

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
**Кафедра екології та природозахисних технологій**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Леонід ПЛЯЦУК  
(підпис)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**  
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-  
професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»

**ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ КОМБІНОВАНИХ**  
**ПОЛІМЕРНИХ ТА ПОЛІАМІНАТНИХ ВІДХОДІВ**

Здобувача групи ТС-01 Савченка Максима Сергійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Максим САВЧЕНКО

Керівник – старший викладач кафедри екології  
та природозахисних технологій,  
кандидат технічних наук

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій СИДОРЕНКО

**Суми – 2024**

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові Савченку Максиму Сергійовичу

Група ТС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології оброблення комбінованих полімерних та поліамінатних відходів.
2. Вихідні дані: довідникові дані та дані з відкритих інформаційних джерел щодо полімерних відходів та управління полімерними відходами.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: презентація.
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – 03.04.2024 р.

Керівник \_\_\_\_\_

асистент, к.т.н Сидоренко С. В.

## АНОТАЦІЯ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.* Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 24 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 62 сторінки, у тому числі 4 таблиці, 13 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

*Мета роботи* – аналіз сучасних технологій оброблення комбінованих полімерних та поліламінатних відходів, визначення їх ефективності та перспектив розвитку. Основні задачі дослідження включають:

- Огляд існуючих методів оброблення полімерних та поліламінатних відходів.
- Аналіз екологічних та економічних аспектів застосування різних технологій.
- Визначення інноваційних підходів до утилізації та переробки відходів.
- Розробка рекомендацій щодо впровадження ефективних технологій на підприємствах.

*Об'єкт дослідження* –комбіновані полімерні та поліламінатні відходи, що утворюються в процесі виробництва та споживання продукції..

*Предмет дослідження* – Предметом дослідження є технологічні процеси їх оброблення, методи утилізації та переробки.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано актуальність і необхідність оброблення комбінованих полімерних та поліламінатних відходів. Обґрунтовано необхідність впровадження ефективних методів утилізації для зниження негативного впливу на довкілля та здоров'я людей.

*Ключові слова:* ПОЛІМЕР, ПОЛІЛАМІНАТ, ВІДХОДИ.



## ВСТУП

Двадцяте століття - століття науково-технічного прогресу. У той період обсяг виробництва зріс більш ніж у сто разів завдяки значному розширенню наукових відкриттів і впровадження їх у новітні технології. Вагомий внесок у нові технології зробили й хімічні та біологічні науки. На базі їхніх відкриттів було створено нові матеріали із синтетичних полімерів, яких раніше не було на Землі. За своїми властивостями ці матеріали настільки гарні, що увійшли буквально в усі сфери життя людини, стали абсолютно незамінними і абсолютно необхідними. На прикладі кількох видів матеріалів можна подивитися, наскільки великий спектр продуктів, що випускаються на їхній основі.

- Поліетилен (1-е місце у світі за обсягом виробництва): плівки і пакети, волокна (мотузки, троси), тара (пляшки, медичний посуд), труби, сифони для сантехніки, іграшки

- Поліпропілен (2-е місце): панелі і бампери для автомобілів, стінки і полиці холодильників, особливо міцний медичний посуд, шприци, ізоляційні матеріали, покриття, посуд

- Поліетилентерефталат (3-е місце): пакувальні пляшки (для напоїв), штучні волокна - поліестер (куртки, колготки, сорочки та ін.), троси кріпильні

- Поліамід: панчохи, шкарпетки, куртки, сорочки, шестерні, втулки, лижі, троси, шланги

- Полівінілхлорид: синтетична шкіра, віконні рами, будівельна фурнітура

- Полістирол: корпуси телефонних апаратів і телевізорів, панелі приладів, меблі, ванни, посуд, іграшки, упаковки, авторучки

- Поліуретан: шланги для ванн, катетери, бампери, ролики, шини, колеса, амортизатори, звукоізоляція, клеї, віконні рами, двері, лижі, підошви взуття

Сьогодні у світі випускається щорічно близько 130 мільйонів тонн пластмас з річним приростом у 10 відсотків. Однак, поряд із позитивними якостями, ці синтетичні продукти мають один суттєвий недолік - вони, на відміну від багатьох природних матеріалів, виконавши свої функції, не знищуються досить швидко під

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата	ТС 20510074					Арк
										5
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

дією світла, тепла, мікроорганізмів, а продовжують існувати у вигляді відходів, що живуть дуже довго, заподіюючи в деяких випадках непоправної шкоди живій природі. Існує також багато інших видів відходів людської життєдіяльності. Переробка та утилізація відходів є складною і багатофакторною екологічною, технологічною та економічною проблемою. Особливо актуальна ця проблема у великих містах з великою щільністю населення. Наприклад, у Парижі кількість зібраних відходів становить близько 600 кг на рік на одного жителя, у Києві перевищує 1 тону.

Лише незначна частина твердих побутових відходів (ТПВ) більшості великих міст переробляється на сміттєспалювальних заводах, решта вивозиться на полігони (звалища), розташовані за десятки кілометрів від міст, причому площі для цих цілей практично вичерпані. Відомо також, що звалища є джерелом забруднення довкілля (ГДК перевищуються в 1000 і більше разів). Поховання відходів на звалищах вимагає відчуження великих територій і їх дорогого облаштування. В усьому світі триває активний пошук технологій і обладнання для перероблення та утилізації відходів при дотриманні сучасних вимог екології, ресурсозбереження та економічної ефективності.

Полімери, стосовно твердих побутових відходів (ТПВ), становлять 10-15%. Однак знищення полімерних відходів виявилось не менш складним і дорогим, ніж їхнє виробництво, і людина пішла і поки що продовжує йти найпростішим шляхом - складуючи ці відходи разом з іншим сміттям на поверхні Землі і таким чином створюючи нові грандіозні творіння своїх рук - сміттєзвалища. Кожен член людського співтовариства нині на рік генерує приблизно 200 кг відходів (у США - 700 кг), з них 10-15% - полімерних, частка яких безперервно зростає, і якщо й надалі вивозити відходи на сміттєзвалища, незабаром людина створить абсолютно новий пейзаж: усі великі населені пункти будуть оточені суцільним кільцевим валом, який складатиметься з похованих відходів. Населення земної кулі збільшується на рік на півтора - два відсотки, а обсяг сміттєвих звалищ - на 6%. Вміст сміттєзвалищ, поступово розкладаючись, отруює навколишнє

Інв. №	№ док.	№ докум.	Підп.	Дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Підп. і дата	Інв. №	№ док.	№ докум.	Підп.	Дата	Вип	Арк	TC 20510074	Арк
																	6

середовище продуктами розпаду, і, хоча полімери і є досить інертними компонентами сміття, вони також поступово руйнуються, виділяючи небезпечні для живих організмів речовини, зокрема надтоксичні сполуки діоксинового та фуранового ряду. Таким чином, щоб продовжувати використовувати полімерні матеріали у дедалі більших кількостях, людство має негайно розробити ефективні методи утилізації.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074	Арк
						7
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

## РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УТИЛІЗАЦІЇ ТА ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ

Полімери широко використовуються у всьому світі у виробництві пакувальних матеріалів і споживчих товарів, у тому числі будівельних матеріалів. Упаковка народжується ще до будь-якого виробництва. Спочатку це було одноразово. Проте в умовах переходу до цивілізації частка багаторазової тари продовжує збільшуватися. Її початковою функцією було транспортування та зберігання: неможливо було б перевозити рідини та сипучі предмети без допомоги контейнерів. Упаковка стала засобом виробництва — витримування в ній продукції протягом певного часу стало необхідною технічною операцією. Але перемога товарної економіки наділила упаковку новою місією, і вона стала чи не головною місією нашої епохи - рекламно-промоційною. Упаковка стає обличчям товару. Відтоді її головними вимогами стали привабливість і впізнаваність. Однак ви повинні заплатити скільки завгодно. 10 років тому лише в Німеччині щодня виготовляли 20 мільйонів пластикових стаканчиків для йогурту. У 1990-х роках європейські країни споживали 100-150 кілограмів одноразової упаковки на людину на рік. У Сполучених Штатах це число ближче до 200 кілограмів. Проте дешеві високотехнологічні пластики виявилися ксенобіотиками, речовинами, які не можуть бути включені в природні геохімічні цикли.

Вони все одно так чи інакше розкладаються в присутності повітря та сонячного світла (слід зазначити, що продукти цього розкладання іноді можуть створювати більше проблем, ніж вихідний пластик), але за відсутності кисню та УФ-променів шари звалища зберігаються назавжди. Звичайно, майже всі полімери легкозаймисті, і деякий час розвинені країни роблять ставку на сміттєспалювальні заводи, які не тільки позбавляються від відходів, але й вловлюють додаткову енергію. Але виявляється, що навіть вдування кисню не може гарантувати повного згоряння вологих, брудних, змішаних з харчовими та

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074	Арк 8
-----	-----	----------	-------	------	-------------	----------



іншими пластиковими відходами. Неповне згоряння робить цю рослину стійким джерелом унікального набору токсинів і канцерогенів (зокрема, при згорянні пластмас, що містять хлорвмісні речовини, з яких складається значна частина пакувальних матеріалів). Крім того, гарячі гази можуть приносити в атмосферу багато шкідливих речовин, особливо важких металів.

З усіх пластиків, що випускаються, 41 % використовується в упаковці, з цієї кількості 47 % витрачається на упаковку харчових продуктів. Зручність і безпека, низька ціна та висока естетика є визначальними умовами прискореного зростання використання пластичних мас під час виготовлення упаковки. Упаковка із синтетичних полімерів, що становить 40 % побутового сміття, практично "вічна" - вона не піддається розкладанню. Тому використання пластмасової упаковки пов'язане з утворенням відходів у розмірі 40...50 кг/рік у розрахунку на одну людину. В Україні, ймовірно, до 2014 р. полімерні відходи становитимуть більше одного мільйона тонн, а відсоток їх використання досі малий.

З огляду на специфічні властивості полімерних матеріалів - вони не піддаються гниттю, корозії, проблема їхньої утилізації має насамперед екологічний характер. Загальний обсяг захоронення твердих побутових відходів тільки в Києві становить близько 4 млн. т на рік. Від загального рівня відходів переробляється тільки 5...7 % від їхньої маси. За даними на 1998 р. В усередненому складі твердих побутових відходів, що поставляються на захоронення, 8 % становить пластмаса, що становить 320 тис. т на рік. Однак нині проблема переробки відходів полімерних матеріалів набуває актуального значення не тільки з позицій охорони довкілля, а й пов'язана з тим, що в умовах дефіциту полімерної сировини пластмасові відходи стають потужним сировинним і енергетичним ресурсом. Водночас розв'язання питань, пов'язаних з охороною довкілля, потребує значних капітальних вкладень. Вартість обробки та знищення відходів пластмас приблизно у 8 разів перевищує витрати на обробку більшості промислових і майже втричі - на знищення побутових відходів. Це пов'язано зі специфічними особливостями пластмас, які значно ускладнюють або

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074					Арк
										9
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

роблять непридатними відомі методи знищення твердих відходів. Використання відходів полімерів дає змогу суттєво заощаджувати первинну сировину (насамперед нафту) та електроенергію.

Проблем, пов'язаних з утилізацією полімерних відходів, досить багато. Вони мають свою специфіку, але їх не можна вважати нерозв'язними. Однак розв'язання неможливе без організації збирання, сортування та первинної обробки амортизованих матеріалів і виробів; без розроблення системи цін на вторинну сировину, які стимулюватимуть підприємства до їхньої переробки; без створення ефективних способів переробки вторинної полімерної сировини, а також методів її модифікації з метою підвищення якості; без створення спеціального устаткування для її переробки; без розроблення номенклатури виробів, які випускають із вторинної полімерної сировини.

Іншим шляхом боротьби з відходами полімерів є перетворення їх на вторсировину. Однак перше, що для цього треба - розділити їх, що не завжди можливо навіть теоретично. Так, ламінований картон не можна розділити на целюлозу та поліетилен, а придумати спосіб його утилізації цілком досі не вдається.

Пошуки рішення сьогодні тривають за всіма напрямками одразу:

- роздільний збір з подальшою утилізацією вдосконалення "вогняного поховання" сміття
- безпечне поховання з подальшою рекультивацією звалища до стану "зеленої галявини"
- розробка матеріалів, які після порушення цілісності швидко розпадатимуться на безпечні сполуки
- повернення до паперу та картону

Кожен із цих шляхів має перспективи, але кожен потребує додаткових витрат. Наприклад, в алюмінієвих банках з пивом на частку упаковки припадає до трьох чвертей роздрібної ціни.

Підп. і дата	
Інв. № доubl.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № поddl.	

					ТС 20510074		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			10



- Відходи суспільного споживання, що включають полімери, які накопичуються в процесі життєдіяльності населення. Зрештою вони переходять у змішані полімерні відходи, які є одним із компонентів ТПВ. Змішані полімерні відходи утилізують разом із ТПВ на звалища або сміттєспалювальні заводи.

До 7,0 % усього міського сміття (у країнах ЄС) становлять полімерні відходи, і їхня частка збільшується зі зростанням рівня життя. Використання змішаних полімерних відходів з ТПВ як вторинної сировини становить найбільші труднощі. Це пов'язано з технологічною несумісністю полімерів, що входять до складу змішаних полімерних відходів, і їхньою великою забрудненістю. Переробка змішаних відходів вимагає виділення різних класів із загальної маси полімеру і ретельного відмивання їх від забруднень. Практично такий поділ може бути проведений тільки на сміттєпереробних заводах при комплексній переробці міського сміття. При цьому вартість виділення і подальшого перероблення часто буває досить великою, що робить вторинні полімери, одержувані з міського сміття, неконкурентоспроможними з первинними полімерами.

Водночас існує ціла низка компонентів змішаних полімерних відходів, які можна виділити з міського сміття і використовувати як вторинну сировину. В економічно розвинених країнах (ЄС, США, Японія) прийнято комплексний підхід до вирішення проблеми використання полімерних відходів як вторинної полімерної сировини. Важливо зазначити, що більшість експертів у розвинених країнах вважають, що полімерні відходи потрібно в обов'язковому порядку виділяти з основної маси ТПВ та утилізувати окремо, тому що вони практично не розкладаються в природних умовах під час вивезення на поховання, а під час спалювання є одним з основних джерел токсичних викидів.

## 1.2 Способи скорочення відходів полімерів

Скороченню технологічних відходів, що утворюються під час виготовлення деталей із пластмас, сприяють такі заходи:

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата	ТС 20510074				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

- Правильний розподіл наявної номенклатури виробів по обладнанню таким чином, щоб сумарні відходи були мінімальні, з огляду на те, що втрати сировини при переходах з одного виробу на інший на машинах з великою продуктивністю максимальні.

- Удосконалення конструкції оснащення, вибір оптимального формувального інструменту (прес-форм, дорнів, матриць тощо).

- Оптимізація режимів переробки полімеру з метою виключення його термодеструкції та отримання бракованих виробів.

- Зменшення кількості переходів з одного кольору на інший як при виготовленні деталей, так і при переробці відходів.

- Встановлення на вентиляційних відсмоктувачах дробильних відділень циклонів для уловлювання полімерного пилу, що утворюється під час дроблення відходів.

- Організація невинного циклу роботи обладнання. Для полегшення розділення пластмасових відходів споживання в багатьох країнах виробу під час їхнього виробництва маркують, що дає змогу ідентифікувати вид полімеру, з якого вони виготовлені.

Роздільне збирання відходів споживання пластмасових деталей з урахуванням виду полімеру (а ще краще кольору) у нас у країні поки що не здійснюється. Тому значна частина відходів пластмас не переробляється.

### 1.3 Способи утилізації та знешкодження відходів полімерів

У промисловості застосовують такі основні напрями утилізації та ліквідації відходів пластмас:

1. переробка відходів у полімерну сировину і повторне її використання для отримання виробів;
2. спалювання разом із побутовими відходами;
3. піроліз та отримання рідкого і газоподібного палива;

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510074

Арк

13

#### 4. захоронення на полігонах і звалищах.

Незважаючи на значні переваги повторного використання полімерних матеріалів, у такий спосіб утилізується лише незначна їхня кількість, що пов'язано з трудомісткістю збирання, розділення, сортування, очищення відходів (передусім відходів побутового споживання). Тому поряд із вторинною переробкою відходів пластмас у виробі в промисловості використовуються й інші способи утилізації.

Спалювання пластикових відходів є найефективнішим методом видалення та утилізації пластикових відходів, оскільки дорогі полімери та інші пластикові компоненти повністю руйнуються. Він використовується для переробки пластикових відходів лише в тому випадку, якщо інші методи неможливі з технічних або економічних причин. Зокрема, спалювання використовується, коли розділення сумішей пластикових відходів з іншими відходами або неможливо, або занадто дорого.

Конструкція печей, які використовуються для спалювання пластикових відходів, може бути різною, але необхідно враховувати характеристики горіння цих матеріалів. Пластикові відходи генерують високі температури під час спалювання в печах, що вимагає спеціальних захисних заходів. Крім того, оскільки під час згоряння пластмас утворюються токсичні гази, такі як аміак, оксиди азоту, хлористий водень і діоксини, піч повинна бути оснащена системами допалювання, очищення та обробки димових газів.

Дуже перспективною є обробка пластикових відходів шляхом піролізу, результатом якої є отримання пластикових відходів як палива при 425°C, яке містить 95% рідких вуглеводнів і 5% горючих газів. Використання цієї технології для переробки пластикових відходів має економічні переваги. Установа перероблятиме 11,3 тис. тонн сміття на рік і окупиться за три роки. Використання цих установок вигідно лише в районах з обсягом ресурсів відходів не менше 465 000 тонн на рік.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510074

Арк

14

Захоронення відходів пластмас - найменш доцільний спосіб їхнього видалення, оскільки завдає прямої шкоди навколишньому середовищу і призводить до нераціонального використання природних ресурсів. На відміну від спалювання, захоронення відходів пластмас не дає змоги використовувати потенційні енергетичні ресурси, що містяться в полімерах.

Найбільш раціональний спосіб утилізації відходів пластмас - це їх повторне використання за прямим призначенням. Капітальні витрати при такому способі утилізації невеликі. При цьому не тільки досягається ресурсозберігаючий ефект від повторного залучення матеріальних ресурсів у виробничий цикл, а й істотно знижуються навантаження на навколишнє середовище.

У разі якщо є ринок збуту продуктів переробки, здійснено безперервність і регулярність надходження відходів, розроблено економічну технологію їхньої переробки, а відходи, які надходять, стандартизовано, є сенс створювати спеціалізовані підприємства з переробки відходів. Якщо кількість полімерних відходів невелика, то доцільно передавати їх на переробку підприємству - виробнику первинної продукції.

У загальному вигляді послідовність операцій під час переробки відходів пластмас з метою їхнього повторного використання представлено на рис. 1.1.

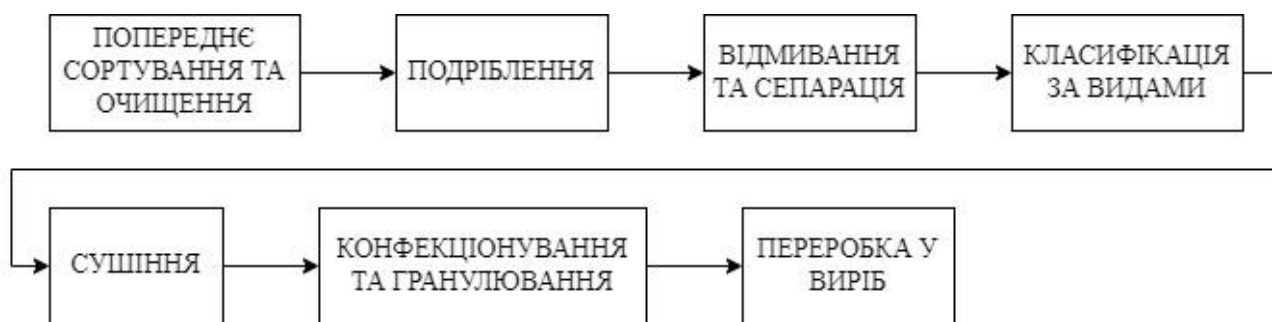


Рисунок 1.1 - Послідовність операцій під час переробки відходів пластмас

Залежно від якості та чистоти відходів така схема може бути реалізована в повному або скороченому обсязі. Як правило, промислові відходи не потребують виконання всіх стадій процесу, показано на цій схемі. Побутові полімерні відходи, навпаки, потребують ретельної підготовки.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№поодл.

Переробка технологічних відходів термопластів повинна починатися з визначення ступеня зміни їхніх властивостей і вибору найефективнішої технології їхнього використання.

Висока якість готових виробів і стабільність технологічного процесу можуть бути забезпечені лише за умови рівномірного дозування подрібнених або гранульованих відходів і хорошого змішування їх з вихідною сировиною.

Під час переробки відходів на підприємствах, що виробляють вироби з термопластів, вони повертаються в основний технологічний процес.

У процесі вторинного використання пластмас необхідно запобігти або зменшити погіршення їхніх фізико-механічних і реологічних властивостей унаслідок старіння, спричинюваного напругою зсуву і нагріванням - термомеханічним впливом, якому піддаються полімери під час розмелювання, розплавлення і формування. З цією метою в композиції на основі вторинних полімерних матеріалів вводять додаткові стабілізатори, які дозволяють без зміни технологічних властивостей полімерів зберегти їхні експлуатаційні характеристики.

Збір і сортування відходів пластмас є найслабшою ланкою в процесі організації переробки як технологічних відходів, так і ще більшою мірою відходів споживання.

Ідеальне сортування відходів має забезпечити поділ їх не тільки за видами, марками, кольором, а й за формою, ступенем забрудненості, вмістом чужорідних матеріалів, фізико-механічними властивостями тощо, що вимагає великих витрат і робить утилізацію відходів неефективною.

Найпростішим і водночас таким, що задовольняє основним вимогам, є сортування, яке здійснюють у процесі збирання відходів безпосередньо на робочому місці, тобто на стадії їхнього утворення (так зване машинне збирання відходів).

Машинна переробка відходів дає змогу додавати до первинної сировини найближчі за властивостями вторинні матеріали. При цьому усувається

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			16





Таблиця 1.1 - Особливості горіння полімерів

Полімер	Поведінка під час горіння	Запах під час горіння
Поліетилен, поліпропілен	Горить блакитним полум'ям із жовтою верхівкою, мало диму, краплини розплаву	Палаючого парафіну
Полівініл-ацетат	Горить жовтим з іскрами полум'ям, коптить	Оцту
Полістирол	Горить помаранчево-жовтим полум'ям, що світиться, сильно коптить	Квітковий
АБС	Горить оранжево-жовтим полум'ям, сильно коптить	Квітковий, палаючої гуми
Поліметилметакрилат	Горить з потріскуванням синім полум'ям, коптить	Квітково-плодовий
Поліамід	Горить блакитним полум'ям із білою верхівкою	Паленої кістки
Целюлоза	Горить жовтим полум'ям, слабо коптить	Паленого паперу
Поліетилен-терефталат	Горить жовтим полум'ям, що світиться, слабо коптить	Солодкуватий
Полікарбонат	Горить жовтим світлим дріждж. полум'ям, слабо коптить, під час виносу з полум'я повільно загасає	Слабкий запах фенолу
Поліформальдегід	Горить синюватим полум'ям, краплі розплаву	Різкий запах формальдегіду
Полівініл-хлорид	Горить зеленим із блакитною верхівкою полум'ям, при виносі з полум'я загасає	Різкий

Переробка термопластичних відходів зазвичай починається з подрібнення та гранулювання. Для цього розробляються спеціальні машини та обладнання для отримання вторинної сировини, форма і розміри якої відповідають первинній сировині. Основна сировина, яка використовується для переробки пластмас, - це переважно частинки стандартного розміру з постійною об'ємною вагою та хорошою плинністю.

Механізм руйнування полімерних матеріалів принципово відрізняється від процесів, що відбуваються при подрібненні низькомолекулярних сполук,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 20510074

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

18

оскільки енергія руйнування полімеру в основному витрачається на механічні втрати. Це стосується не тільки пластмас, але більшою мірою і гуми, тобто матеріалів, здатних до значної зворотної деформації. Тому оптимальні умови для подрібнення відходів полімерних матеріалів виникають при високих швидкостях деформації. Порушенню також можна сприяти зниженням температури, при якій матеріал стає склоподібним і крихким, або підвищенням температури, при якій міцнісні властивості матеріалу різко падають. Пластикові відходи великого розміру попередньо ріжуть на циркулярній або стрічковій пилці.

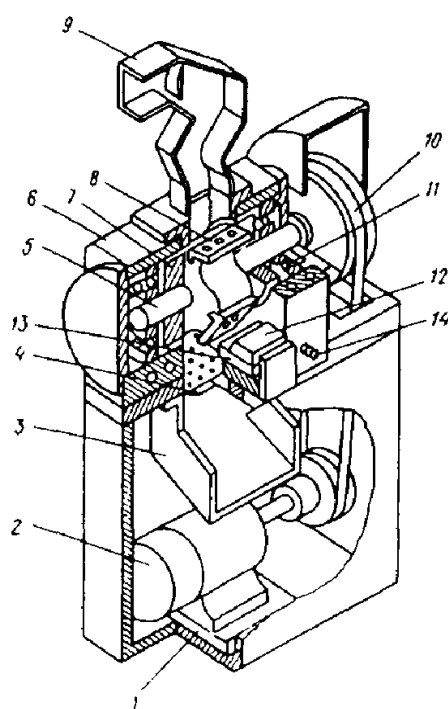


Рисунок 1.2 - Конструкція роторно-ножового подрібнювача з водяним охолодженням: 1 - поворотна плита; 2 - електродвигун; 3 - лоток; 4 - знімна калібрувальна решітка, що знімається; 5 - ротор; 6 - татор; 7 - масловідбивачі; 8 - ножі ротора; 9 - завантажувальний бункер; 10 - маховик; 11 - наполегливі підшипники; 12 - олійні подрібнювачі; 13 - регульовані ножі статора; 14 - штуцер для подачі води.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510074

Арк

19

Для подрібнення широко використовують ріжучі гранулятори, переробка відходів у яких відбувається між роторними і статорними ножами, а сито, розташоване в нижній частині машин, визначає задану величину зерен. Конструкція роторно-ножового подрібнювача зображена на рис. 1.2.

Продуктивність подрібнювача визначається видом відходів, а також конструктивними особливостями установки: числом і довжиною ножів, а також частотою обертання ротора. У процесі роботи продуктивність роторних подрібнювачів падає внаслідок зносу ножів. Тому при падінні продуктивності подрібнювача на 20-30% від початкового значення при роботі на одному матеріалі необхідно заточувати ножі.

Ступінь подрібнення відходів визначається розміром комірок сита, що огорожує камеру помелу з боку виходу подрібненого матеріалу. Розмір частинок подрібнених відходів коливається від 3 - 5 до 25 - 30 мм. Роторні подрібнювачі під час роботи видають сильний шум. З метою його зменшення подрібнювач разом із двигуном і вентилятором поміщають у шумозахисний кожух, що дає змогу знизити рівень шуму на 10 - 15 дБ.

Під час подрібнення відходів в'язких термопластів основна кількість енергії перетворюється на тепло і лише мізерно мала кількість витрачається на руйнування матеріалу. Це знижує продуктивність обладнання, призводить до налипання розплавленого внаслідок розігріву пластику на частини обладнання. Так, продуктивність роторних дробарок порівняно з паспортними даними становить лише 20-30% для поліетилену і 35-55% для поліаміду. Тому в ножових подрібнювачах часто використовують охолодження відходів і деталей дробарок водою. Більш перспективним є використання криогенного подрібнення. Після глибокого охолодження таких відходів у середовищі рідкого азоту (температура випаровування - мінус 195,8 °C) полімер переходить у склоподібний стан і стає крихким, що значно спрощує його подрібнення.

Деякі види відходів можна подрібнювати після охолодження в середовищі зрідженого вуглекислого газу (температура випаровування - мінус 78,5 °C).

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510074

Холодоагенти вводять безпосередньо в дробарку або використовують спеціальний конвеєр, на якому пластмасові відходи попередньо охолоджуються, а потім в охоложеному вигляді подаються на подрібнення.

Кріогенна техніка подрібнення полімерних відходів порівняно з подрібненням за кімнатної температури має низку переваг. Зокрема, витрата енергії на подрібнення полімерних відходів на одній з таких установок, створених і використовуваних у Японії для утилізації полімерних деталей електро побутової апаратури, що випускається фірмою "Хітачі", становить 6 Вт-год/кг відходів порівняно з 24 на звичайній установці.

Під час подрібнення тонких і легких відходів (обрізків плівки, волокон, палітурок, залишків тканин і килимів із синтетичних полімерів, штучних шкір тощо) за допомогою роторних подрібнювачів одержують обрізки з незначною об'ємною масою та поганою сипучістю, подальше перероблення яких на наявному технологічному обладнанні практично неможливе. Відходи такого типу, що мають насипну масу менше  $0,25 \text{ г/см}^3$ , перетворюють на гранулят за допомогою плавлення.

Для підготовки до переробки об'ємних відходів пластмас, наприклад плівки, використовують агломерацію. Агломератори забезпечують безперервне приготування сипучого грануляту з плівкових, волокнистих і пористих відходів термопластів усіх видів: поліефірних, поліпропіленових, полістирольних, поліамідних, полівінілхлоридних тощо.

Ми розробили гранулятор для гранулювання відходів термопластів низької насипної щільності, минаючи етап підготовки. Це обертовий циліндр з електричним нагріванням. Під час роботи температура всередині стовбура підтримується вище температури плавлення термопласту. Циліндр поміщений всередину циліндричного корпусу, який нагрівається і переміщується відносно осі циліндра. Корпус і циліндр пелетизатора утворюють камеру зменшеного перерізу, яка закінчується з іншого боку скребком, за яким розташована головка з отвором або канавкою.

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № покл.

Потрапляючи на гарячу поверхню циліндра, що обертається, матеріал, що вводиться в бункер, плавиться і прилипає до його поверхні. Оскільки поперечний переріз камери під час обертання циліндра зменшується, розплавлений матеріал притискається до найобмеженішої зони камери і, зрештою, до раклі, а потім видавлюється назовні через головку. З матеріалу, що проходить послідовно пристрій охолодження і ріжучі елементи, отримують гранулят. Розмір частинок 2-15 мм, насипна щільність 400 кг/м . У процесі агломерації можливе введення в композицію будь-яких добавок (наповнювачів, барвників тощо).

Розділення полімерних сумішей відходів може здійснюватися різними методами. Змішані відходи термопластів часто містять речовини з різними механічними та хімічними властивостями, що дозволяє їх розділяти фізичними та хімічними методами.

Суміші термопластів можна розділити за допомогою комбінованого процесу просіювання та сепарації на повітрі на основі відмінностей у швидкості седиментації, розмірі твердих частинок та їхній щільності. Повне сортування досягається тоді, коли швидкість осідання найбільших частинок легкого компонента дорівнює швидкості осідання найменшої частинки важкого компонента. За допомогою цього методу можна розділити до п'яти-шести матеріалів.

Метод флотації, заснований на різниці в змочуваності полімерів водою, може бути використаний для розділення пластикових відходів за типом. Для підвищення ефективності розділення використовують поверхнево-активні речовини, які змінюють змочуваність полімерів і поверхневий натяг на межі повітря-полімер-вода. Зокрема, для виділення частинок ПВХ із суміші відходів використовують водні розчини двоосновного аліфатичного спиртсульфонату, поліоксиетиленсульфату та інших поверхнево-активних речовин.

Хороші результати отримані при послідовному розділенні відходів різних пластиків у сольових розчинах різної щільності.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			22

## РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВІДХОДІВ ТЕРМОПЛАСТІВ

Для перетворення відходів термопластів на сировину, придатну для подальшого перероблення на вироби, необхідна його попередня обробка. Вибір способу попередньої обробки залежить здебільшого від джерела утворення відходів і ступеня їх забрудненості. Так, однорідні відходи виробництва і переробки ПЕНП зазвичай переробляють на місці їх утворення, для чого потрібна незначна попередня обробка - головним чином подрібнення і грануляція. Відходи у вигляді виробів, що вийшли з ужитку, вимагають більш ґрунтовної підготовки. Попередня обробка відходів сільськогосподарської ПЕ плівки, мішків з під добрив, відходів з інших компактних джерел, а також змішаних відходів охоплює такі етапи: сортування (грубе) та ідентифікація (для змішаних відходів), подрібнення, поділ змішаних відходів, миття, сушіння. Після цього матеріал піддають грануляції.

Попереднє сортування передбачає грубий поділ відходів за різними ознаками: кольором, габаритами, формою і, якщо це потрібно і можливо, - за видами пластмас. Попереднє сортування проводять, як правило, вручну на столах або стрічкових конвеєрах; під час сортування одночасно видаляють з відходів різні сторонні предмети і включення. Поділ змішаних (побутових) відходів термопластів за видами проводять такими основними способами: флотаційним, поділом у важких середовищах, аеросепарацією, електросепарацією, хімічними методами і методами глибокого охолодження. Найбільшого поширення набув метод флотації, який дає змогу розділяти суміші таких промислових термопластів, як ПЕ, ПП, ПС і ПВХ. Поділ пластмас проводиться при додаванні у воду поверхнево-активних речовин, які вибірково змінюють їхні гідрофільні властивості. У деяких випадках ефективним способом розділення полімерів може виявитися розчинення їх у загальному розчиннику або в суміші розчинників.

Інв. №поділ.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074				Арк
									23
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Обробляючи розчин парою, виділяють ПВХ, ПС і суміш поліолефінів; чистота продуктів - не менше 96 %. Методи флотації та розділення у важких середовищах є найефективнішими та економічно доцільними з усіх перерахованих вище.

## 2.1 Перероблення відходів поліетилену

До основних особливостей поліетиленових відходів споживання відносяться низька насипна щільність, знижені властивості міцності та висока в'язкість розплаву. Зміна фізико-механічних властивостей вторинного поліетилену, отриманого з відходів споживання, є наслідком термоокисного і механохімічного впливу на полімер у процесі переробки й особливо під час експлуатації. Найбільша зміна властивостей відбувається саме внаслідок протікання фотохімічних процесів.

Вторинний поліетилен низької щільності, отриманий із відпрацьованої сільськогосподарської плівки, сильно відрізняється від первинного матеріалу. У табл. 2.1 наведені властивості вихідного поліетилену і цього ж матеріалу після повторного перероблення і після тримісячної експлуатації плівкового матеріалу з нього в районі з субтропічним кліматом.

Для вторинного поліетилену низької щільності, отриманого з відходів споживання, характерна низька плинність розплаву за малих напруг зсуву. Однак її можна регулювати, змінюючи температуру і напругу зсуву.

Зниження плинності розплаву може слугувати критерієм для орієнтовної оцінки властивостей відходів і їхньої придатності для повторного використання разом із вихідним матеріалом.

Для поліпшення властивостей вторинного поліолефіну в композицію на його основі додають мінеральні та органічні наповнювачі, ПАР та інші добавки. Так, введення наповнювача в кількості до 30% (об'єм.) дає змогу отримувати з вторинного поліетилену напірні труби, пакувальні плівки, багатооборотну тару та іншу продукцію. Як наповнювач можуть бути використані дисперсні частинки

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 20510074

Арк

24



будь-якої природи, зокрема з відходів інших матеріалів, наприклад деревне борошно, гумова крихта або подрібнені відходи реактопластів.

Таблиця 2.1 - Зміна властивостей поліетилену низької щільності при повторній переробці та при старінні

Показники	Поліетилен		
	Початковий	вторинний	вторинний після екс.
Вміст низькомолекулярної фракції, %	0,1	6,2	6,2
Вміст гелю, %	0	20,0	20,0
Міцність при розтягуванні, МПа	15,5	10,0	11,4
Відносне подовження, %	490,0	125,0	17,0
Стійкість до розтріскування, год	8,0	1,0	—
Світлостійкість, діб	90,0	50,0	—

Цікавим є досвід Тушинського машинобудівного заводу, який виготовляє з відходів поліетилену і гумової крихти масивні блоки для переїздів трамвайних колій. Основна маса такого виробу виготовляється пресуванням із суміші великої крихти і відходів пластику, а покривний шар невеликої товщини - зі зносостійкої протекторної гуми. Такі вироби підвищують довговічність переїздів, зменшують шум, знижують навантаження на трансмісію і колеса автомобіля.

Розглянуті технологічні операції з підготовки до повторного використання відходів полімерних матеріалів можуть бути реалізовані на безперервній лінії, яка містить у собі всі необхідні агрегати для їх виконання.

Так, лінія німецької фірми "Райфенхаузер" для гранулювання забрудненої поліетиленової плівки включає: ножовий подрібнювач; ванну для миття; вихровий водовіддільник; фільтр; черв'ячний прес; ванну з охолоджувальною водою; гранулятор; транспортувальні пристрої; допоміжне обладнання.

Процес отримання гранул на цій лінії складається з таких стадій: подрібнення, змішання, усереднення, відмивання, сушіння, ущільнення, пластикації, фільтрації розплаву, формування джгутів, охолодження джгутів, гранулювання, контролю якості грануляту і його затарювання.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Продуктивність такої лінії становить 300 кг/год, розміри гранул 4x4 мм.

Закордонна лінія ЛПВ-2000 (рис. 2.1), що випускається на заводі "Кузполімермаш", призначена для комплексної підготовки до переробки кускових і плівкових відходів поліетилену. Продуктивність лінії становить 2000 т/рік. Подрібнення відходів проводиться в роторних подрібнювачах (ИПР-300 - для кускових відходів, ИРНП-300-600 - для плівкових відходів). Подрібнені відходи у вигляді пульпи потрапляють у шнековий промивач, звідки надходять у віджимний пристрій і далі у вихрову сушарку, а потім у шнековий екструдер на грануляцію. Розмір гранул, одержуваних на цій лінії, 2-5 мм.

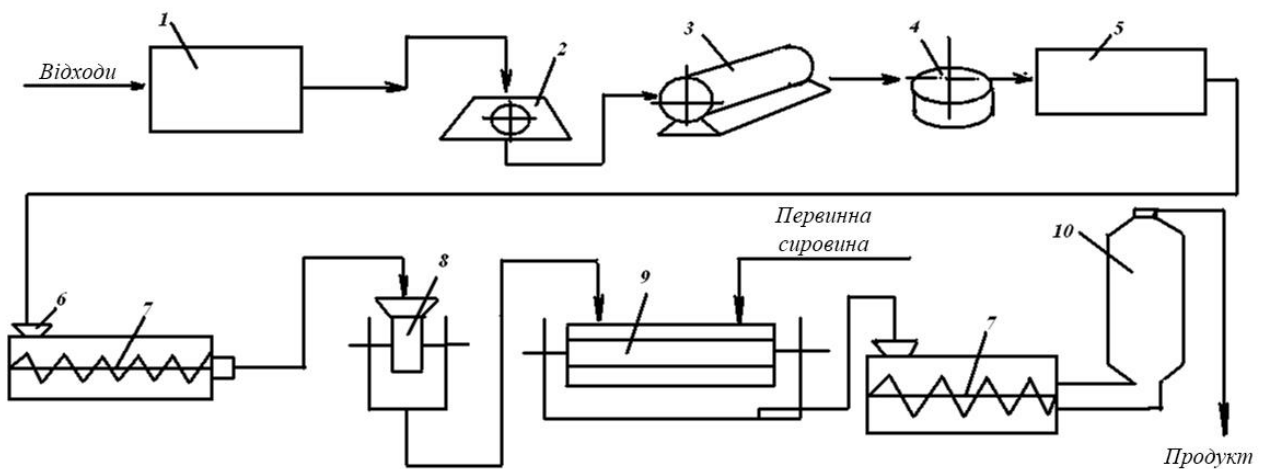


Рисунок 2.1 - Технологічна схема отримання вторинної поліетиленової плівки: 1 - вузол сортування відходів; 2 - дробарка; 3 - мийна машина; 4 - центрифуга; 5 - сушарка; 6 - живильник; 7 - екструзійні преси; 8 - гранулятор; 9 - змішувач; 10 - плівковий агрегат.

Після сортування і дроблення відходи миються в мийній машині, після чого відокремлюються від води в центрифусі і висушуються в сушарці. Далі через живильник потрапляє до екструзійних пресів, де суміш плавиться і перемішується, потім подрібнюється в грануляторі, у змішувачі змішується з первинною сировиною в заданих пропорціях і плавиться в пресах. Кінцевим процесом є отримання плівки з плівкового апарату.

Підп. і дата
Інв. № добул.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № добул.

					ТС 20510074		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			26

## 2.2 Переробка відходів поліетилентерефталату

Переробка лавсанових волокон і зношених виробів з ПЕТФ аналогічна вторинній переробці поліамідних відходів, тому в цьому розділі розглянемо вторинну переробку ПЕТФ пляшок. За більш ніж 10 років масового споживання в Україні напоїв в упаковці з ПЕТФ на полігонах твердих побутових відходів накопичилося, за деякими оцінками, понад 2 млн т використаної пластикової тари, що є цінною хімічною сировиною. Вибухове зростання виробництва пляшkových преформ, підвищення світових цін на нафту і, відповідно, на первинний ПЕТФ, вплинули на активне формування в Україні у 2000 р. ринку з переробки використаних ПЕТФ пляшок.

Існує кілька методів переробки використаних пляшок. Однією з цікавих методик є глибока хімічна переробка вторинного ПЕТФ з отриманням диметилтерефталату в процесі метанолізу або терефталевої кислоти й етиленгліколю в низці гідролітичних процесів. Однак такі способи переробки мають істотний недолік - дорожняча процесу деполімеризації. Тому нині частіше застосовують доволі відомі та поширені механохімічні способи переробки, у процесі яких кінцеві вироби формують із розплаву полімеру. Розроблено значний асортиментний ряд виробів, одержуваних із вторинного пляшкового поліетилентерефталату. Основним великотоннажним виробництвом є отримання лавсанових волокон (здебільшого штапельних), виробництво синтепонів і нетканих матеріалів. Великий сегмент ринку займає екструзія листів для термоформування на екструдерах з листувальними головками, і, нарешті, найперспективнішим способом перероблення повсюдно визнано отримання грануляту, придатного для контакту з харчовими продуктами, тобто отримання матеріалу для повторного відливання преформ.

Пляшковий напівпродукт може бути використаний у технічних цілях: у процесі переробки у вироби вторинний ПЕТФ можна додавати в первинний матеріал; компаундування - вторинний ПЕТФ можна сплавляти з іншими

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	--------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 20510074

Арк

27

пластиками (наприклад, з полікарбонатом, з ВПЕ) і наповнювати волокнами для виробництва деталей технічного призначення; отримання барвників (суперконцентратів) для виробництва пофарбованих пластикових виробів. Також очищені ПЕТФ пластівці можна безпосередньо використовувати для виготовлення широкого асортименту товарів: текстильного волокна; набивних і штапельних волокон - синтепону (утеплювач для зимових курток, спальних мішків тощо); покрівельних матеріалів; плівок і аркушів (забарвлених, металізованих); упаковка (коробки для яєць та фруктів, упаковка для іграшок, спортивних товарів тощо); ливарних виробів конструкційного призначення для автомобільної промисловості; деталей освітлювальних і побутових приладів та ін. У будь-якому разі вихідною сировиною для деполімеризації або перероблення на вироби є не пляшкові відходи, які могли пролежати якийсь час на звалищі, і являють собою безформні сильно забруднені об'єкти, а чисті пластівці ПЕТФ.

Розглянемо процес переробки пляшок у чисті пластівці пластику. За можливості пляшки повинні вже збиратися у відсортованому вигляді, не змішуючись з іншими пластиками і забруднюючими об'єктами. Оптимальним об'єктом для переробки є спресований стос із безбарвних ПЕТФ пляшок (забарвлені пляшки мають бути відсортовані та перероблені окремо). Пляшки необхідно зберігати в сухому місці. Пластикові мішки з ПЕТФ пляшками навалом спорожняють у завантажувальний бункер. Далі пляшки надходять у бункер-живильник. Живильник стосів використовується одночасно і як бункер зберігання з системою рівномірної подачі, і як розбивач стосів. Транспортер, розташований на підлозі бункера, просуває стос до трьох обертових шнеків, що розбивають агломерати на окремі пляшки і подають їх на розвантажувальний конвеєр. Тут необхідно розділяти пляшки з пофарбованого і нефарбованого ПЕТФ, а також видаляти сторонні об'єкти, такі як гума, скло, папір, метал, інші типи пластиків. В однороторній дробарці, обладнаній гідравлічним штовхачем, ПЕТФ пляшки подрібнюються, утворюючи великі фракції розміром до 40 мм. Подрібнений матеріал проходить через повітряний вертикальний класифікатор. Важкі

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

частинки (ПЕТФ) падають проти повітряного потоку на екран вібросепаратора. Легкі частинки (етикетки, плівка, пил тощо) несуться вгору потоком повітря і збираються в спеціальному пилозбірнику під циклоном. На віброекрані сепаратора частинки розділяються на дві фракції: великі частинки ПЕТФ "перетікають" через екран, а дрібні частинки (переважно важкі фракції забруднень), проходять всередину екрана і збираються в ємності під сепаратором. Флотаційний танк використовується для сепарації матеріалів з різними відносними густинами. Частинки ПЕТФ опускаються на похиле дно, і шнек безперервно вивантажує ПЕТФ на водовіддільний екран.

Екран служить одночасно як для відокремлення води, що нагнітається разом із ПЕТФ із флотатора, так і для відділення тонких фракцій забруднень. Попередньо роздроблений матеріал ефективно відмивається в похилому двоступеневому обертовому барабані з перфорованими стінками. Сушка пластівців відбувається в обертовому барабані, виготовленому з перфорованого листа. Матеріал перевертається в потоках гарячого повітря. Повітря нагрівається електричними нагрівачами. Далі пластівці потрапляють у другу дробарку. На цій стадії великі частки ПЕТФ подрібнюються в пластівці, розмір яких становить приблизно 10 мм. Необхідно зазначити, що ідея переробки полягає в тому, що матеріал не подрібнюється в пластівці товарного продукту на першій стадії подрібнення. Таке ведення процесу дає змогу уникнути втрат матеріалу в системі, досягти оптимального відокремлення етикеток, поліпшити мийний ефект і зменшити знос ножів у другій дробарці, оскільки скло, пісок та інші абразивні матеріали видаляються до стадії вторинного подрібнення. Кінцевий процес аналогічний процесу первинної повітряної класифікації. Залишки етикеток і пил ПЕТФ видаляються з повітряним потоком. Кінцевий продукт - чисті ПЕТФ пластівці засипаються в бочки. Таким чином, можна вирішити серйозне питання утилізації вторинної пластикової тари з отриманням продукту. Перспективним способом вторинної переробки ПЕТФ є виробництво пляшок із пляшок.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074				Арк
									29
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Головними стадіями класичного процесу ресайклінгу для реалізації схеми "пляшка до пляшки" є: збирання та сортування вторинної сировини; пакування вторинної сировини; подрібнення та промивання; виділення подрібненої дробини; екструзія з отриманням гранул; обробка гранул у шнековому апараті з метою збільшення в'язкості продукту та забезпечення стерилізації продукту для можливості прямого контакту з харчовими продуктами. Але для реалізації цього процесу необхідні серйозні капітальні вкладення, оскільки неможливе проведення цього процесу на стандартному обладнанні.

### 2.3 Переробка відходів полівінілхлориду

Полівінілхлорид і його сополімери широко застосовуються у виробництві підлогових і настінних покриттів, меблів, оббивної та галантерейної штучної шкіри, плівок, клейонок, взуття, литих виробів та інших виробів. Під час виробництва та промислового використання цих матеріалів утворюється велика кількість полімерних відходів.

Можна виділити три основні напрямки у використанні відходів ПВХ:

1. переробка відходів у лінолеум, штучні шкіри та плівкові матеріали;
2. хімічне відновлення ПВХ композицій з регенеруванням, як правило, пластифікаторів і ПВХ порошку;
3. використання відходів у різних полімерних композиціях.

Загальний процес регенерації відходів штучної шкіри та плівкових матеріалів полягає в наступному: відходи штучної шкіри спочатку подрібнюють у дробарці, а потім очищають у спеціальному обладнанні. Висушену стружку пропускають через циклонний сепаратор до вальців тонкого помелу для гомогенізації. Отримана однорідна суміш подається в екструзійний гранулятор, а потім у бункер-накопичувач у вигляді гранул. Матеріал проходить подальшу обробку за допомогою вальців і каландрів з подальшим декоруванням і пакуванням. Потім готовий продукт відправляється на склад.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074					Арк
										30
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

При роботі з ломом шкірозамінника найлогічнішим буде спочатку відокремити тонкоплівкове полімерне покриття від текстильної основи. Існують способи зробити це, але зазвичай вони рідко використовуються через трудомісткість. Одним із методів є просочування обрізків штучної шкіри водою, що знижує міцність з'єднання плівкового покриття з тканинною основою, а потім її подрібнення. У процесі подрібнення відходів водоочищення плівка відділяється від субстрату. Потім суміш розділяють: покриті плівкою гранули спочатку обробляють 20% розчином сірчаної кислоти для видалення залишків волокон матриці, потім кислоту нейтралізують лужним розчином і сушать. В результаті виходить практично оригінальна полівінілхлоридна композиція, яка підходить для виготовлення лицьових шарів штучної шкіри.

Як правило, рулети з обрізків штучної шкіри є багатошаровими. Лицьовий шар складається з композиції, що містить тільки первинну сировину, а нижній шар складається з 30% первинної сировини і 70% відходів. Кількість відходів у нижньому шарі залежить від вмісту в ньому текстильних волокон. Якщо відходи складаються з матеріалів без текстильної підкладки (плівок, листових матеріалів, безосновного лінолеуму), їх частка в нижньому шарі може досягати 95-100%. При переробці брухту ПВХ слід враховувати його недостатню термостійкість, тому до складу полімерної композиції додають стабілізатори та пластифікатори, що дозволяє уникнути процесів механічного руйнування. Було продемонстровано, що при використанні відповідних стабілізаторів ПВХ-брухт можна багаторазово переробляти без зміни його фізико-механічних властивостей.

Штучна шкіра виготовляється з використанням відпрацьованого полімерного покриття на підстильному шарі і за властивостями практично не відрізняється від оригінального матеріалу.

Хорошими властивостями володіє тришаровий лінолеум, виготовлений з гранул штучної шкіри. Цей лінолеум має вміст вторинної суміші ПВХ 76-85% і вміст волокна 24-15%. Нижній шар лінолеуму повністю складається з вторинних

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

матеріалів, середній шар містить 75% відходів, а тонкий поверхневий шар складається з первинної сировини.

Технологічний процес виготовлення лінолеуму з відходів штучної шкіри наведено на рисунку 2.2 Використовувати обладнання, яке зазвичай використовується у виробництві лінолеуму та штучної шкіри.

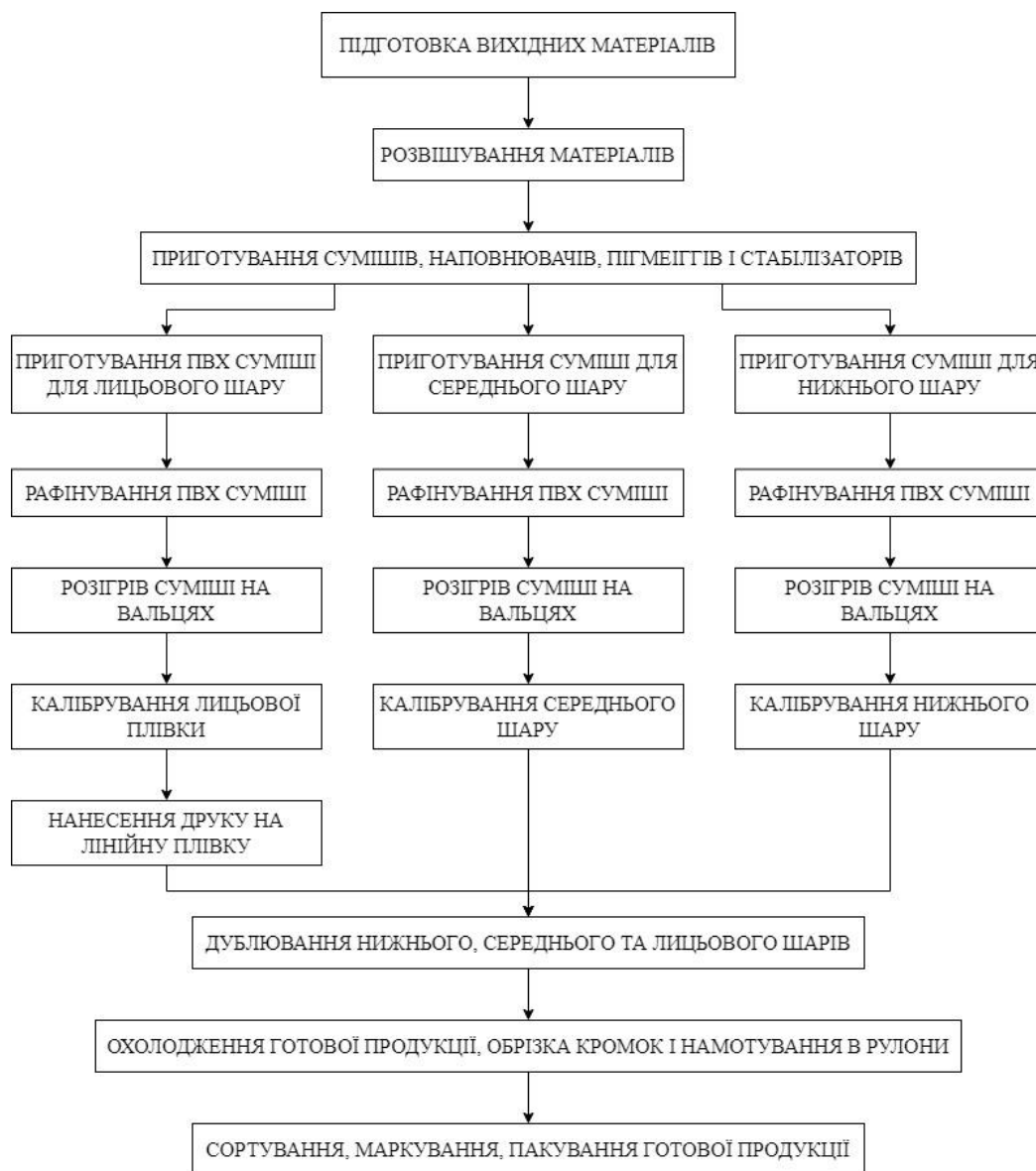


Рисунок 2.2 - Схема процесу виробництва тришарового лінолеуму із застосуванням відходів штучної шкіри

У процесі хімічної переробки відходів ПВХ-матеріалу та подальшого поділу на полімери та пластифікатори можуть бути перероблені будь-які види

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	



відходів, включаючи різні плівки, листи, оббивку, галантерею, взуттєву та іншу штучну шкіру.

Спосіб включає наступні етапи:

1. Подрібніть відходи та обробіть їх у полярному розчиннику протягом часу, достатнього для повного розчинення полімеру;
2. Відфільтрувати отриману суміш для відділення фільтрату, що містить полімер, від твердого осаду, що містить нерозчинні компоненти відходів;
3. Осадити полімер із розчину шляхом додавання води, насиченого вуглеводню з температурою кипіння, нижчою за використовуваний розчинник, або суміші зазначених вуглеводнів і жирних спиртів;
4. Відновіть осаджений полімер або сополімер.

Схема хімічної обробки відходів штучної шкіри з ПВХ-покриттям наведена на рисунку 2.3.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата					
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074				Арк
									33

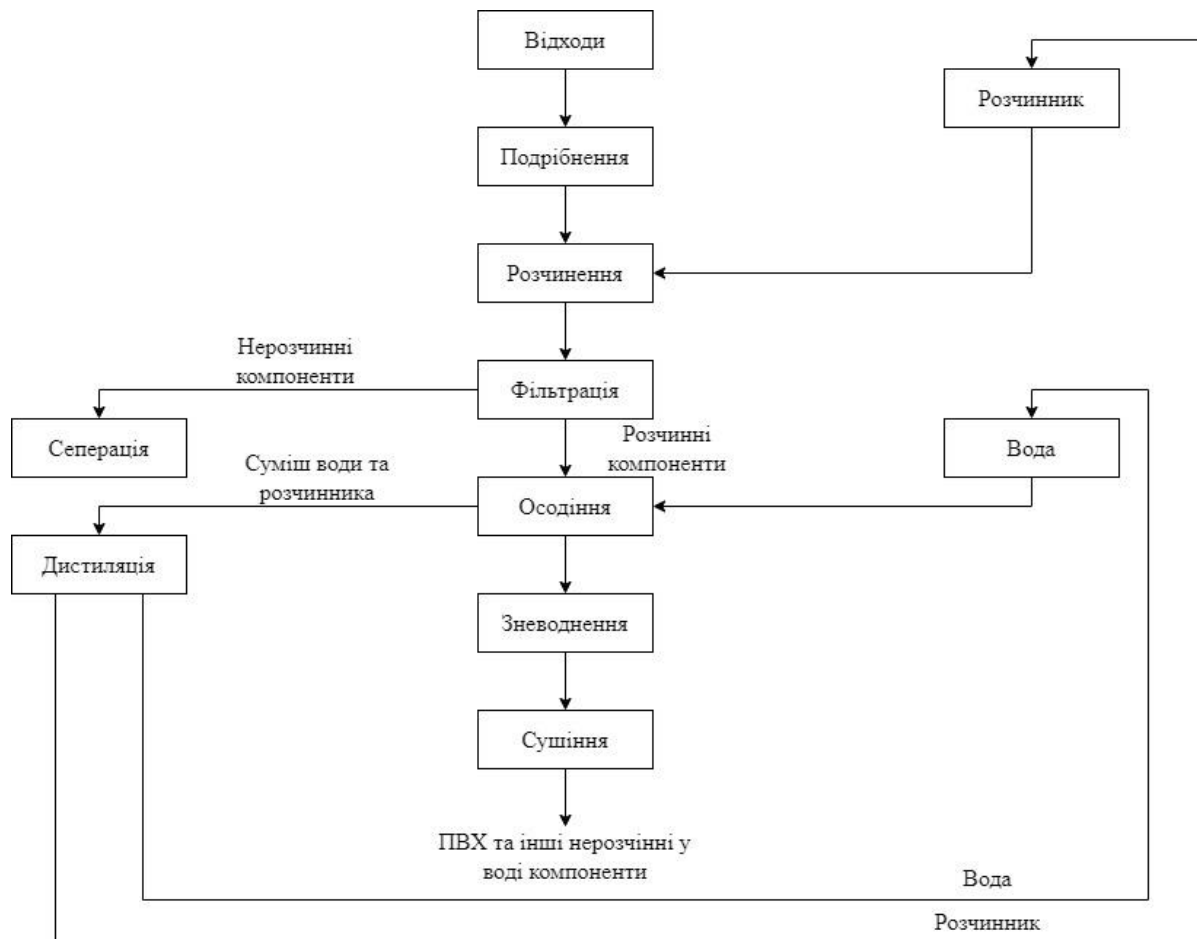


Рисунок 2.3 - Схема хімічної переробки відходів штучних шкір із ПВХ покриттям

Розрізаний брухт подрібнюють до розміру приблизно 3 мм. Потім 40 масових частин відходів обробляють 100 масовими частинами розчинника або суміші розчинників при температурі 50°C. Використовуваний розчинник повинен легко змішуватися з водою. Для цього можна використовувати формамід, диметилформамід, ацетамід, гексаметилтріамід фосфору і диметилсульфоксид.

Профільтрувати отриманий розчин. Осад на фільтрі висушується і відокремлюється, містить фрагменти тканинної підкладки і наповнювач полімерної композиції.

Обробіть фільтрат, що містить розчинені компоненти, водою при швидкому перемішуванні. Нанесені інгредієнти, включаючи ПВХ, кілька разів пропускають через обтискні валики, утворюючи продукт, який на 95% складається з твердих

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№поодл.

речовин, 5% води та розчинника. Потім його сушать у вакуумі при температурі 50°C для отримання композиції ПВХ з оригінальними компонентами, яка зберігає властивості вихідного матеріалу. Усю промивну воду очищають в одній посудині, а полярні розчинники відокремлюють від води дистиляцією. Описаний спосіб дозволяє отримувати композиції ПВХ з властивостями, близькими до вихідних.

У процесі вдосконалення замість води для осадження ПВХ використовуються органічні рідини - ненасичені вуглеводні, такі як гексан, октан, нонан, гас або циклічні вуглеводні, окремо або в суміші з жирними спиртами, наприклад, метиловим або етиловим. Під час цієї обробки відокремлюються пластифікатори та антиоксиданти. Отримані відкладення в основному містять ПВХ, термостабілізатори, мастила та пігменти. Пластифікатори, термостабілізатори та антиоксиданти залишаються в розчині. Органічну рідину видаляють дистиляцією на кінцевій стадії, залишаючи суміш пластифікатора та розчинника. Суміш розділяють перегонкою. Для вилучення пластифікаторів використовують метанол, етанол, циклогексанол, циклопентан, гексан, гептан, октан, авіаційний бензин або низькокиплячий гас.

Використання методів хімічної регенерації для вторинної переробки промислових відходів ПВХ матеріалів дозволяє досягти значного ефекту енергозбереження (до 80%) та цінної високоякісної хімічної сировини.

Також можна виділити наступні методи переробки відходів ПВХ:

1. лиття під тиском;
2. пресування;
3. каландрування.

Дослідження показали, що за допомогою пластизольної технології можна отримувати продукцію задовільного рівня якості з перероблених ПВХ матеріалів. Процес включає подрібнення відходів плівок і листів, приготування ПВХ-пасти в пластифікаторі та формування нових виробів шляхом лиття. Дослідження реології вторинних пластизолів на основі ПВХ методом ротаційної віскозиметрії показало, що в'язкість «вторинної» пасти така ж ньютонівська при відносно

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 20510074

Арк

35

низьких швидкостях зсуву, як і первинної пасти, але пластизолі на основі вторинної сировини мають значно вищі значення в'язкості.

Це пов'язано з тим, що частина вторинного ПВХ руйнується під час первинної обробки подібним чином до наповнених полімерних композицій. Це також призводить до того, що «вторинний» потік пластизолу раніше відхиляється за швидкістю зсуву від ньютонівського потоку. Враховуючи особливості в'язкістних характеристик, необхідно відкоригувати спосіб лиття, спочатку підвищити температуру та тиск лиття (приблизно 1 атмосфера). В результаті процес лиття стає «низького тиску» порівняно з литтям первинного шару, яке часто називають «безнапірним». При цьому збільшення енерговитрат незначне і «покривається» за рахунок економії сировини за рахунок використання вторинних матеріалів.

Загалом пропонуються наступні рішення для переробки ПВХ-пластику, наповненого відходами.

Попередньо відсортовані відходи подрібнюють на ножовій дробарці, до них вводять необхідні добавки та гомогенізують суміш у процесі повторного гранулювання. Регрануляція обробляється на ливарних машинах для отримання захисту педалей, крил вантажівок тощо. Виріб має гладку поверхню, піддається фарбуванню, має достатню зносостійкість і стійкість до розтріскування.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

							ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				36

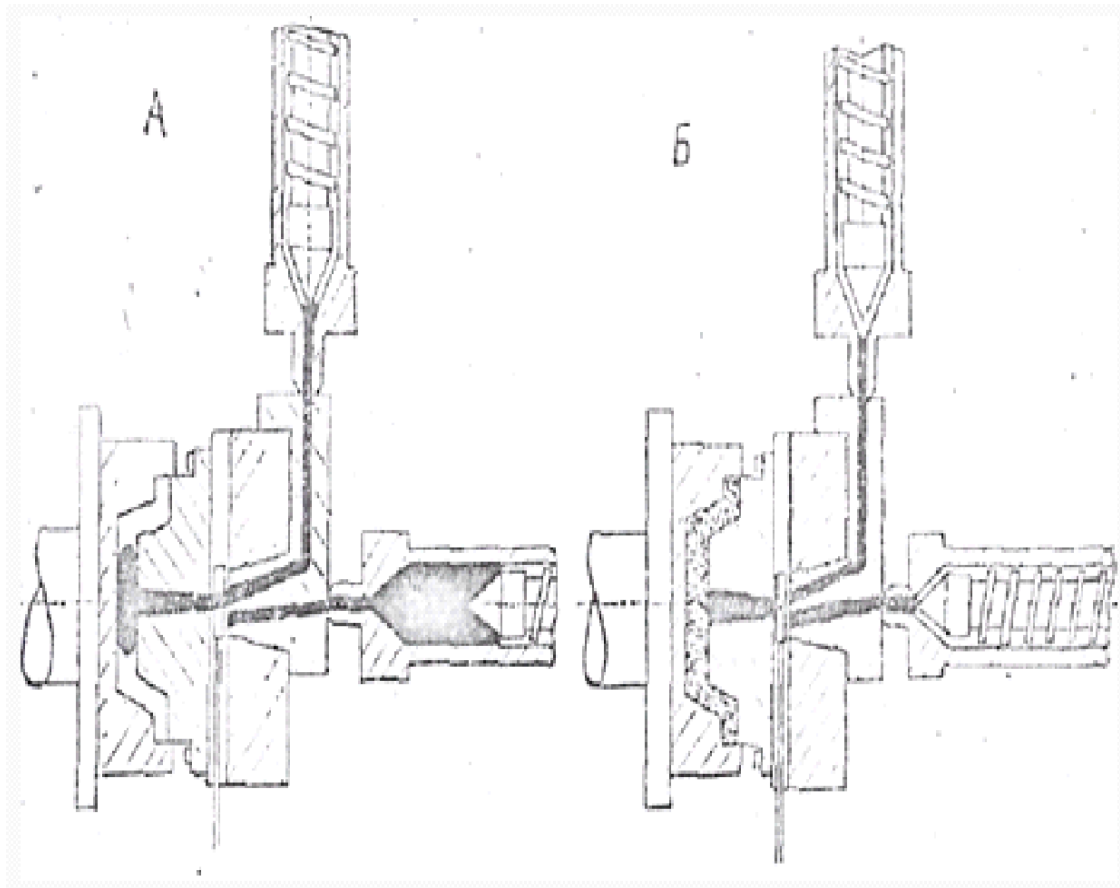


Рисунок 2.4 - Схема впорскування при отриманні сендвіч - виробів за одноканальною технологією: А - початок процесу; Б - кінець процесу

Для обробки відходів методом лиття під тиском зазвичай використовують машини, що працюють за типом інтрузії, які мають постійно обертовий шнек, конструкція якого забезпечує ненавмисне захоплення та гомогенізацію відходів.

Одним із перспективних способів утилізації пластикових відходів є багатокомпонентне лиття. При такому способі обробки виріб має зовнішній і внутрішній шари з різних матеріалів. Зовнішній шар зазвичай являє собою високоякісний комерційний пластик, стабілізований і пофарбований для гарного зовнішнього вигляду.

Метод подвійного вприскування, який використовується в процесі сендвіч-лиття, заснований на різних швидкостях затвердіння розплаву поблизу центру форми та відносно більш холодних стінок. Процес лиття здійснюється таким чином, що зовнішня оболонка виробу складається з тонких безперервних шарів

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074
-----	-----	----------	-------	------	-------------

первинного матеріалу, а серцевина – із вторинної сировини. Для цього спочатку в форму вливають розплав основного матеріалу в кількості, недостатній для заповнення всієї порожнини форми, а потім, не перериваючи процесу лиття, вводять розплав допоміжного матеріалу. При цьому первинний матеріал утворює суцільний зовнішній шар майбутнього виробу, а вся порожнина форми заповнюється вторинним матеріалом. Схема впорскування за одноканальною технологією наведена на рисунку 2.4.

Два циліндра з черв'ячними передачами розташовані під прямим кутом і мають загальну головку з центральним і кільцевим каналами для основного і вторинного матеріалу. Для отримання високоякісних виробів і забезпечення ефективності лиття дуже важливо визначити співвідношення доз впорскування первинних і вторинних матеріалів і визначити властивості їх розподілу в різних зонах порожнини форми і в виробі. Експериментальні дані показують, що вміст вторинних матеріалів у вигляді внутрішніх шарів може досягати 60% від маси виробу, тоді як товщина суцільного облицювального шару з первинних матеріалів становить 10-15% від товщини виробу. Закінчений продукт.

Переробка термопластів таким способом дозволяє істотно заощадити дефіцитну первинну сировину, скоротивши її споживання більш ніж у 2 рази. Розробником цього методу і виробником відповідного обладнання є німецька компанія «Battenfeld».

Одним із традиційних методів переробки відходів полімерних матеріалів є пресування. Відходи помелу рівномірної товщини на конвеєрі подаються в піч і розплавляються. Потім пластифікована маса пресується. Запропонованим способом можна переробляти пластичні суміші, що містять більше 50% сторонніх домішок. Подрібнені відходи подають у змішувач, до якого додають 10% в'язучих речовин, пігментів, антипіренів, наповнювачів (для армування). Цією сумішшю пресують дошки в двострічковому пресі. Товщина листів коливається від 8 до 50 мм, а щільність приблизно 650 кг/м<sup>3</sup>. Завдяки пористості панелей вони мають тепло- і звукоізоляційні властивості. Використовуються як конструктивні

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			38

елементи в машинобудуванні та автомобільній промисловості. Для поліпшення зовнішнього вигляду виробу полімерні відходи поміщають в ємність, наприклад, з поліетилену, який поміщають у форму і запресовують у виріб. При цьому контейнер згортається і покриває фрагменти відходів на поверхні продукту.

Так само при введенні розплаву в формувальне гніздо накладається плівка, підібрана за кольором і структурою поверхні, і пресується звичайним способом. В даний час розроблений і використовується інший технічний спосіб, заснований на спінюванні форми. Розроблене рішення відрізняється способом введення пороутворювача у вторсировину та теплопостачанням. Пороутворювач можна вводити в закритий змішувач або екструдер. Однак продуктивнішим є метод формового спінювання, коли процес пороутворення проводять у пресі (рис. 2.5.)

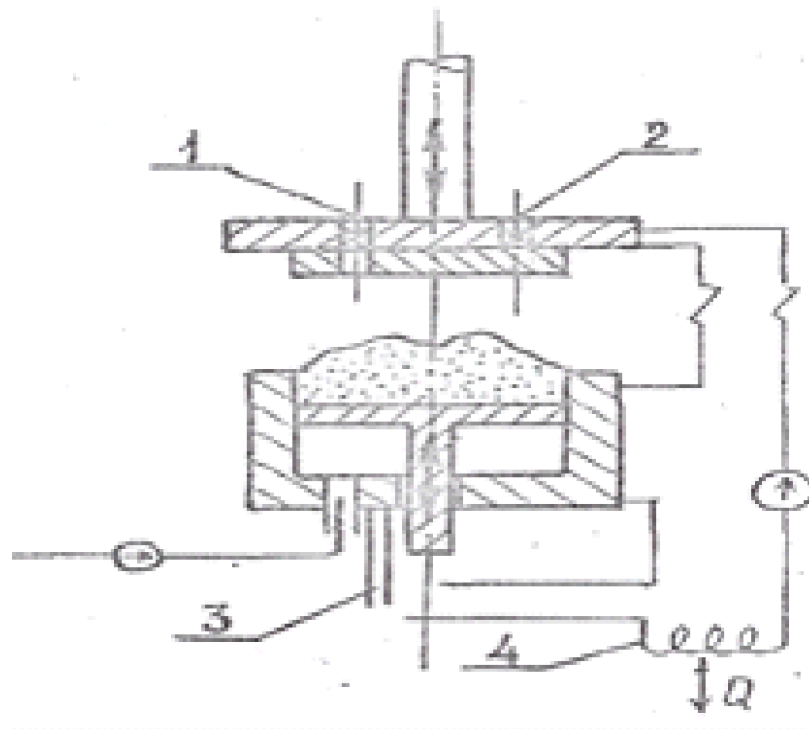


Рисунок 2.5 - Прес-форма для спінювання відходів ПВХ: 1-датчик тиску; 2-термоелемент; 3-датчик маси; 4-терморегулятор

Істотним недоліком способу пресування спечених полімерних відходів є погане змішування компонентів суміші, що призводить до зниження механічних властивостей одержуваного матеріалу.

Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.	Інв. № дубл.	Інв. № дубл.
Інв. № подл.	Інв. № подл.	Інв. № подл.

Переробка відходів каландровими методами передбачає каландрування матеріалу (рис. 2.6) і отримання плит і листів для виробництва тари і меблів. Зручність цього процесу для переробки відходів різного складу полягає в простоті його регулювання, шляхом зміни зазору між валками каландра для досягнення хорошого зрізу та диспергування матеріалу. Матеріал добре пластифікується і гомогенізується в процесі обробки, забезпечуючи виготовлення виробів з досить високими показниками міцності.

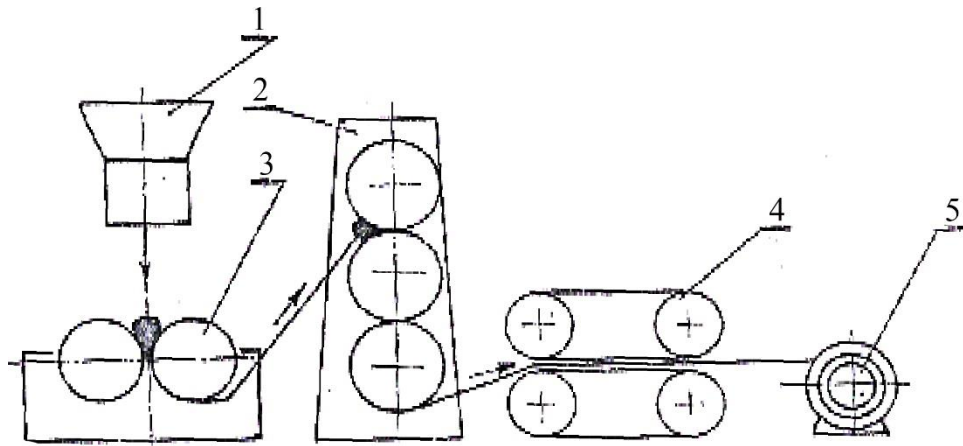


Рисунок 2.6 - Схема переробки відходів ПВХ методом каландрування: 1 - бункер для суміші відходів; 2 - каландр; 3 - змішувальні вальці; 4 - притискний пристрій; 5 - намотувальний пристрій.

Цей спосіб економічно вигідний для термопластів (переважно м'якого ПВХ), які пластифікуються при відносно низьких температурах.

У таблиці 2.2 наведено види плівкової продукції, отриманої з відходів ПВХ.

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подр.	ТС 20510074	Арк
						40
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



Таблиця 2.2 - Типи плівкових виробів, отриманих з відходів ПВХ.

Види виробу	Матеріал основи	Маса, 1м <sup>2</sup> , г
Штучна шкіра для одягу	Натуральні та синтетичні тканини, трико, неткані матеріали	100-250
Шпалери, книжкові палітурки	Папір	250-800
Настили для підлог	Повсть, джут, скловолокно	100-200
Стрічкові транспортери	Спеціальні тканини	800-1200
Вироби типу "сендвіч"	Натуральні та синтетичні тканини	800-1600
Вентиляційні труби	Ґратчасті склотканини	600-1000
Надувні намети	Склотканини	600-800
Дахи теплиць	Ґратчасті склотканини	850 300
Гідроізоляційні матеріали для покрівлі	Ґратчасті склотканини	1000-1800
Брезент для вантажівок	Ґратчасті склотканини	600-700
Намети, дахи для кемпінгу, палуби для човнів	Склотканини	250-600
Легкі захисні брезенти, згорнуті жалюзі	Склополіамідні тканини	350
Підкладки для килимів	Повстяні килимові покриття для підлоги	1000-2000
Облицювання багажника автомобіля	Повстяні, голкопробивні килими	1000-2000

Для підготовки відходів штучної шкіри та лінолеуму німецька фірма «Фогель» розробила пристрій, що складається з ножової дробарки, змішувального барабана та тривалкового рафінуючого вальця. За рахунок високого тертя між обертовими поверхнями, високого тиску пресування та змішування компоненти суміші додатково розбиваються, пластифікуються та гомогенізуються. Матеріал досягає досить гарної якості за один прохід через машину. Продуктивність установки становить приблизно 250 кг/год. Матеріал можна додатково обробляти за допомогою екструдерів, змішувальних валків і каландрів.

Технічні варіанти переробки полівінілхлориду на плівкові вироби.

Підп. і дата
Інв. № докл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № докл.

Оскільки ПВХ широко використовується у виробництві рулонів на текстильній основі, нижче ми розглянемо особливості утилізації відходів цього типу текстильного полімерного матеріалу, який утворюється у великих кількостях як під час виробництва, так і під час використання.

Лише на українських автозаводах щороку при розкрої деталей салону та обшивки салону автомобіля утворюються сотні тонн відходів штучної шкіри та плівкових матеріалів на основі ПВХ. Ці відходи можуть бути використані для отримання вторинних матеріальних ресурсів і подальшого виробництва лінолеуму, пакувальних плівкових матеріалів та іншої продукції.

Технологічний процес використання відходів для виготовлення штучної шкіри та плівкових матеріалів здійснюється за схемою, наведеною на рис. 2.7 За цією програмою можуть виготовлятися різні підлогові покриття (лінолеум, лінолеум), технічна синтетична шкіра та інші матеріали.

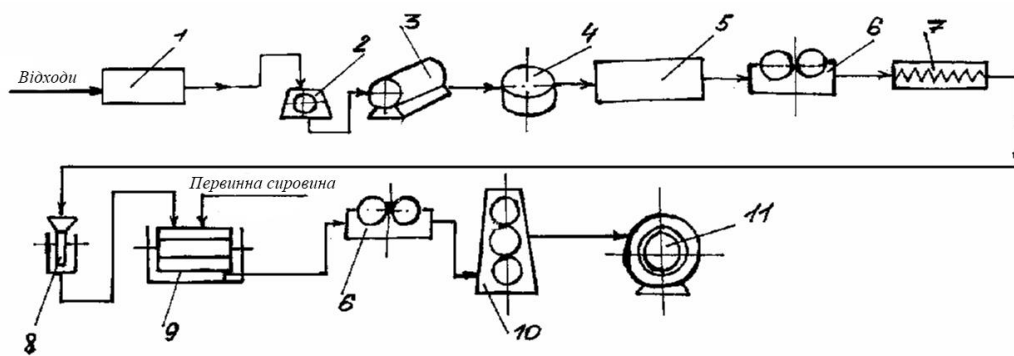


Рисунок 2.7 - Схема виробництва плівкових виробів із відходів ПВХ: 1- вузол сортування відходів; 2-дробарка; 3-мийна машина; 4-центрифуга; 5-сушарка; 6-вальці; 7-екструзійні преси; 8-гранулятор; 9-змішувач; 10-каландр; 11-намотувальний пристрій.

Відходи штучної шкіри спочатку надходять на сміттесортувальну установку 1. Ідеальне сортування відходів має забезпечувати не тільки класифікацію відходів за типом, маркою та кольором, але також за формою, ступенем забруднення, вмістом сторонніх речовин, фізичними та механічними

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074	Арк
						42



## РОЗДІЛ 3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ ЗМІННОГО СКЛАДУ

В Україні щорічно утворюється близько 6 млн тонн відходів пластмас у вигляді використаних пляшок, одноразового посуду, тари різного виду тощо. Ці відходи утилізують шляхом спалювання або закопують у землю. Під час спалювання на звалищах, на сміттєспалювальних заводах в атмосферу виділяються токсичні продукти, зокрема діоксини. Повторне використання цих відходів для виготовлення різних виробів призводить до поступової деградації полімерів і зниження споживчих властивостей.

Переробку відходів пластмас доцільно організувати таким чином. По-перше, налагодити виробництво різних виробів, головним чином нехарчового призначення, по-друге, вважати основним принципом, яким слід керуватися при розв'язанні проблеми утилізації полімерних відходів, раціональне використання властивостей, що збереглися, і, перш за все, високої стійкості до кліматичних чинників і агресивних середовищ. Цей принцип вимагає застосування термомеханічних методів переробки малочутливих до розкиду технологічних параметрів і забрудненості вторинного полімерного матеріалу та накладає обмеження на номенклатуру виробів із нього. Зокрема, вироби з полімерних відходів повинні мати досить великий термін експлуатації, принаймні не менше 10 років, щоб обмежити їхнє потрапляння на третинну переробку.

Спроба знайти ефективне вирішення проблеми утилізації полімерів привела вчених до ідеї використовувати технологію отримання композитних матеріалів для виробництва виробів різного призначення. Нині найбільшого поширення набули неорганічні композити, що мають або керамічну, або металеву матрицю. Такі композити відносно дорогі матеріали, технологія їхнього виробництва досить складна, використовують їх переважно під час виробництва важко навантажених виробів відповідального призначення.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № докл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074	Арк 44
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------





### 3.2 Пропонована технологія переробки відходів полімерів змінного складу в будівельні матеріали

Широке застосування полімерної сировини в різних галузях народного господарства стало причиною появи великої кількості відходів, що становлять загрозу екологічній обстановці. У рамках розв'язання цієї проблеми робляться спроби їх переробки в будівельні звукоізоляційні композити. Поєднання різних полімерів і спінювальних добавок призводить до створення спіненого матеріалу, властивості якого кількісно і якісно відрізняються від властивостей кожного окремого компонента.

Переваги спіненого полімерного композиту - пористого матеріалу, полягає в унікальному поєднанні звукоізоляційних і конструктивних властивостей, що ставлять його в ряд з довговічними будівельними звукоізоляційними матеріалами. Причинами того, що промислове виробництво піноматеріалів із вторинних полімерів досі недооцінене і не отримало широкого застосування в практиці будівництва, є не експлуатаційні його характеристики, а технологічні особливості переробки вторинних полімерів. Технологія переробки полімерних відходів завжди була і залишається досить складним і дорогим завданням порівняно з іншими матеріалами.

Як спінювальний агент застосовують відходи ПВХ, під час розкладання яких утворюється газ, що з підвищенням температури набуває великої швидкості. У результаті спінювання швидкість фізичних і хімічних процесів може прискоритися або сповільнитися. Молекули газу, рухаючись, прагнуть знайти вихід, внаслідок чого утворюються відкриті пори, які сполучаються між собою, що сприятливо впливає на коефіцієнт звукоізоляції.

Газоподібні продукти термічної деструкції полімерних компонентів сумішей відходів полімерного складу являють собою важкі гази, такі як вуглеводні фракції  $C_3 - C_5$ ,  $CO_2$  тощо, молекулярна маса яких значно перевищує молекулярну масу хлористого водню - основи газоподібного агента, який

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 20510074

Арк

47

Вип Арк № докум. Підп. Дата





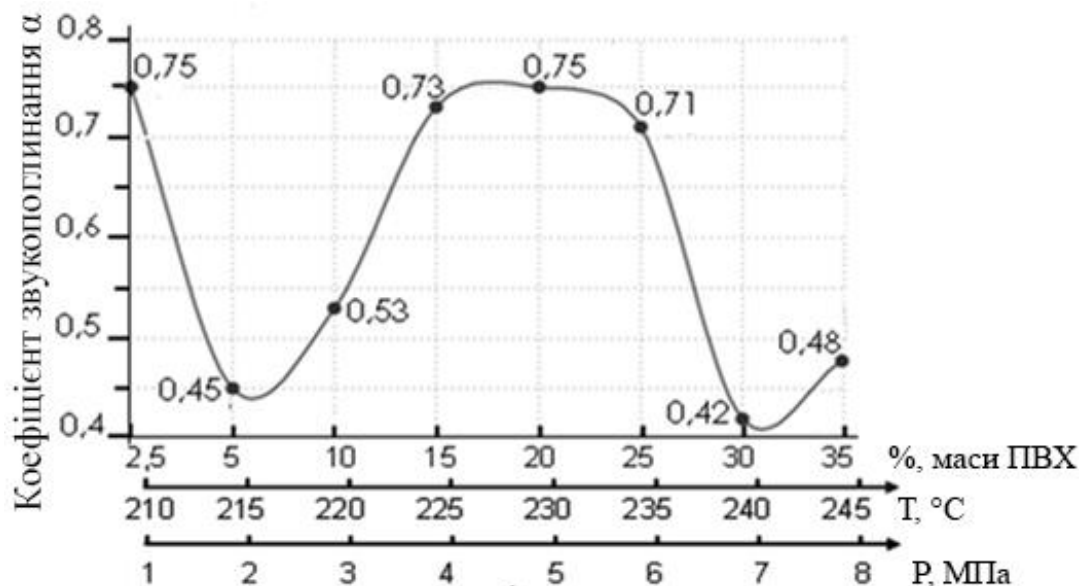


Рисунок 3.1 - Залежність коефіцієнта звукопоглинання від температури, спінювального агента ПВХ і тиску

В результаті підвищення температури до верхньої межі, молекули газу набувають більшої швидкості, за рахунок тиску, що додається на композицію. Зі зростанням температури кількість активних молекул спінювального агента збільшується, що і призводить до різкого зростання процесу спінювання. Це пов'язано з тим, що молекули газу мають достатню енергію, щоб створити можливість утворення відкритих пір, що сполучаються між собою.

При зниженні температури до нижньої межі, спінювальний агент також піддається деструкції. При підтримці процесу, при такій температурі суміш композиції набуває в'язкотекучого стану, що веде переважно до утворення закритих осередків, наповнених газом. При такому утворенні комірчастого матеріалу фізичні властивості його змінюються.

Відомо, що при впливі температури і тиску в інтервалах max і min, суміш композиції набуває в'язкотекучого стану. Найкращого результату можна досягти, лише знизивши тиск до 7 МПа і підвищивши температуру в межах 220-240 °C і ПВХ до 30 %.

Розкладання ПВХ починається, як правило, вже на стадії плавлення композиції і завершується під час остаточного переходу всієї маси у в'язкотекучий

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № добул.	

ТС 20510074

Арк



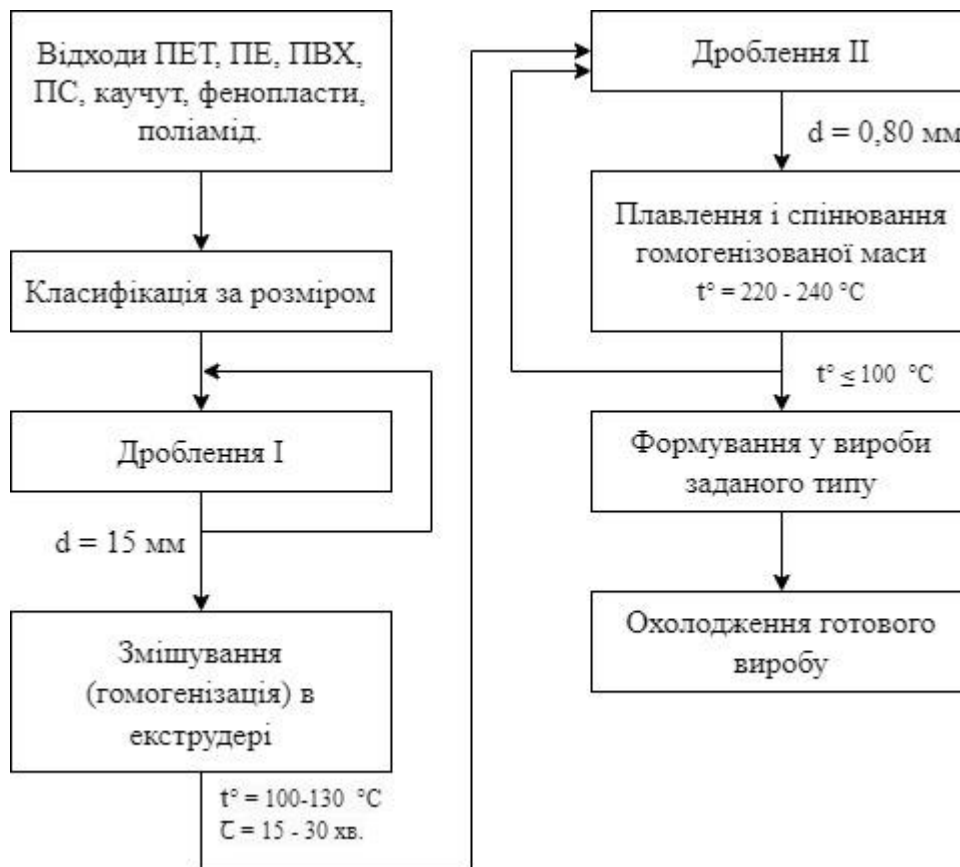


Рисунок 3.2 - Принципова технологічна схема переробки відходів пластмас змінного складу на звукоізоляційний матеріал

Перша і друга стадії процесу (рис. 3.2.) включають сортування відходів за зовнішнім виглядом та їх класифікацію. У результаті третьої стадії дроблення, відходи пластмас набувають розмірів ( $d = 15$  мм), достатніх для того, щоб можна було здійснити четверту стадію.

Четверта стадія є однією з найбільш відповідальних у процесі. У результаті полімерні відходи інтенсивно змішуються за температури  $100-130$  °C і набувають однорідної маси.

П'ята стадія необхідна для подрібнення полімерних відходів у грубозернисту крупку ( $d = 0,80$  мм). Шостою стадією процесу є плавлення і спінювання гомогенізованої маси ( $t^0 = 220-240$  °C).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

На цьому етапі спінена маса при температурі  $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$  направляється на формувальний вузол. Восьмою заключною стадією процесу є охолодження готового виробу.

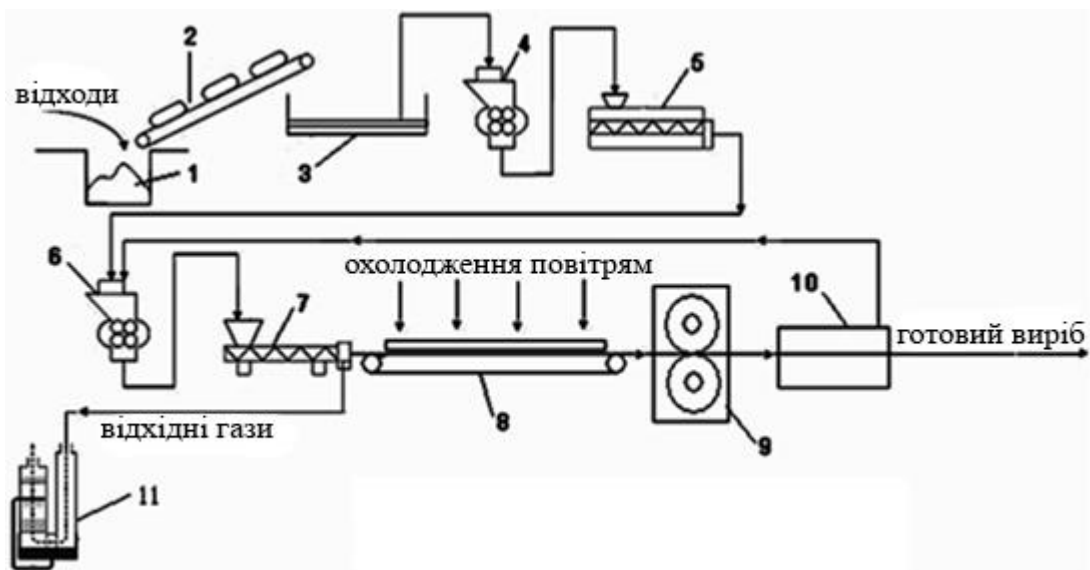


Рисунок 3.3 - Апаратурно-технологічна схема з переробки відходів пластмас на звукоізоляційну плиту: 1 - бункер-накопичувач, 2 - конвеєр, 3 - класифікатор пластмасових відходів, 4 - дробарка I, 5 - екструдер, 6 - дробарка II, 7 - плавильнонагрівна піч, 8 - транспортер, 9 - формувальний пристрій, 10 - верстат для вертикального обрізання, 11 - скруббер.

Встановлено, що коефіцієнт теплопровідності та звукопоглинання зменшується зі зменшенням густини матеріалу, як показано на рис.3.4.

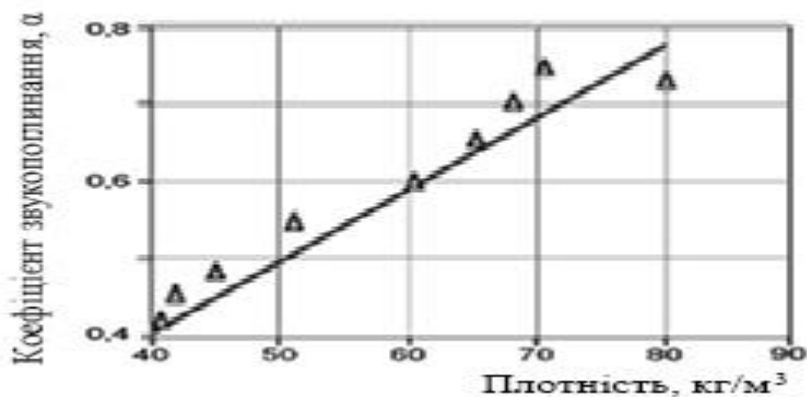


Рисунок 3.4 - Залежність звукопоглинання від щільності

Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.	Інв. № дубл.
Інв. № подл.	Інв. № подл.

Як видно з графіків, зі збільшенням щільності матеріалу коефіцієнт теплопровідності та звукопоглинання також збільшується, що пояснюється збільшенням частки полімеру та зменшенням об'єму газу в структурах отриманого матеріалу. Порівняно з широко використовуваним для теплоізоляції скляним штапельним волокном, коефіцієнт теплопровідності пропонованого матеріалу становить 0,041 Вт/(м·К), порівняно з 0,047 Вт/(м·К) у скляного волокна за однакової щільності - 30 кг/м<sup>3</sup>. Це свідчить про більш ефективне використання пропонованої композиції для теплоізоляції. Що стосується звукопоглинання, то пропонований матеріал відповідає другому класу ДСТУ 23499-79 "Матеріали і вироби будівельні, звукопоглинальні та звукоізоляційні. Классификация и общие технические требования".

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості композиційних матеріалів на основі вторинних полімерів.

Полімери	Склад композиції, % мас			
Полівінілхлорид	15	20	25	30
Поліетилен	35	25	15	5
Поліетилентерефталат	40	45	50	55
Каучук	10	10	10	10
Міцність при стисненні, МПа	0,56	0,51	0,46	0,35
Коефіцієнт звукопоглинання, $\alpha$	0,68	0,63	0,52	0,42

Переробка відходів полімерів за даною технологією дає змогу отримати звукоізоляційний матеріал із характерною пористо-комірчастою структурою, який застосовують у будівництві, як у житлових, так і в нежитлових спорудах. Відповідає ГОСТ 12.3.030-83 ССБТ. "Переробка пластичних мас. Вимоги безпеки". Пропонована технологія покращує стан довкілля, дає змогу економити первинну сировину та електроенергію.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№дубл.	Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№	Взаєм.інв.№
Інв.№лодл.	Інв.№лодл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510074	Арк
						53



- Безпечне зберігання хімікатів: Організація безпечного зберігання хімічних речовин, що використовуються в процесах оброблення полімерів, у спеціально призначених місцях, з дотриманням усіх необхідних заходів безпеки.

### 3. Контроль за станом повітряного середовища:

- Моніторинг якості повітря: Регулярний моніторинг концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Використання стаціонарних та переносних приладів для визначення рівня забруднення.

- Аварійна вентиляція: Встановлення системи аварійної вентиляції для екстреного видалення шкідливих викидів у разі виникнення аварійних ситуацій. Забезпечення працівників інформацією про порядок дій у таких випадках.

## 4.2 Організація робочих місць

Організація робочих місць має на меті створення безпечних і комфортних умов праці, що включає:

### 1. Правильне розміщення обладнання:

- Ефективне планування простору: Обладнання має бути розміщене таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для обслуговування та ремонту. Врахування розміщення проходів, виходів і евакуаційних шляхів.

- Захист від шуму та вібрації: Використання шумопоглинаючих матеріалів і конструкцій для зменшення рівня шуму і вібрацій. Обладнання робочих місць системами демпфірування вібрацій.

### 2. Ергономіка робочого місця:

- Ергономічний дизайн: Робочі місця повинні бути спроектовані з урахуванням ергономічних вимог для зниження фізичного навантаження на працівників. Регульовані робочі поверхні, крісла з підтримкою для спини, забезпечення можливості зміни пози.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата







- Практичні заняття: Регулярне проведення практичних занять з евакуації та користування засобами пожежогасіння. Перевірка знань працівників про порядок дій у надзвичайних ситуаціях.

#### 4.6 Охорона навколишнього середовища

Діяльність, пов'язана з обробленням полімерних відходів, може мати значний вплив на навколишнє середовище, тому необхідно вживати заходів для мінімізації цього впливу:

##### 1. Контроль за викидами:

- Моніторинг викидів: Моніторинг та контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферу, воду та ґрунт. Використання сучасних приладів для вимірювання рівня забруднення.

- Очисні споруди: Використання фільтрів та очисних споруд для зниження викидів шкідливих речовин. Регулярне обслуговування та модернізація цих споруд для підвищення їх ефективності.

##### 2. Впровадження екологічно безпечних технологій:

- Технології зниження відходів: Використання технологій, що знижують утворення відходів та мінімізують негативний вплив на довкілля. Перехід на безвідходні або маловідходні виробничі процеси.

- Переробка відходів: Переробка та повторне використання відходів для зниження навантаження на навколишнє середовище. Впровадження замкнених циклів виробництва, де відходи одного процесу використовуються як сировина для іншого.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510074					Арк
										58
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

## ВИСНОВОК

В результаті проведених досліджень та аналізу сучасних технологій оброблення комбінованих полімерних та поліламінатних відходів були досягнуті наступні результати:

1. Аналіз існуючих технологій: У роботі детально проаналізовано існуючі методи оброблення полімерних та поліламінатних відходів, що дозволило виявити їхні переваги та недоліки. Основні технології включають механічну, хімічну та термічну переробку, кожна з яких має свої особливості та обмеження.

2. Екологічні та економічні аспекти: Проведено оцінку екологічних та економічних аспектів застосування різних технологій. Було виявлено, що впровадження ефективних методів утилізації може значно знизити негативний вплив на довкілля та здоров'я людей, а також забезпечити економічну вигоду за рахунок зменшення витрат на сировину та енергію.

3. Інноваційні підходи: Визначено перспективні інноваційні підходи до утилізації та переробки відходів. Зокрема, запропоновано використання відходів полімерів змінного складу для виготовлення будівельних матеріалів, що може стати ефективним шляхом вторинного використання ресурсів.

4. Рекомендації щодо впровадження: Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження ефективних технологій на підприємствах. Ці рекомендації включають вибір оптимальних методів переробки в залежності від типу відходів, впровадження систем моніторингу та контролю за викидами, а також необхідність професійного навчання персоналу.

Таким чином, результати дослідження підтверджують актуальність і необхідність впровадження ефективних технологій оброблення комбінованих полімерних та поліламінатних відходів для зниження негативного впливу на довкілля та забезпечення економічної вигоди

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

ТС 20510074

Арк

59

Вип Арк № докум. Підп. Дата

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Azman I., Fatin N., Syajaratunnur Y., Andreas Ö. Materials and Technologies for Future Advancement. Cham: Springer, 2023, 205 p.
2. Angelo B., Alfredo C., Navin K. Rastogi. Current Trends and Future Developments On (bio-) Membrane. Amsterdam: Elsevier, 2020, 348 p.
3. Satinder K., Saurabh J., Kannan P. Platform Chemical Biorefinery: Future Green Chemistry. Amsterdam: Elsevier, 2017, 513 p.
4. Shadia J., Bowen L., John S., Sergio N. Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2016. Cham: Springer, 2016, 133 p.
5. Garg S., Amrish C. Photocatalysis for Environmental Remediation and Energy Production: Recent Advances and Applications. Cham: Springer, 2023, 361 p.
6. Filippo G., Sabzoi N. Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022, 404 p.
7. Miguel B., Marcelo Z., Sergio M., Pablo T. Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022, Quito, Ecuador, November 23-25, 2022, Revised Selected Papers. Cham: Springer, 2023, 226 p.
8. Muhammed N., Amiril S., Mohamad R., Zulhelmi I. Recent Trends in Manufacturing and Materials Towards Industry 4.0: Selected Articles From IM3F 2020, Malaysia. Singapore: Springer, 2021, 201 p.
9. Vijay P., Shalini Y., Ram N. Water Quality Management: Select Proceedings of ICWEES-2016. Singapore: Springer, 2018, 230 p.
10. Ali K., Subramanian S. Polymer Technology in Dye-containing Wastewater. Singapore: Springer, 2022, 245 p.
11. George Z., Athanasios C. Composite Nanoadsorbents. Amsterdam, Netherlands: Cambridge, 2019, 385 p.
12. Mikulionok, I. O. A state of art and prospects of plastic solid waste management. / Kyiv, 2021, 52 - 73 p.

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.
Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.
Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.
Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.

TC 20510074

Арк

60

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

URL:<https://www.researchgate.net/publication/352867584> A STATE OF ART AN D PROSPECTS OF PLASTIC SOLID WASTE MANAGEMENT (дата звернення: 20.05.2024)

13. Suresh C., Sarah H. Sol-gel Materials for Energy, Environment and Electronic Applications. Cham: Springer, 2017.  
URL:<https://www.researchgate.net/publication/321531015> Sol-Gel Materials for Energy Environment and Electronic Applications (дата звернення: 20.05.2024)

14. Ropp R. Inorganic Polymeric Glasses. New York: Elsevier, 2016, 53 p.  
URL:<https://www.researchgate.net/publication/308103786> POLYMERIC INORGANIC GLASSES By (дата звернення: 20.05.2024)

15. Lucas F. Materials Design and Applications. Switzerland: Springer, 2017, 186 p.

16. Куц В.П. Доцільність поєднання в системах пилоочищення апаратів відцентрового та мокрого вловлювання / Куц В.П., Балабан С.М. // Збірник матеріалів 4-го Міжнародного конгресу. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21 - 23 вересня 2016 року. - Львів.: НУЛП, 2019. - 122с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/21492> (дата звернення: 20.05.2024)

17. Бичкар, Є. С. Підприємство з виготовлення картонних виробів з дослідженням способів поверхневої обробки картону та їх вплив на адгезію полімерних плівок : магістерська дис. : 186 Видавництво та поліграфія / Бичкар Євгенія Сергіївна. – Київ, 2024. – 110 с URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65012> (дата звернення: 20.05.2024)

18. Первая Н. В. Технології виробництва натуральних шкір для взуття людей похилого віку : монографія / Н. В. Первая, О. А. Андреева. – Київ : КНУТД, 2021. – 236 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19920> (дата звернення: 20.05.2024)

19. Мікульонок, І. Технологічні основи перероблення полімерних

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

						ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			61

матеріалів. Київ:КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, 293 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a01b3f86-c11f-49e8-8dc5-49c03b765a0e/content> (дата звернення: 20.05.2024)

20. Мозуль Д. Б. Технології поводження з полімерними відходами : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 183 - технології захисту навколишнього середовища / наук. кер. С. В. Сидоренко. Суми : Сумський державний університет, 2022. 57 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89772> (дата звернення: 20.05.2024)

21. Застосування наповнених дисперсій водорозчинних полімерів для функціоналізації волокнистих матеріалів [Текст] / В. П. Плаван, О. В. Іщенко, Н. В. Тарасенко, Ю. О. Будащ, А. І. Колодій // Технології та інжиніринг. - 2023. - № 1 (12). - С. 73-85. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/23312> (дата звернення: 20.05.2024)

22. Плаван В., Касич А., Бутенко О. Освіта для сталого майбутнього: екологічні, технологічні, економічні і соціокультурні питання. Київ, 2024, 309 с.

23. Тарасенко Н. Створення хемосорбційних композиційних матеріалів на основі волокнистих відходів для очищення водних розчинів від іонів важких металів. Київ, 2023, 174 с. URL: [https://knutd.edu.ua/files/science/razovi-vcheni-rady/Dissertation\\_Tarasenko\\_N.V.pdf](https://knutd.edu.ua/files/science/razovi-vcheni-rady/Dissertation_Tarasenko_N.V.pdf) (дата звернення: 20.05.2024)

24. Тюжина, С. Є. Технології утилізації полімерних відходів : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 183 - технології захисту навколишнього середовища / наук. кер. Д. О. Лазненко. Суми : Сумський державний університет, 2021. 63 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85640> (дата звернення: 20.05.2024)

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 20510074	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			62