЕТФ складової, що має щільність  $1,44 \text{ г/см}^3$ , незважаючи на орієнтацію волокон поліетилентерафталату, міцність матеріалу є нижчою, можливо, через погану адгезію волокон до полімерної матриці, показник текучості розплаву є значно нижчим, але оптимальним для екструзії, показник динамічної термостабільності є значно вищим. Також після процесу пластикації спостерігається хороша якість поверхні з легкою шершавістю, що є перевагою для виготовлення саме поверхонь для технічного застосування.

Одержані плівки можуть застосовуватися як для виготовлення технічного, так і побутового (VCT) покрівельного матеріалу для підлоги, а також для виготовлення багатощарових ПВХ листів.

**Висновки.** Підбрано устаткування для подрібнення та пластикації суміші відходів ПВХ/ПЕТФ. Якісне подрібнення змішаних відходів досягається з використанням низькошвидкісного роторного ножового подрібнювача з частотою обертання ротору 300об/хв. Визначено властивості одержаної ПВХ плівки армованої ПЕТФ волокнами. Міцність даної плівки в порівнянні з класичною рецептурою нижча, але при використанні таких матеріалів в композиції можна одержати матеріал з високими фізико-механічними властивостями і, звичайно, добитися максимально безвідходного виробництва, що також позитивно позначиться на економіці підприємства.

Література

1. Gordan G. Electrostatic separation of pet/pvc mixture / G. Gordan, S. Branko, S. Ivan. // Tehnicki vjesnik. – 2011. – №2. – С. 261–266.
2. Островская А.В. Основы технологии переработки кожи и меха : учеб. Пособие / Г.Г.Лутфуллина, И.Ш. Абдуллин, Казан. нац. исслед. технол. ун-т, А.В. Островская. — Казань :КНИТУ, 2012.-164 с.
3. Plastics – Recycling. 2. Sustainable development. I. Emsley, Alan. II. Hamerton, Ian. III. Title.
4. Шварц О. Переработка пластмасс / изд. Профессия., 2005. – 315 с.
5. Grossman R. Handbook of Vinyl Formulating / Richard Grossman., 2009. – 608 p.
6. Отримання нетканних матеріалів на основі полімерних біосумісних волокон / [О. В. Ішенко, В. П. Плаван, І. О. Ляшок та ін.]. // Вісник КНУТД. – 2017. – №112. – С. 155–161.

References

1. Gordan G. Electrostatic separation of pet/pvc mixture / G. Gordan, S. Branko, S. Ivan. // Tehnicki vjesnik. – 2011. – №2. P. 261–266. [in English]
2. Ostrovskaia A. V. Fundamentals of leather and fur processing technology [*Osnovy tekhnolohyy pererabotky kozhy y mekha : ucheb. Posobyе*] H. H. Lutfullyna, Y. Sh. Abdullyn, Kazan. nats. yssled. tekhnol. un-t, A.V. Ostrovskaia. Kazan :KNYU, 2012.-164 p. [in Russian]
3. Plastics – Recycling. 2. Sustainable development. I. Emsley, Alan. II. Hamerton, Ian. III. Title. [in English]
4. Shvarts O. Pererabotka plastmass / yzd. Professyia. [Plastic processing] 2005. – 315 p.
5. Grossman R. Handbook of Vinyl Formulating / Richard Grossman., 2009. – 608 p. [in English]
6. Ishenko O. V., Plavan V. P., Liashok I. O. Receiving nonwoven materials based on biocompatible polymer fibers [*Otrymannia netkanykh materialiv na osnovi polimernykh biosumisnykh volokon*] [ta in.]. Visnyk KNUU. – 2017. № 112. P. 155–161. [in Ukrainian]

SAVCHENKO BOHDAN

1079@ukr.net

ResearcherID: 56685269800

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8636-5734>

Department of Applied Ecology,  
technology of polymers and chemical fibers  
Kiev National University of Technologies & Design

SOVA NADIYA

djanc@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3550-6135>

Department of Applied Ecology,  
technology of polymers and chemical fibers  
Kiev National University of Technologies & Design

ISKANDAROV RUSLAN

Iskandarov.r.sh@gmail.com

Department of Applied Ecology,  
technology of polymers and chemical fibers  
Kiev National University of Technologies & Design

## ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИТ ПОЛУЧЕННЫЙ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПВХ ЛИНОЛЕУМА

КОСТЮК И. М., СОВА Н. В., САВЧЕНКО Б. М., ИСКАНДАРОВ Р. Ш., САВЧУК Б. П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Разработка технологии переработки технологических смешанных отходов ПВХ линолеума путем их совместного измельчения и пластикации.

**Методика.** Определение ПТР проводили согласно ISO 1133: 1997 на капиллярном вискозиметре постоянного давления при температуре  $(190 \pm 0,5) ^\circ \text{C}$  и массе груза 2,16 кг. Термостабильность и температура плавления были определены на пластографе Hipro RM 200C. Механические свойства определяли на разрывной машине по ASTM D638. Твердость - с использованием твердомера по шкале Шор Д, плотность методом гидростатического взвешивания на аналитических весах RADWAG AS-X2.

**Результаты.** Подобрано оборудование для измельчения и пластикации смеси отходов ПВХ / ПЭТФ. Качественное измельчение смешанных отходов достигается с использованием низкоскоростного роторного ножевого измельчителя с частотой вращения ротора 300 об/мин. Определены свойства полученной ПВХ пленки армированной ПЭТФ волокнами. Прочность данной пленки по сравнению с классической рецептурой ниже, но при использовании таких материалов в

композиции можно получить материал с высокими физико-механическими свойствами и, конечно, добиться максимально безотходного производства, что также положительно скажется на экономике предприятия.

**Научная новизна.** Впервые разработана технология совместной переработки смешанных отходов ПВХ линолеума. Установлены особенности армирования ПЭТФ волокнами матрицы из ПВХ при получении пленок из смешанных отходов ПВХ линолеума.

**Практическое значение.** Разработанная технология позволяет обеспечить безотходное производство линолеума на предприятиях.

**Ключевые слова.** Поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, смешанные отходы, измельчение, ПВХ пленка.

## POLYMER-POLYMER COMPOSITE OBTAINED BY RECYCLING OF VINYL FLOORING MATERIALS

KOSTYUK I. M., SOVA N. V., SAVCHENKO B. M., ISKANDAROV R. SH.,  
SAVCHUK B. P.

*Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Development of technology for the processing of mixed waste of vinyl flooring by their joint milling and plasticization.

**Method.** The determination of the MFI was carried out according to ISO 1133: 1997 on a capillary viscometer with a constant pressure and temperature ( $190 \pm 0.5$ ) ° C and a weight of 2.16 kg. The thermostability and melting temperature were determined on the Hipro RM 200C plastograph. Mechanical properties were determined on a breaking machine according to ASTM D638. Hardness - using a Shore D durometer, hydrostatic weighing density on an analytical balance RADWAG AS-X2.

**Results.** Equipment for milling and plasticization of a mixture of PVC / PET waste was selected. Qualitative milling of mixed waste is achieved by using a low speed rotary knife grinder with rotor speed of 300 rpm. The properties of the reinforced PVC were obtained. The strength of this film compared with the classic recipe is lower but when by using such materials in the composition it is possible to obtain a material with high physical and mechanical properties and achieve maximum non-waste production which will also have a positive effect on the economy of the enterprise.

**Scientific novelty.** The technology for joint processing of mixed vinyl flooring waste was developed for the first time. The features of reinforcing PVC matrix with fibers of a PET was obtained at the receipt of films from mixed vinyl flooring waste.

**Practical significance.** The developed technology allows to provide non-waste production of vinyl flooring at enterprises.

**Keywords.** Polyvinyl chloride, polyethylene terephthalate, mixed waste, milling, PVC film.