

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природоохоронних технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
за напрямом підготовки 183 „Технології захисту
навколишнього середовища”**

Тема роботи: Технології поводження з полімерними відходами

Виконав:

студент Мозуль Д.Б

Залікова книжка
№ 18510217

Підпис _____

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Керівник:

Ст. викл. Сидоренко С.В

Підпис _____

дата, підпис

Консультант з охорони праці

Васькін Р.А.

Підпис _____

Секретар ЕК

Батальцев Є.В.

Суми 2022

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**

Студенту Мозуль Дмитро Борисович Група ТС-81
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи
Технології поводження з полімерними відходами

2. Вихідні дані Дані про види, типи та класи полімерних відходів. Статистичні дані про утворення полімерних відходів в Україні та світі. Загальна проблема утворення та переробки полімерних відходів

3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:
1. Характеристика систем класифікації полімерних відходів
 2. Аналіз сучасних технологій та схем перероблення полімерних відходів
 3. Аналіз інформації щодо накопичення та перероблення полімерних відходів
 4. Характеристика методу механічного рециклінгу, виявлення переваг та недоліків цього методу

4. Етапи виконання випускної роботи:

№№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
	Розділ 1	+	+				
	Розділ 2		+	+			
	Розділ 3			+	+		
	Охорона праці					+	+

5. Дата видачі завдання 30 березня 2022 р.

Керівник _____
 (підпис)

Сидоренко С.В.
 (посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 30 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 57 с., у тому числі 1 таблиця, 15 рисунків, список використаних джерел 4 сторінки.

Мета роботи – охарактеризувати сучасні стратегії переробки полімерних відходів, проаналізувати їх ефективність, особливості та використання у світі та Україні. Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі задачі:

- характеристика та аналіз наявних національних та міжнародних систем класифікації полімерних відходів;
- аналіз сучасних технологій та схем переробки полімерних відходів;
- аналіз статистичної інформації щодо накопичення та переробки полімерних відходів;
- характеристика методу механічного рециклінгу, як найбільш широко вживаного методу переробки полімерних відходів
- виявлення переваг та недоліків цього методу;
- аналіз статистики та ефективності його використання.

Об'єктом дослідження є полімерні відходи, предметом – шляхи переробки полімерних відходів.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано способи та технології переробки полімерних відходів, складено схеми їх класифікації, проведено критичний аналіз літературних джерел щодо особливостей використання різних стратегій поводження з полімерними відходами. Більш детально досліджено переваги та недоліки механічного рециклінгу, як технології переробки полімерних відходів.

Ключові слова: ПОЛІМЕРНІ ВІДХОДИ, ПЛАСТИК, ПЕРЕРОБКА, РЕЦИКЛІНГ, СТРАТЕГІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ, ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП.....	5
Розділ 1. Полімерні відходи, їх класифікація	8
1.1 Визначення поняття «полімерні відходи», склад та основні характеристики ...	10
1.2 Класифікація полімерних відходів за різними ознаками	15
Розділ 2. Аналіз сучасних технологій переробки полімерних відходів	19
2.1 Стратегії поводження з полімерними відходами, динаміка їх утворення	20
2.2 Переробка як варіант вирішення проблем, пов'язаних із накопиченням відходів	23
2.3 Основні етапи та технології переробки, їх особливості	24
Розділ 3. Механічний рециклінг, як найбільш широко вживаний метод переробки полімерних твердих відходів	28
3.1 Основні технологічні процеси	28
3.2 Переваги та недоліки, перспективи використання	37
3.3 Використання у світі	41
Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	45
Висновки	50
Перелік використаних джерел:	53

Підп. і дата		Підп. і дата		Взаєм. інв. №		Інв. № дубл.		Підп. і дата	
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 18510217				
Розроб.	Мозуль				Технології поводження з полімерними відходами	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.	Сидоренко					4	57		
Н.Конт	Васькін					СумДУ, ф-т ТеСЕТ			
Затв.	Пляцук					гр. ТС – 81/1			

ВСТУП

Перші процеси переробки полімерів виникли у ХІХ ст. Після цього знадобилося майже сто років, щоб збільшення числа методів переробки, їх удосконалення та математичне моделювання призвело до створення такої науково-технічної дисципліни, як технологія переробки полімерів.

Актуальність даної роботи зумовлена зростаючим поширенням та інтенсифікацією використання полімерних матеріалів у всіх сферах людського життя, у першу чергу у виробництві та побуті. Цей процес зумовлено зручністю та гарними експлуатаційними якостями полімерних матеріалів, їх універсальність та відносно невелика вартість. Сьогодні полімери знайшли широке застосування у виробництві виробів технічного призначення; тари та упаковки, медичних виробів, товарів господарського використання. До 40% світового виробництва полімерів використовують у пакувальній промисловості.

Проблема поводження з полімерними відходами стає гострою з середини 80-х років ХХ-го століття, коли розгорталися процеси «хімізації» народного господарства, налагоджувалося виробництво продукції з полімерних матеріалів і в світі, і в Україні. Про актуальність дослідження у цій галузі свідчить зростаюча останні 10 років кількість наукових праці, статей, монографій, присвячених взагалі стратегіям поводження з відходами, та їх окремим аспектам. Дослідженнями у галузі вторинної переробки полімерних виробів з позицій технології, економіки та екології, соціології та інших аспектів, приділяють увагу багато зарубіжних та вітчизняних дослідників. Серед них публікації з питань рециклінгу пластмас: Д.Д. Рябінін і Ю.Е. Лукач, В.А. Силін, В.А. Пахаренко та В.Г. Герасимчук [4], І.О. Мікульонок та Л.Б. Радченко Л.Б. [9, 10], І. М. Кузяєв, В.А. Свідерський і А.Д. Петухов [7] та ін.

Вироби з полімерів по закінченні використання потрапляють на звалища, причому тара і упаковка мають найбільш короткий термін служби – від декількох днів до року. Частка полімерів у складі твердих побутових відходів зростає.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.Недубл.	Підп. і дата	ТС 18510217	Арк
						5
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

- виявлення переваг та недоліків цього методу;
- аналіз статистики та ефективності його використання.

Об'єктом дослідження є полімерні відходи, предметом – шляхи переробки полімерних відходів.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510217	Арк
						7
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

РОЗДІЛ 1

ПОЛІМЕРНІ ВІДХОДИ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Зрозуміло, що обсяги та склад відходів залежать від використання та виробництва виробів з відповідних матеріалів. Тож доцільним є розглянути динаміку та особливості виробництва пластмас та виробів з полімерних матеріалів.

Найбільш поширеними у сучасному світі є вироби з пластмаси. Термін "пластмаси" означає матеріали, які під дією зовнішнього впливу (зазвичай, температури і тиску, а за потреби – дії розчинника чи пластифікатора), здатні під час полімеризації чи на якій-небудь подальшій стадії набувати у процесі пресування, лиття, екструзії чи іншого процесу заданої форми, яку вони здатні зберігати і після закінчення цього впливу.

Масове виробництво пластмас почалося в 1950-х роках, відтоді у всьому світі було виготовлено понад дев'ять мільярдів тон пластмасових матеріалів. У 2020 році світовий ринок пластику оцінювався в 580 мільярдів доларів США, і очікується, що в наступному десятилітті він значно зростатиме. Річне світове виробництво пластику досягло максимуму 368 мільйонів метричних тон у 2019 році. Однак у подальші роки спостерігалось стійке зниження обсягів виробництва, яке експерти пов'язують з загальною тенденцією зменшення обсягів виробничих процесів в наслідок пандемії.

Аналогічні процеси збільшення обсягів хімічного виробництва, і зокрема виробництва пластмас, спостерігаються і в Україні [29].

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

						ТС 18510217	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			8

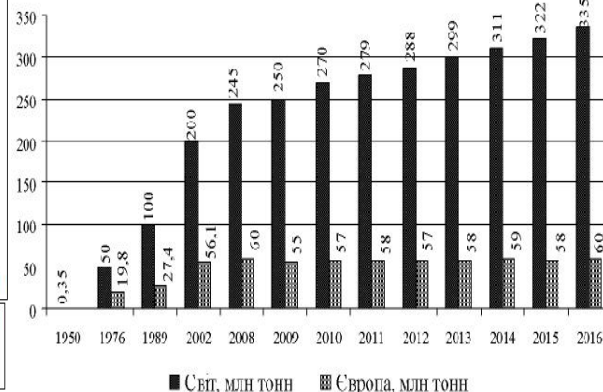
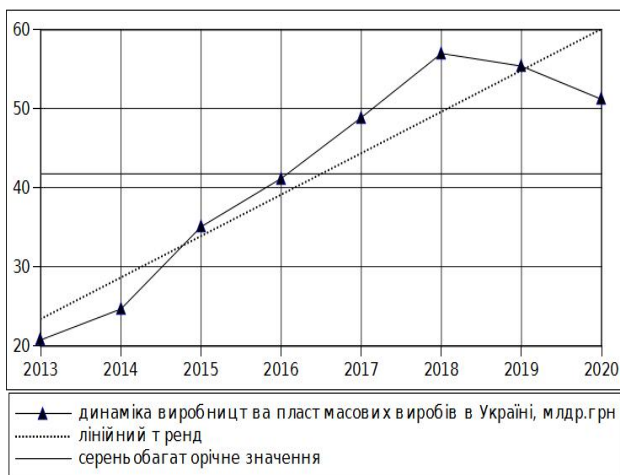


Рисунок 1.1 – Графік багаторічної динаміки обсягів виробництва пластмасових виробів в Україні та світі

Порівняння наведених графіків (рис.1.1) свідчить про спільні тенденції у багаторічній динаміці обсягів виробництва пластмас та пластикових виробів у світі, Європі та Україні, проте спостерігається затримка, так значний стрибок у обсягах виробництва у світі та Європі відбувся ще на початку 2000-них, тоді як в Україні майже на 10 років пізніше. Це один з факторів, які пояснюють, чому у Європейських країнах та США питання рециклінгу та утилізації полімерних відходів вирішені на сьогодні набагато краще та раціональніше, ніж в Україні.

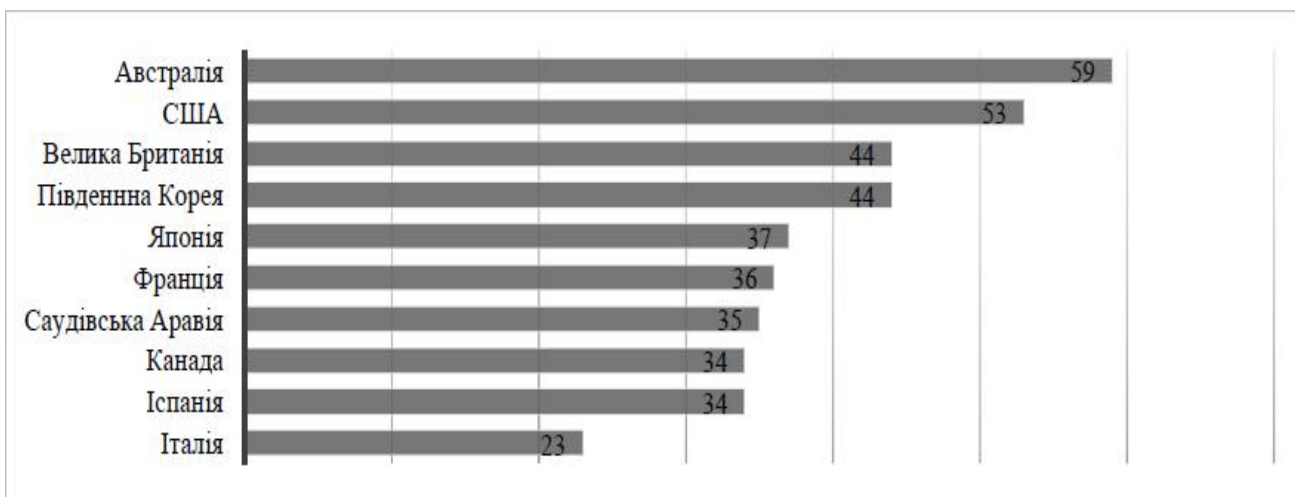


Рисунок 1.2 – Десятка країн з найбільшими обсягами утворення пластикових відходів на душу населення у 2020 р. (кг) [25]

Як видно з діаграми (рис1.2) лідерами за обсягами утворення полімерних відходів є Австралія та США, значні обсяги утворення відходів характерні для

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.Недубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

9

більшості розвинених країн західної Європи. Таким чином, стає зрозумілим, що ключ до вирішення проблем накопичення полімерних відходів та забруднення навколишнього середовища лежать у площині їх переробки та вторинного використання матеріалів.

1.1 Визначення поняття «полімерні відходи», склад та основні характеристики

Полімер – це хімічна сполука, що складається з ланцюгів ковалентно зв'язаних атомів. Полімерними називають природні та штучні сполуки, молекули яких складаються з великого числа повторюваних однакових або різних за будовою атомних угруповань, з'єднаних між собою хімічними або координаційними зв'язками в довгі лінійні або розгалужені ланцюги.

Якщо ці атоми однакові, то такі полімери називають гомоланцюговими. Найбільш поширеними є органічні гомоланцюгові полімери, ланцюг яких становлять атоми вуглецю, оточені атомами – органогенами. Якщо полімерний ланцюг складається з різних атомів, то відповідні полімери називають гетероланцюговими. Є три основні структурні форми полімерних молекул. За цими формами полімери поділяють на лінійні, розгалужені і зшиті.

Полімери за особливостями структури макромолекули може бути лінійним, розгалуженим, сітчастим, просторовим, тощо.

Відповідно, полімерними відходами є виробничі та побутові відходи полімерної хімічної природи. Вони здебільшого формуються за рахунок накопичення різноманітних пластикових виробів, що втратили свою експлуатаційну цінність.

Полімери є унікальною групою матеріалів, що мають безліч корисних властивостей при невисокій вартості. За своєю природою вони є високомолекулярними сполуками, що складаються з багатьох тисяч повторюваних груп атомів – мономерів. Від хімічної будови мономерів та від їх

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

					ТС 18510217		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			10

просторового розташування та взаємодії з іншими атомами тієї ж самої чи інших молекул полімеру та залежать його властивості.

Головне, що визначає якість полімеру та можливість його застосування у тій чи іншій області – це механічні властивості полімерів. Вони залежать від атомного складу макромолекули, її молекулярної маси, просторової та кристалічної структур та фізичного стану. Всі полімери тією чи іншою мірою характеризуються хорошими еластичність і міцність.

Полімери можуть перебувати в твердому і рідкому станах (газоподібний стан для них не характерний), кристалічному та аморфному фазових станах, а також у склоподібному, високоеластичному та в'язкотекучому деформаційних фізичних станах.

Гнучкість макромолекули і, відповідно, еластичність полімерів у випадку знижується зі зростанням молекулярної маси. Міцні властивості полімерів підвищуються зі зростанням молекулярної маси. Кристалічні полімери мають більшу міцність, ніж аморфні.

Для розгляду та дослідження технологій переробки полімерних матеріалів дуже важливим є аналіз основних фізичних та хімічних властивостей полімерів, що найчастіше та найширше використовуються у сучасних технологічних процесах, адже саме розуміння властивостей молекул полімерів є ключовим формування стратегій поводження з полімерними відходами. Основні характеристики найбільш поширених полімерів наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика найбільш поширених у господарстві полімерних матеріалів (складено за [18])

№	Назва полімерного матеріалу	Формула	Основні фізичні та хімічні властивості	Особливості використання
1	Поліетилен	$(-CH_2 - CH_2-)_n$	Поділяється на кілька видів, властивості яких суттєво	стійкий до води органіки та хлорорганіки, нестійкий до сильних окисників та

Підп. і дата	Інв. Недубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. Неподр.
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

11

			відрізняються	фотодеструкції, відмінні діелектричні характеристики, широкий діапазон температур експлуатації.
2	Поліпропілен	$(-\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 -)_n$	мають значний ступінь кристалічності	висока термостійкість, хороша міцність і жорсткість, стійкість до стирання, еластичність, використовується здебільшого у вигляді сополімерів
3	Полістирол	$(\text{C}_8\text{H}_8)_n$	Щільність: 1,069—1,125 г/см ³ синтезують шляхом полімеризації стиролу	У чистому вигляді є крихким прозорим пластиком, використовується у вигляді сополімерів
4	Полівінілхлорид	$(-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n$	термопласт, синтезується шляхом полімеризації вінілхлориду (хлоретилену), полімер з молекулярною масою від 30000 до 150000, із щільністю 1400 кг/м ³	Має хороші фізико-механічні властивості, використовується у будівництві через свою важкогорючість. При нагріванні понад 140 ° C розкладається з виділенням хлористого водню
5	Політетрафторетилен	$(-\text{CF}_2 - \text{CF}_2 -)_n$	є термопластичним полімером, який одержують полімеризацією тетрафторетилену	відмінну хімічну стійкість, діелектричні характеристики, одну з найширших амплітуд температур експлуатації,

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

12

				прекрасні антифрикційні та гідрофобні властивості
6	Поліметилметакрилат	$(C_5O_2H_8)_n$	Щільність: 1,18 г/см ³ Температура плавління: 160°C	оптична прозорість, що дозволяє застосовувати матеріал у світлотехніці, а також електротехніці, лазерній техніці та як клейову основу, володіє хорошою міцністю, хімічною та маслобензостійкістю
7	Поліаміди	—NH—CO—	термопластичних полімерів, що мають у ланцюзі макромолекули амідогрупу	висока міцність, хімічна резистентність, зносостійкість, маслобензостійкість, хороші діелектричні якості, висока хімічна резистентність
8	Реактопласти (термореактивні смоли)			характеризуються дуже високими хімічними властивостями, хорошими термо-механічними та діелектричними характеристиками, не здатні до повторної переробки через утворення неплавкої сітчастої структури між макромолекулами

Перелічені у таблиці 1.1 полімери по-різному використовуються та відповідно складають різну частку у обсязі відходів. При розгляді структури полімеру потрібно враховувати: будову кінцевих груп, які відрізняються від

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

13

будови основної ланки, яка повторюється (це суттєво для олігомерів); неоднорідність хімічного складу (результат побічних реакцій при утворенні); неоднорідність за числом складових ланок, обумовлену статистичним характером протікання реакцій утворення; різне просторове розміщення ланок у макромолекулі; надмолекулярну структуру.

Звісно, в залежності від особливостей використання полімерів, їх частка у загальній та галузевій структурі утворення полімерних відходів.



Рисунок 1.3 – Структура полімерних відходів за хімічною природою

Виділення груп полімерів різного рівня засновані на різних ознаках, серед яких: походження, склад, методи утворення, структура, галузі використання. Так за походженням полімери поділяються на: природні або натуральні, до яких відноситься велика група (білки, крохмаль, целюлоза, натуральний каучук, природний графіт та ін.), синтетичні – утворені синтезом з низькомолекулярних речовин — мономерів (поліетилен з етилена, полістирол із стирола), штучні —

Інв.Неподл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.Недубл.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

14

утворюються з природних полімерів шляхом їхньої хімічної модифікації (наприклад, при взаємодії целюлози з азотною кислотою утворюється нітроцелюлоза). Найбільшою є група синтетичних полімерів, аде синтез дозволяє значно змінювати та регулювати, склад, структуру у відповідності до необхідних властивостей матеріалів.

Звісно при розгляді проблем утилізації полімерних відходів в рамках теми даної роботи ми, перш за все, маємо справу із синтетичними полімерами, класифікація яких наведена у наступному підрозділі.

1.2 Класифікація полімерних відходів за різними ознаками

Полімерні відходи за походженням поділяють на відходи виробництва та відходи споживання.

Відходи виробництва являють собою технологічні відходи, що виникають на підприємствах синтезують і переробних полімери.

Відходи споживання – це відходи виробничого споживання формуються в різних галузях господарства, наприклад, Автомобільні шини, парникова плівка, мішки від добрив тощо. Серед них виділять відходи громадського споживання накопичуються у населення, на підприємствах громадського харчування та ін. Останні становлять приблизно половину всіх виходять з ужитку полімерів, і обсяги цієї групи безперервно ростуть.

Полімерні відходи також можна класифікувати за складністю та рентабельністю утилізації; за видами і типами полімерів.

За складністю та ціною переробки виділяють полімерні відходи з хорошими властивостями, з середніми властивостями, а також відходи, які важко утилізувати. Придатність до переробки визначається як характеристиками безпосередньо полімеру, так і чистотою відходів. Легше за все утилізувати чисті відходи виробництва (літники, обрізки, лом). Виділяють також умовно чисті відходи споживання, які накопичуються в місцях, де налагоджені збір та сортування або вони не потрібні (медичні одноразові вироби і системи, плівка,

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непокл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

15

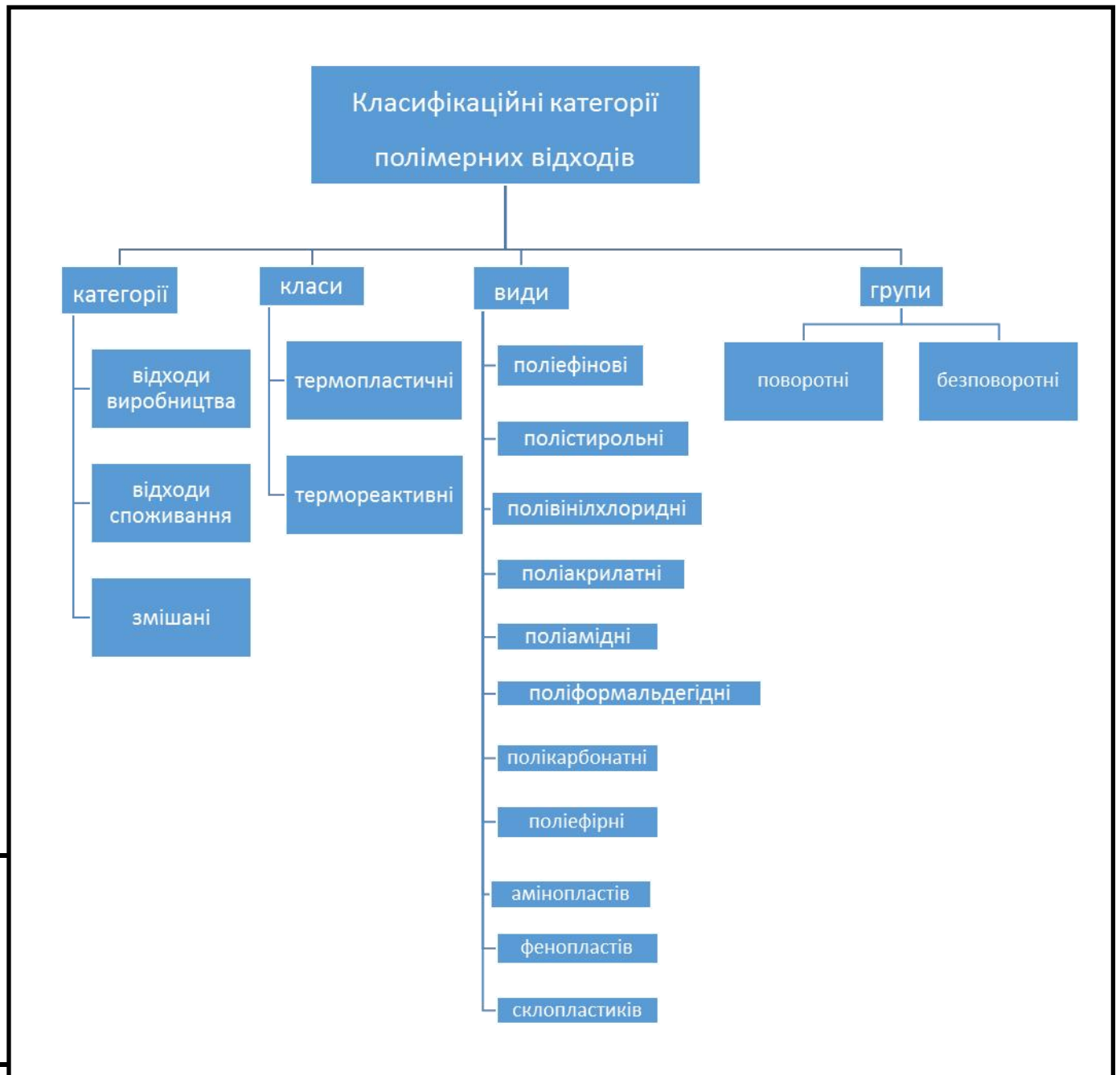


Рисунок 1.4 – Блок схема класифікації полімерних відходів (складена за [25])

Процеси глобалізації та збільшення ролі міжнародного співробітництва у сфері виробництва та охорони навколишнього середовища, відповідно необхідно переходити на спільну уніфіковану типізацію матеріалів і відходів. Така класифікація розроблена. Наразі у світі використовується сім груп пластикових полімерів, кожна з яких має певні властивості. Кожну групу можна ідентифікувати за її пластиковим ідентифікаційним кодом (англ. plastic identification code, PIC), як правило, цифрою (від 1 до 7) та аббревіатурою за назвою полімеру. PIC був введений у 1988 р. в США Спільною пластиковою

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

промисловості (англ. Society of the Plastics Industry, SPI) для забезпечення єдиної системи ідентифікації різних типів полімерів як допомога компаніям, які займаються переробленням пластикових відходів.

Маркування полімерів для зручності розпізнавання та використання

01 PET (ПЕТ) – поліетилентерефталат

02 HDPE (ПНД) – поліетилен високої щільності (низького тиску)

03 PVC (ПВХ) – полівінілхлорид

04 LDPE (ПВД) – поліетилен низької щільності (високого тиску)

05 PP (ПП) – поліпропілен

06 PS (ПС) – полістирол

07 OTHER (O) – other (інші); пластики, не включені до попередніх груп

09 ABS – змішаний пластик

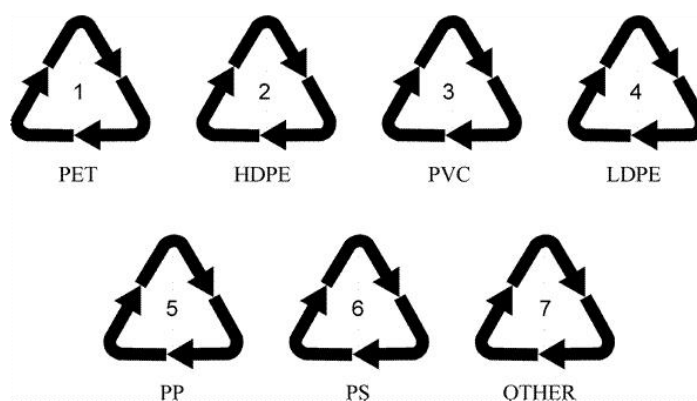


Рисунок 1.5 – Маркування пластику

Тару та пакування, які можна переробляти, маркують символом можливості вторинного перероблення – кільцем Мебіуса. Якщо маркують тару і пакування кільцем Мебіуса, обов'язково визначають вид матеріалу (рис.1.5).

Тару, виготовлену з використанням вторинного полімерного матеріалу, маркують кільцем Мебіуса, яке супроводжують відсотковою величиною вторинного продукту. Кількість вторинного полімерного матеріалу позначають цілим числом, яке розміщують всередині кільця Мебіуса (якщо вид матеріалу позначають скороченим терміном під кільцем Мебіуса) або зовні поруч з кільцем.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непокл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

18

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

Наприкінці ХХ і особливо на початку ХХІ століття відбувається помітне підвищення ролі вторинної сировини. Підґрунтям цього явища є все більші труднощі із забезпеченням промисловості матеріальними ресурсами й суттєвий прогрес у створенні ефективних технологій переробки промислових і побутових відходів. Утилізація відходів, у тому числі і полімервмісних, перетворюється на одну з головних соціально-економічних і технічних проблем розвитку виробництва [10].

В даний час проблема переробки відходів полімерних матеріалів знаходить актуальне значення не тільки з позицій охорони навколишнього середовища, а й пов'язана з тим, що в умовах дефіциту полімерної сировини відходи пластмас стають потужним сировинним і енергетичним ресурсом [7].

Найкращі системи збору відходів існують у дев'яти європейських країнах – Швейцарії, Німеччині, Австрії, Бельгії, Швеції, Данії, Норвегії, Голландії та Люксембурзі (перераховані у спадному порядку). Частка зібраної використаної полімерної продукції цих країнах становить від 92 до 99 %. Крім того, у шести з перерахованих дев'яти країн забезпечується найвищий рівень вторинної переробки цих відходів у Європі: за цим показником (від 26 % до 35 % від обсягу відходів, що збираються) Норвегія, Швеція, Німеччина, Голландія, Бельгія та Австрія набагато випереджають інші країни.

У січні 2018 року Європейська комісія ухвалила документ під назвою A European Plastics Strategy – Європейська стратегія із пластиків. Це перший верхньорівневий загальноєвропейський документ, що визначає стратегію адаптації промисловості виробництва полімерів до принципів економіки замкнутого циклу, яким послідовно віддане все стратегічне планування та регулювання в ЄС.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непокл.	

					ТС 18510217	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		
					19	

2.1 Стратегії поводження з полімерними відходами, динаміка їх утворення

В цілому всі стратегії поводження з полімерними відходами можна за кінцевою метою поділити на ліквідаційні – повна трансформація відходів на складові речовини; та утилізаційні – часткова трансформація відходів з метою подальшого використання;

Зростання зацікавленості у переробці та вторинному використанні полімерних відходів пов'язана перш за все зростаючими обсягами їх утворення у всьому світі. В останні роки обсяги утворення побутових відходів у країнах Євросоюзу, при збільшенні кількості населення мають тенденцію до зниження, при цьому частка полімерів у структурі твердих побутових відходів невинно зростає. У найбільш розвинених країнах Європи розвиток сфери поводження з твердими побутовими відходами дає можливість їх переробляти, компостувати й спалювати до 95% відходів. Досвід цих країн свідчить, що переробка відходів є економічно, екологічно та соціально вигідним видом діяльності.

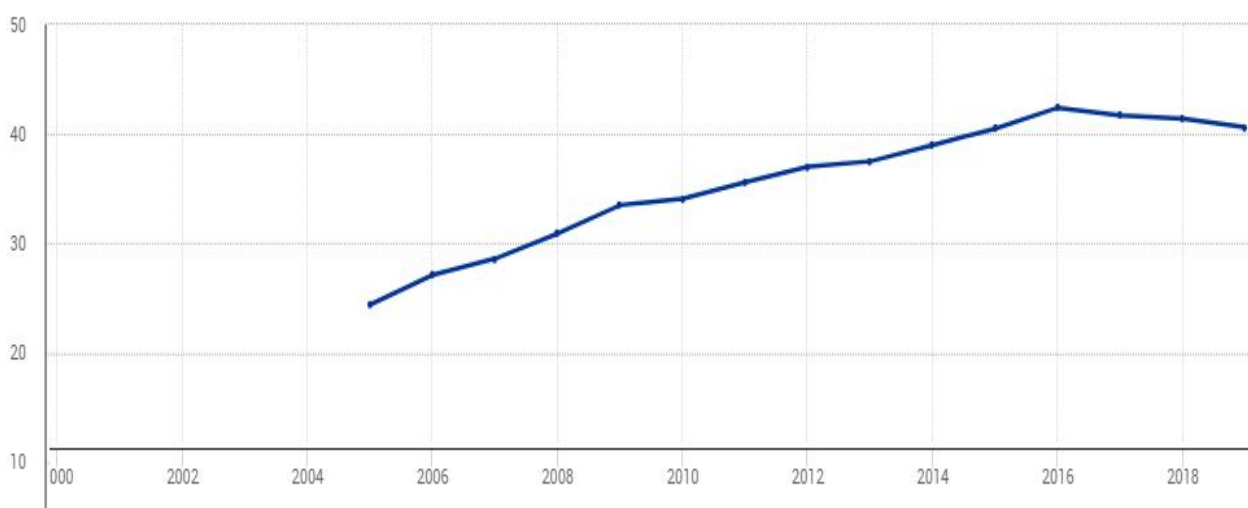


Рисунок 2.1 – Динаміка обсягів переробки пластикових пакувальних матеріалів у країнах Євросоюзу (за даними [27])

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

20

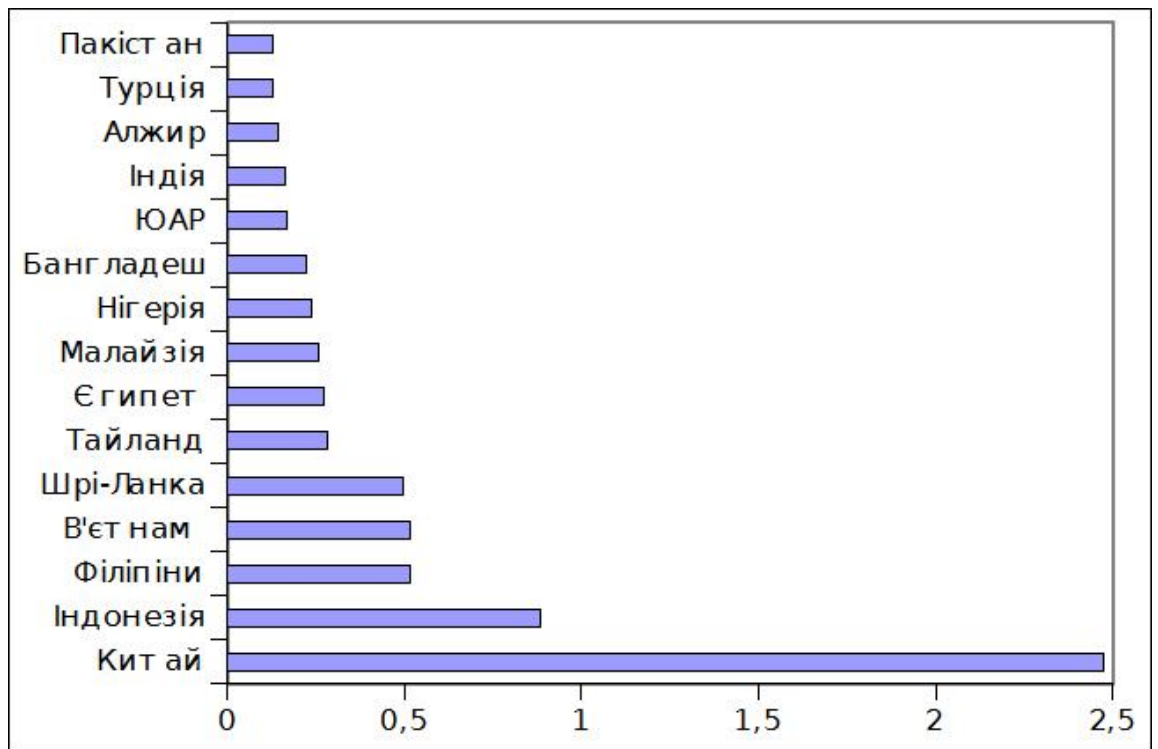


Рисунок 2.2 – Розподіл країн за обсягами переробки полімерних відходів

Виділяють два основні шляхи поводження з полімерними відходами виробництва та споживання: утилізація (використання відходів як вторинної сировини) і видалення (здійснення процесів чи операцій, що не пов'язані й не приводять до утилізації відходів) [5].

Будь якій переробці передують розділення відходів та виділення з них полімерної фракції. Ця проблема є дуже серйозною. Експлуатація механізованих ліній сортування показала, що вилучити з маси харчових відходів дрібну фракцію пластмаси, біте скло, будівельне сміття практично неможливо бо вони знаходяться в загальній вологій масі бруду і сміття. Таким чином, сортування вже накопичених твердих відходів є недоцільним та часто неможливим. Існує лише один спосіб – сортування та окреме збирання твердих відходів. Новою стратегією поводження з полімерними матеріалами є циклічне виробництво, суть якого є те, що «доля» полімерного матеріалу визначена з моменту виробництва до вторинної переробки. В цьому сценарії життя полімерного матеріалу визначені відповідальні суб'єкти.

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

21

Традиційним способом поводження з відпрацьованим пластиком є його розміщення на полігонах ТПВ. Під впливом різних факторів (температури, ультрафіолетового випромінювання, хімічних сполук, контактування з рідинами або іншими предметами тощо) пластикові вироби повільно розпадаються на невеликі фрагменти – мікропластик. Мікропластик є на сьогодні великою проблемою, адже має токсичну дію, накопичується у живих організмах, акумулюється у трофічних ланцюгах, тощо.

Інший достатньо поширений спосіб знешкодження полімерних відходів полягає в їх термічній обробці (з/без отримання енергії) на сміттєспалювальних підприємствах. З економічної точки зору при спалюванні відходів може бути утилізоване до 30-40 % енергії, витраченої на виготовлення пакування. Підраховано, що теплотворна здатність полімерних і комбінованих матеріалів при спалюванні в еквіваленті дорівнюють половинній масі нафти.

Перспективним з екологічної та економічної точок зору способом поводження з пластиковими відходами може бути їх перероблення, тобто перетворення відпрацьованих полімерів у вторинну сировину, енергію або продукцію з певними споживчими властивостями.

Проблема утилізації відходів полімерів стає технічно й економічно більш складною, через безперервне поліпшення властивостей пластмас, підвищення їх стійкості до окиснення, горіння, біологічної деструкції тощо. Ці матеріали не піддаються природним процесам знищення, більшість з них є ще й стійкими до дії лугів і кислот. Ще одним перспективним напрямком є розвиток виробництва полімерних матеріалів, які підлягають біологічній деструкції.

6.01.2018 р. Європейська комісія (ЄК) оприлюднила стратегію використання пластику в умовах циклічної економіки. Стратегія визначає ключові проблеми з даного питання і шляхи їх вирішення. Стосується це, насамперед, таких аспектів: низьких показників повторного використання і переробки пластикових відходів; викидів парникових газів, пов'язаних з виробництвом і спалюванням пластмас; присутністю пластикових

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

					ТС 18510217		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			22

однак ступінь, рентабельність та вибір конкретної технології утилізації буде залежати від технічних, економічних та логістичних факторів. Особливості вибору методу переробки ґрунтується на особливостях хімічного складу, структури, властивостей.

Деякі полімери руйнуються під час механічного або термічного впливу, що обмежує їх здатність до переробки. Крім того, багато пластикових виробів можуть складатися з декількох типів полімерів (відомих як ламіновані пластмаси), що робить їх такими, що важко переробляти.

На сьогодні сумарні потужності України з переробки ПЕТ відходів складають до 1 тис. т в місяць, що дуже мало у порівнянні з обсягами виробництва та використання полімерних матеріалів, проте сировини для переробних підприємств не вистачає, Україна навіть імпортує сировину. Тобто, основною проблемою нашої держави є відсутність системи сортування сміття. В Україні у 822 населених пунктах запроваджують роздільне збирання побутових відходів. У 20 населених пунктах працюють 25 сміттесортувальних ліній, зокрема 6 у Києві. Проте говорити про успішність сортування ще дуже рано. Станом на сьогодні в Україні діє 91 підприємство-переробник, а саме 17 підприємств із переробки макулатури, 39 – з переробки полімерів, 19 – з переробки пластикових пляшок, 16 – з переробки склобою. Вони завантажені на 50-70% своєї потужності.

2.3 Основні етапи та технології переробки, їх особливості

За технологічним принципом методи переробки ТПВ можна поділити на наступні види:

- біологічні (компостування, отримання біогазу, вермікомпостування);
- термічні (спалювання, піроліз, газифікація);
- хімічні (гідроліз);
- механічні (брикетування, сортування);
- комбіновані.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

24

Основними групами методів переробки є хімічні та фізичні. Принципова різниця в тому, що при використанні фізичних методів не відбувається зміни складу та структури первинних полімерів, ці методи є більш простими та поширеними. Загальна схема класифікації методів переробки полімерних матеріалів наведено на блок-схемі (рис. 2.2)

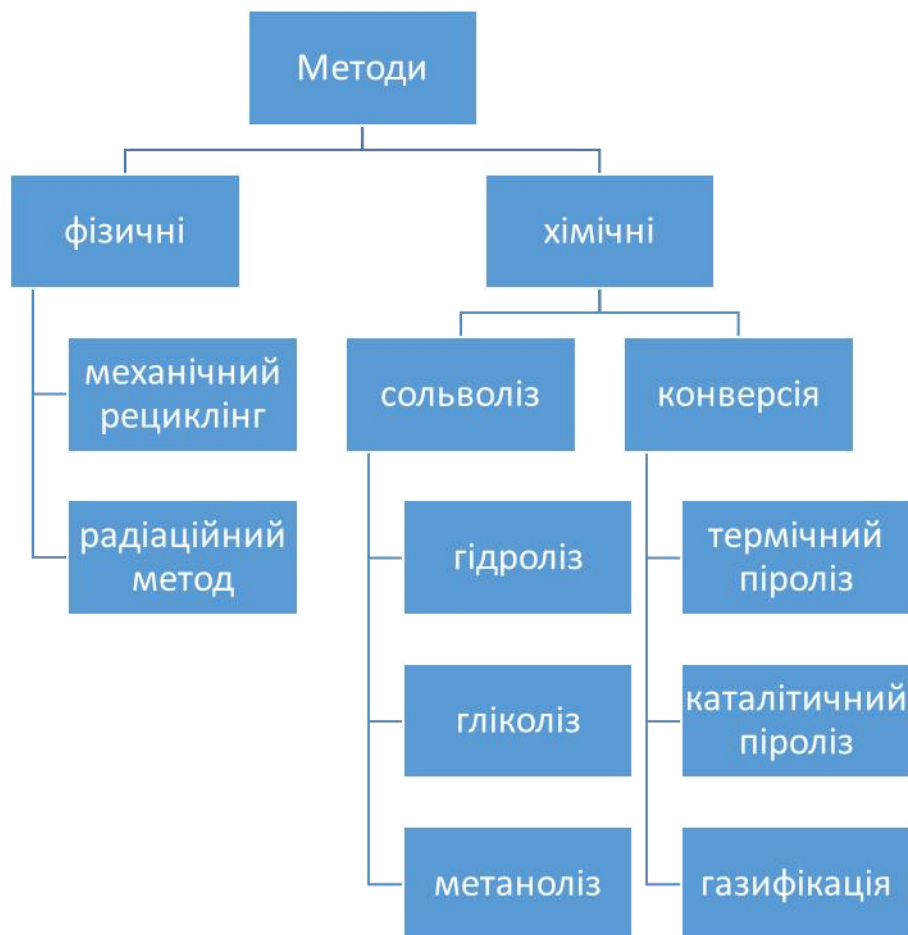


Рисунок 2.2 – Схема класифікації методів переробки полімерних відходів

На сьогодні існує три основних способи вторинної переробки полімерів. Першим є термічний розклад за допомогою піролізу, який може відбуватися як в присутності кисню, так і без нього. В результаті піролізу виходять напівфабрикати-мономери, які в подальшому можуть використовуватися при синтезі. Другий за популярністю спосіб пов'язаний з розкладанням матеріалу до рівня низькомолекулярних продуктів. Отримані продукти вторинної переробки можуть бути використані для виготовлення ливарних пластмас і легкокорозійних клеїв.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непопл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

В даний час в Україні найбільшого поширення набув третій метод вторинної переробки полімерних матеріалів, який називається механічним рециклінгом, в результаті якого може бути отриманий гранулянт, придатний для вторинного виробництва пластмас. У більшості європейських країн, а також в США і Японії механічному рециклінгу піддаються 90% пластикових відходів, а отримані інгредієнти йдуть на вторинне виготовлення виробів із пластику. Детально даний метод буде розглянуто у наступному розділі даної роботи.

У тих випадках, коли безпосередня утилізація полімерів недоцільна, застосовують їхню деполімеризацію термічними і термохімічними методами.

Серед цих методів найбільшого поширення набув піроліз, що є термічним розкладанням полімерів, що містять вуглеводні, при температурах близько 600 °С за відсутності кисню.

У разі застосування газифікації [2], що є високотемпературним процесом взаємодії відходів або продуктів їх термічної переробки з газифікуючими агентами, отримують синтез-газ - суміш монооксиду вуглецю і водню, що застосовуються в хімічній промисловості. Як газифікуючих агентів застосовують повітря, кисень, водяну пару, діоксид вуглецю, а також їх суміші.

Іншим термохімічним методом є гідроліз, заснований на розщепленні полімерів водними розчинами кислот при температурах до 200 °С та невеликому вакуумі. Продукти гідролізу нейтралізують, фільтрують, дистилюють і знову полімеризують. В основному цей метод застосовують для переробки відходів поліетилентерефталату [11].

Різновидом гідролізу є гліколіз, у якому для деполімеризації використовують гліколи. Процес проводять при атмосферному тиску та температурах 210-250 °С. Отримані продукти залежать від типу застосовуваного гліколю, його концентрації і застосовуються в отриманні полієфірів, полімерів та високомолекулярних спиртів.

Також існує метод радіодеструкції, при якому хімічні зв'язки в молекулах полімерів руйнуються за допомогою нейтронів, гамма-випромінювання, бета-

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

					ТС 18510217		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			26

часток, що сприяє процесам фото- та термоокислювальної деструкції та утворення низькомолекулярних продуктів. Однак цей метод поки не набув широкого поширення [14].

Оскільки однією з основних проблем при утилізації полімерних відходів є їх сортування, то розробляють технології з переробки сумішей різних полімерів у готові вироби, переважно будівельні [13] – блоки, плити, черепицю та ін. При цьому частина полімерних відходів переводять у розплавлений стан, і вони виступають у ролі сполучного для частини відходів, що залишаються у твердому стані. У цьому випадку основною проблемою є зменшення циклу переробки, щоб знизити можливість деструкції полімерів. Перспективними методами в даному випадку є інтрузійне лиття та екструзійне пресування.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510217	Арк
						27
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

РОЗДІЛ 3

МЕХАНІЧНИЙ РЕЦИКЛІНГ, ЯК НАЙБІЛЬШ ШИРОКО ВЖИВАНИЙ МЕТОД ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

Полімерну складову відходів лише 20-30 років тому стали відносити до вторинної сировини. Вартість полімерних матеріалів досить висока, тому й полімерні відходи розглядаються сьогодні як цінні продукти, що підлягають матеріального рециклінгу, тобто переробки із отриманням:

- 1). вихідних полімерів, наповнювачів, армуючих елементів;
- 2). мономерів;
- 3). інших хімічних з'єднань, придатних для використання.

Серед фізичних методів переробки полімерних відходів найбільш вживаним та простим є механічний рециклінг. Цей метод базується на процесі механічного подрібнення пластмас, що переробляються, з отриманням вторинної сировини або продукту без суттєвої зміни хімічної структури матеріалу. Практично усі відходи, що складаються з одного типу полімерів, можуть бути механічно перероблені з незначною або з повною відсутністю погіршення якості.

3.1 Основні технологічні процеси

Механічний рециклінг включає низку технологічних процесів, кінцевий перелік яких залежить від попереднього стану відходів та цільового кінцевого продукту. Метод, що розглядається у цьому розділі включає наступні стадії [21]:

- 1) сортування відходів за типом полімеру, кольором, станом матеріалу і ступенем забрудненості;
- 2) попереднє подрібнення відходів до крихти з розмірами 10–30 мм залежно від подальшого оброблення матеріалу;
- 3) повторне сортування, видалення різних домішок, в тому числі паперових етикеток, миття і сушіння матеріалу;

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподрл.

					ТС 18510217	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		
						28

4) агломерація – спікання відмитої полімерної крихти в грудки невеликих розмірів;

5) гранулювання маси – виробництво гранул різної фракції з розплаву полімерної крихти в спеціальному обладнанні.

Як вже було сказано, вразі переробки чистих відходів, перший та третій етап стають непотрібними. Натомість, може не знадобитися останній процес, в разі, якщо необхідно отримати не гранули, а агломерати. Розглянемо послідовно процеси в рамках всіх цих стадій технологічного процесу.

Загальна схема переробки наведена на схемі (рис. 3.1)

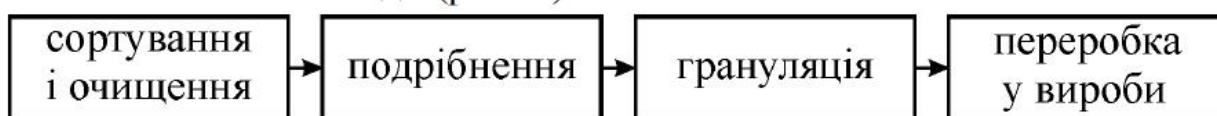


Рисунок 3.1 – Схема етапів переробки за методом механічного рециклінгу

Процесу переробки передуює процес сортування. Найбільш доцільним підготовчим етапом є сортування на етапі збирання сміття, тобто роздільне збирання. Нажаль, у нашій країні ця система введена лише декларативно, про що вже йшлося вище. Натомість, у країнах, які мають видатні результати у галузі переробки полімерів та їх вторинного використання, система роздільного збирання розроблена та імплементована вже декілька десятиріч тому. Прикладом такої системи вважаються Німеччина та Швейцарія. Успіх та ефективність процесу сортування, переробки та утилізації сміття забезпечує сучасна, та головне – доступна інфраструктура, проте, слід визнати, що основним фактором успішності запровадження системи роздільного збирання сміття є виховання та освіта, свідомість окремих громадян.

Першим етапом, який можна назвати підготовчим є сортування відходів за типом полімеру. Перший етап, який називається грубим сортуванням, проводять наступними основними способами:

- флотаційним, поділом у важких середовищах,
- аеросепарацією,

Підп. і дата	
Інв. Нодубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

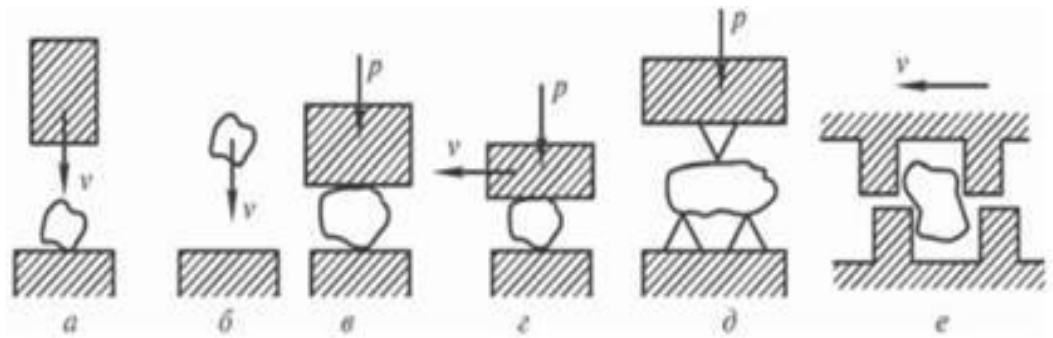


Рисунок 3.2 – Способи подрібнення твердих тіл:

- а - обмежений удар;
- б - вільний удар;
- в - розчавлення;
- р - стирання;
- д - розколювання;
- е - різання;
- р - навантаження;
- v – швидкість

Обладнання із закріпленими робочими органами є найбільш ефективним для переробки полімерних відходів. Це пояснюється тим, що передача енергії йде безпосередньо на робочий орган, який, взаємодіючи з матеріалом, руйнує його. Найбільш використовувані для переробки полімерних відходів на підприємствах легкої промисловості України та зарубіжжя є такі види обладнання: дисковий та роторний ножові подрібнювачі, голкові дезінтегратори та дисмембратори, валкові та екструдерні пристрої [17]. Найбільш перспективним видом обладнання для переробки полімерних відходів методом різання є шредери.

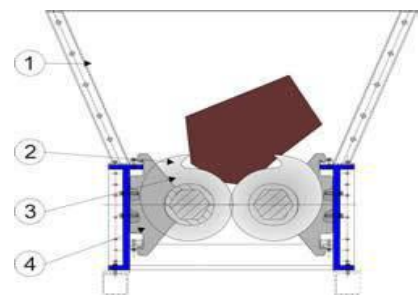
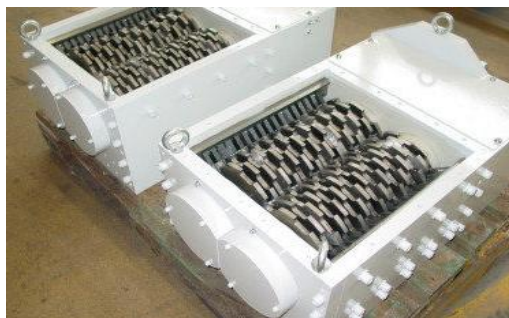


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд та будова шредера

- 1)- завантажувальний бункер,
- 2)-ножі,
- 3)-ріжучі диски,
- 4)-бічні накладки

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непопл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

32

Агломерація представляє собою спікання відмитої крихти в невеликі грудочки. Агломерацію застосовують з метою отримання однакових за формою та розміром гранул з об'ємних відходів пластмас, що є складі твердих побутових відходів, наприклад, плівки. Агломерацію здійснюють за допомогою агломераторів, які забезпечують безперервне виробництво сипучого грануляту з плівкових, волокнистих і пористих відходів термопластів усіх видів, що є у складі твердих побутових відходів. На стадії агломерації до матеріалу додають барвники, наповнювачі або інші добавки. Розмір часток грануляту складає від 2 мм до 15 мм, насипна щільність 400 кг/м³.

Сировина завантажується в камеру, де на високій швидкості обертається барабан із ножами. Через 10-15 хвилин з моменту завантаження сировина повністю розрізана приблизно на рівні частини.

При взаємодії сировини та обладнання виникає сила тертя, що призводить до нагрівання маси, яка різко охолоджується при подачі водного струменя, що викликає утворення однорідних котунів. На фотографіях, рис. 3.4 представлено агрегати для грануляції та агломерації пластику.



Рисунок 3.4 – Приклади устаткування для грануляції та агломерації

Як вже згадувалось, на цьому процес може бути завершено. Агломерат вже є готовою вторинною сировиною та може бути реалізований для вторинного виробництва, але для збільшення цінності кінцевого продукту рециклінгу може бути проведена грануляція, яка робить полімерну сировину більш однорідною,

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

34

якісною для подальшого використання. Гранули є кращим кінцевим продуктом і з точки зору транспортування, оскільки за рахунок сипучості та опуклої форми гранул має значно більшу за агломерат насипну густину. Гранульовану сировину в порівнянні з агломератом можна реалізувати за вищою вартістю, збільшуючи прибуток.

Установка для грануляції складається з інструменту, що формує гранули (філь'єра), гранулятор та пристрій для охолодження гранул.

Використовують різні способи грануляції:

- грануляція безпосередньо на філь'єрі;
- суха грануляція на філь'єрі застосовують у разі значного ступеня прилипання розплаву до металів (ПВХ, поліолефіни);
- гаряча грануляція у вологому середовищі застосовують для полімерів із схильністю до прилипання до металічних поверхонь, але з відносно малою міцністю розплаву, зміцнення якого потребує інтенсивного попереднього охолодження (полістирол, поліолефіни);
- мокра грануляція з гарячим різанням;
- напівмокрый спосіб грануляції з гарячим різанням розплаву використовують у разі багатотоннажного виробництва гранул, коли екструдери мають високу продуктивність (більше 1000 кг на годину);
- холодна грануляція.

Частіше за все використовуються методи холодного та гарячого гранулювання. При гарячому гранулювання розплавлений матеріал продавлюється через круглі отвори робочої поверхні. Отриманий матеріал має вигляд пластикової стрічки. Потім ці стрічки в гарячому вигляді нарізаються стаціонарними обертовими ножами на дрібні гранули або таблетки. Після цього відбувається процес охолодження отриманих гранул потоком повітря.

При методі холодного гранулювання полімер продавлюється через перфоровану пластину, в результаті чого виходять пластикові стрічки. Ці стрічки відразу ж охолоджують. Після завершення охолодження проводиться нарізка

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непокл.	

						ТС 18510217	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			35

стрічок на гранули за допомогою ножів, що обертаються. Для запобігання нагрівання матеріалу в процесі нарізки може застосовуватися рідкий азот.

Сучасні установки для отримання кращої вторинної сировини включають додаткові етапи: сортування та розподіл на однорідні фракції, переплавлення та виготовлення однорідних гранул (аналогічно роботі м'ясорубки).

Кінцевий продукт механічної переробки відходів пластмас – отримання гранул (або подрібненого до певного розміру частинок). На виході можна отримати полімерну крихту – флекс (стадії 1-3), агломерат (стадії 1-4) або гранулят (стадії 1-5). Отриманий під час механічного рециклінгу агломерат також можна реалізовувати як вторинну сировину або гранулювати.



а

б

Рисунок 3.5 – Кінцеві продукти механічного рециклінгу:

а – флекс

б – гранули

В результаті подрібнення вдається отримати три види сировини:

гранули – при пропуску виробів через дробарку та шредер, на верстатах проводиться подрібнення твердих відходів;

флекс – дані матеріали одержують з м'якої пластмаси при температурних коливаннях;

котуни – виробляють також з м'якого пластику, який піддається термічного впливу в процесі механічної обробки.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

36

Економічна ефективність використання відходів (Е) визначається як відношення прибутку, одержуваного в результаті використання відходів, до капіталовкладень (К):

$$E = (Ц - С) / К,$$

де Ц - вартість річного випуску продукції на основі відходів; С – собівартість річного випуску продукції з урахуванням відходів. Переробка відходів вимагає спеціального обладнання, а якість продукції (з вторинних полімерів), як правило, нижче, ніж з первинної полімерної сировини.

Рециклінг полімерних відходів за допомогою механічної перероблення є найбільш екологічно безпечним та економічно доцільним способом, який негативно не впливає на зміну фізико-хімічних властивостей полімерів. Для подрібнення створені досконалі технологічні лінії, які дозволяють отримувати якісну та дешеву сировину. Існуюче обладнання для подрібнення різних відходів полімерів характеризується низьким коефіцієнтом корисної дії, що обумовлено, перш за все, багаторазовим деформуванням частинок матеріалу і їх сукупності, яке супроводжується зовнішнім тертям частинок між собою і об робочі органи, пластичними деформаціями, і лише в малому ступені – власне їх подрібнення. Таким чином, досягнення цілей економічної виправданості та рентабельності потребує вдосконалення обладнання, що використовується у механічному рециклінгу, його модернізація для збільшення ефективності та КПД. Запропоновані нові прилади, наприклад суміщення одного виду обладнання з іншим, - роторної дробарки з шредером [3].

Проаналізувавши технології розроблені на основі механічного рециклінгу полімерних відходів, вітчизняні та зарубіжні вчені вважають, що механічна переробка виключає деструктивні зміни у полімерах, у зв'язку з цим є неможливим утворення подразнювальних, високотоксичних, канцерогенних та мутагенних речовин, яке спостерігається у процесі використання інших методів переробки полімерів

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

					ТС 18510217		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			38

Механічний рециклінг широко застосовується для виробництва полімерних волокон, пластикових тар та упаковки. Головною складністю такого методу є необхідність у попередньому сортуванні, розділенні, митті та сушінні пластикових відходів. Важливою умовою економічності і доцільності утилізації відходів є пошуки галузей застосування одержаних на їх основі виробів.

Однак він не позбавлений недоліків. Основний з них – проблематичність отримання чистої сировини без сторонніх домішок, що позначається на якості виробів, що виготовляються з нього. Часто кінцевий продукт подрібнення програє у властивостях новим, міцнішим і надійнішим. матеріалам або виявляється чутливим до окремих компонентів товарів, до складу яких їх планувалося запровадити. Під час подрібнення відходів за підвищеної температури, крім можливої деструкції матеріалу, існує також проблема можливої агломерації час тинок продукту, при цьому застосування спеціальних антиагломераційних добавок не завжди досягає бажаного ефекту.

Окремих підходів потребує механічний рециклінг реактопластів через їх фізико-хімічні властивості. Здебільшого він здійснюється пресуванням. Також проводиться переробка литтям під тиском, вакуумформуванням, каландруванням та видавлюванням.

У будь-якому випадку, у механічної переробки є два важливі обмеження. По-перше, обмеження на багаторазову повторну переробку через поступову втрату властивостей після переплавки полімеру. По-друге, обмеження на використання в харчовій промисловості з міркувань безпеки у разі низької якості вихідної сировини.

Важливим фактором оцінки ефективності та доцільності вторинної переробки полімерів є логістика, важливим є як шляхи доставки відходів до пункту переробки, а також доставка вторинної сировини до місць подальшого її використання. Питанням пошуку оптимальних шляхів логістики відходів та продуктів рециклінгу присвячена широка вітчизняна літератури.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

					ТС 18510217		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			39

3.3 Використання у світі

У світі дедалі більшої уваги різних організацій приділяється переробки відходів. Той підхід до утилізації відходів, який застосовувався раніше, сьогодні не лише малоефективний, а й небезпечний для екології нашої планети. Токсичні відходи утворюються в результаті діяльності різноманітних підприємств, фабрик і заводів завдають непоправної шкоди природі та здоров'ю людини. Тому питання розробки нових технологій з переробки відходів різного типу в усіх країнах світу стоїть дуже гостро. Причому уряди розвинутих країн активно підтримують цю сферу, і оскільки в ній сьогодні працює не так багато компаній, як могло б, бізнес є дуже затребуваним.

У більшості європейських країн, а також в США і Японії механічному рециклінгу піддаються 90% пластикових відходів, а отримані інгредієнти йдуть на вторинне виготовлення виробів із пластику [23].

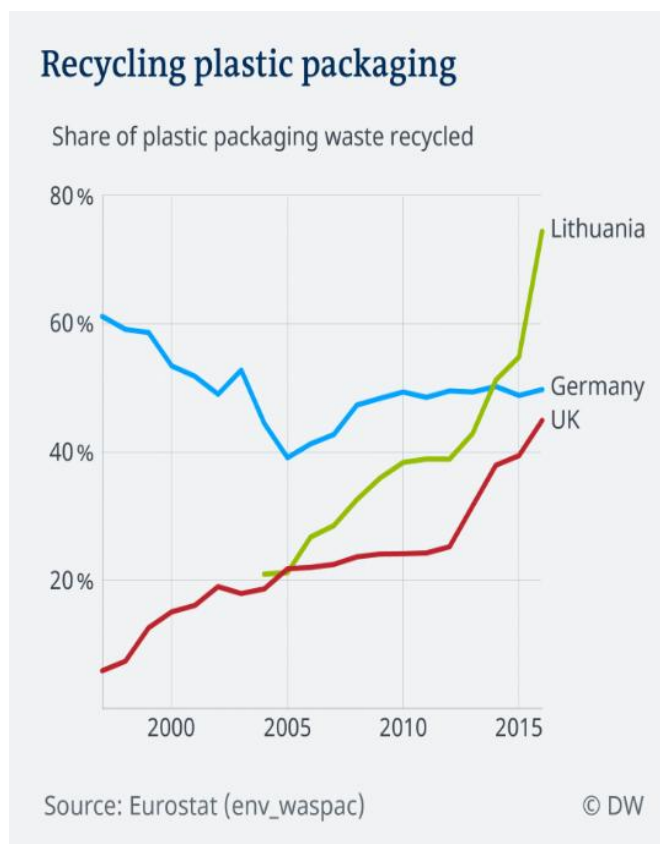


Рисунок 3.6 – Багаторічна динаміка показників обсягу рециклінгу пластику у країнах ЄС

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

41

Починаючи з 2016 року Німеччина займає одне з провідних місць з рециклінгу пластикових відходів — у країні переробляється до 56% матеріалів, що виготовляються [30]. Подібних успіхів країна досягла завдяки створеній у 1990-ті програмі The Green Dot, спрямованій на збір відходів з домашніх господарств і виробництв. Система фінансується промисловими виробництвами. За даними Всесвітнього економічного форуму, у країні утворюється близько 3 млн. тон пластикових відходів щорічно, переробляється 48,8%. Як видно з графіку (рис.3.6) в останні роки Великобританія та Латвія значно збільшили свої зусилля у напрямку переробки полімерних відходів.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510217	Арк
						42
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

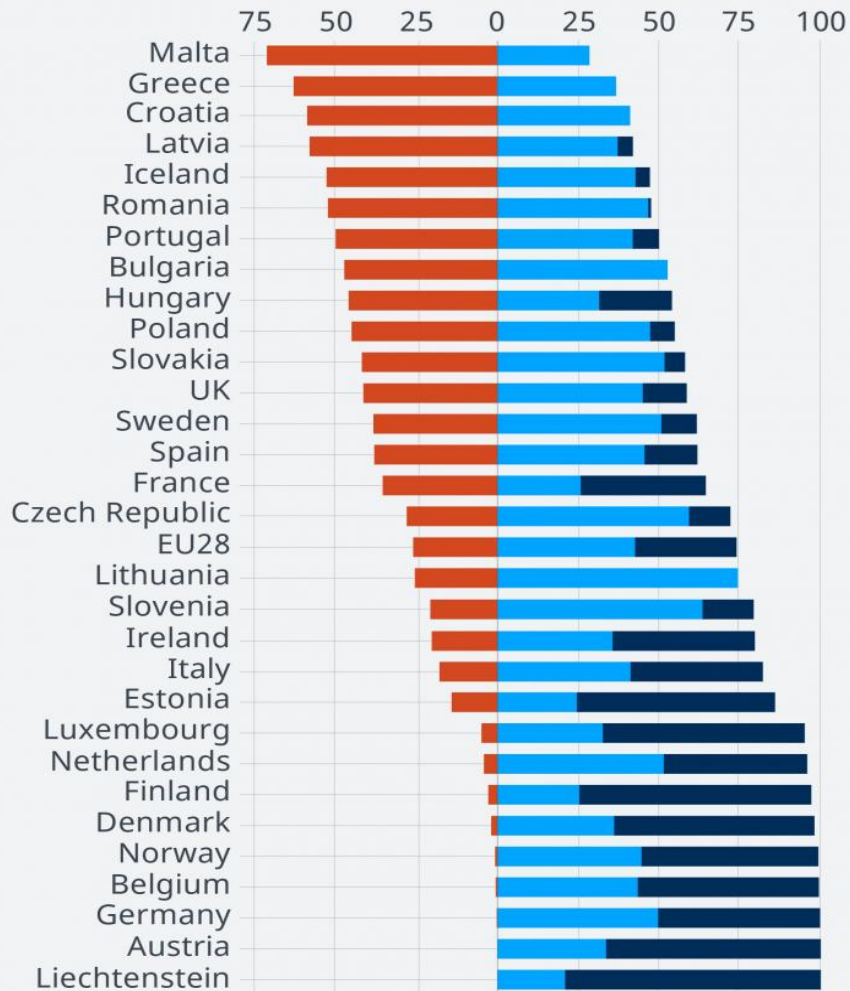
Plastic: Wasted or recovered?

Share of plastic packaging waste that is

■ Not recovered (e.g. ends up in landfills)

■ Recycled (e.g. materials reused)

■ Otherwise recovered (e.g. incinerated for energy)



Source: Eurostat (env_waspac), latest available data for each country (2015 or 2016)

© DW

Рисунок 3.7 – Частка полімерних відходів, що зазнають різних способів утилізації у різних країнах світу

Структура обсягів пластикових відходів у провідних країнах світу в залежності від способу їх утилізації, представлена на діаграмі (рис 3.7)

За даними Plastics Europe, у 2016 році в ЄС+ (28 країн Союзу плюс Норвегія та Швейцарія) на механічний рециклінг припало 31,1% зібраних полімерних

Підп. і дата
Інв. Нодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

43

відходів (27,1 млн. тон). Із них лише 63% припало на переробку на території ЄС+, а 37% було експортовано для переробки до інших країн, насамперед у Китай – донедавна найбільший імпортер сировини для рециклінгу.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510217	Арк
						44
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система заходів та засобів, заснованих на нормативних, законодавчих, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних основах. Ця система спрямована на збереження життя, здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Головним завданням системи охорони праці є мінімізація ризиків та зведення до можливого найнижчого рівня вірогідність травмування, втрати здоров'я працюючого під дією небезпечних виробничих факторів. Система охорони праці також покликана забезпечити комфортні умови при максимальній продуктивності праці.

Згідно Закону України «Про охорону праці» [30] виробничі будови, приміщення, обладнання та технологічні процеси повинні відповідати вимогам, що задовольняють безпечним умовам праці, виробничій безпеки та санітарії. Умовами забезпечення безпеки праці на виробництвах є раціональне використання площі виробничих приміщень та місць на яких розташовується обладнання, правильну експлуатацію обладнання та організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання у виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

Дана робота присвячена технологіям переробки полімерних відходів. Окремих державних документів, що встановлюють правила охорони праці на підприємствах з переробки полімерів не існує. Вони регулюються НПАОП 25.0-1.04-13 [33], правилами охорони праці на підприємствах з виробництва пластмасових виробів.

Основними потенційно небезпечними факторами на підприємствах з переробки є взаємодія з важким устаткуванням, зокрема подрібнювачами, автоматичними лініями, тощо, а також вплив небезпечних фізичних та хімічних

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

					ТС 18510217	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		45

Крім системи автоматичного вмикання аварійної вентиляції, повинна бути передбачена можливість ручного вмикання аварійної вентиляції за допомогою пускових пристроїв.

Порошкоподібні матеріали необхідно зберігати в бункерах або закритій тарі. Транспортування порошкоподібних матеріалів необхідно здійснювати способом, що унеможлиблює їх розпилення.

Речовини та матеріали, що застосовуються під час виробництва пластмасових виробів, повинні зберігатися залежно від пожежонебезпечних фізико-хімічних властивостей, сумісності, а також ознак однорідності речовин, що застосовуються для гасіння пожежі

Заходи для забезпечення необхідних нормованих параметрів мікроклімату й повітряного середовища:

- 1) встановлення системи кондиціонування повітря в приміщенні;
- 2) експлуатація спеціальних респіраторів.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі приміщення при застосування наведених вище заходів буде знаходитись у нормах допустимого та не перевищуватиме ГДК [36].

Важливим аспектом збереження здоров'я працівників та оптимізації виробничих процесів є використання оптимальної схеми промислового освітлення. Освітлення в приміщенні розташовано відповідно до всіх вимог, для комфортної роботи працівників. Щоб при такому освітленні не виникало дискомфорту для очей і стомлення організму в цілому. Так як неправильно встановлене та розташоване освітлення може стати причиною травм на виробництві: недостатньо освітлені приміщення з небезпечними зонами, занадто яскраве освітлення може сліпити і створювати відблиски та тіні, що знижують можливість орієнтації в просторі працівників. На виробництві краще віддавати перевагу природному освітленню, але якщо його недостатньо або таке взагалі відсутнє, то припустимо використовувати штучне освітлення.

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 18510217

Арк

47

Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища та системи нормування навантаження на навколишнє природне середовище є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів [6].

Згідно закону України «Про підприємства в Україні» [35] усі роботодавці повинні турбуватись про дотримання у своїй діяльності вимог законів України стосовно охорони праці та навколишнього природного середовища.

У розділі "Охорона праці" проаналізовані потенційно шкідливі й небезпечні хімічні та фізичні виробничі фактори підприємств з переробки полімерних відходів, наведено основні норми безпеки праці, визначено основні нормативні акти, що регулюють відносини у сфері охорони праці.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510217	Арк
						49
						Вип
						Арк
						№ докум.
						Підп.
						Дат

ВИСНОВКИ

Аналіз наявної літератури та зміни кількості публікацій на тему переробки та вторинного використання полімерні відходів в Україні і світі показує, що це питання стає актуальним у європейських країнах та США з середини минулого століття, в нашій державі підіймається з моменту набуття незалежності, а особливо популярним стає з 2010 р.

Дослідження статистичних даних показало, що у більшості країн зростають обсяги виробництва пластмас та виробів з полімерів, при цьому зростають пропорційно і обсяги переробки, таким чином темпи накопичення полімерних відходів не лише не збільшуються, а й подекуди зменшуються. Проте, описані тенденції характерні лише для розвинених країн, особливо західно-європейських.

Дослідження ефективності переробки відходів полімерів у різних країнах показало, що на сьогодні необхідно розробляти цілісні стратегії поводження з відходами різного етапу, а не самостійні технології переробки, адже лише за умови регулювання всіх стадій «життя» полімерних матеріалів можлива їх ефективна переробка та вирішення проблем забруднення. Такий підхід реалізується у стратегії циклічної економіки.

На сьогодні Україна реалізує другий етап національної стратегії, що заснована на принципах європейських директив з поводження з відходами. Нажаль, значний обсяг заходів залишається декларативним, особливо в частині сортування та роздільного збирання сміття. Аналіз міжнародного досвіду показав, що найбільш вдалими стратегіями з поводження з полімерними відходами є національні стратегії Німеччини та Швейцарії.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

50

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ:

1. Авраменко О.В. Використання логістики в рециклінгу / О. Авраменко // Сучасні проблеми управління підприємствами: теорія та практика. – 2017. – С. 1-4.
2. Баранцова А.В. Рециклинг полимеров: наука – производству / А.В. Баранцова, Н.А. Бусько // Полимеры – деньги. – 2004. – № 6(8). – С. 11.
3. Ващенко О.О., Місяць В.П Удосконалення обладнання для переробки полимерных відходів різанням // Міжнародна науково-практична конференція «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг». – С. 60-61.
4. Герасимчук В.Г. Стратегія використання пластику у циркуляційній економіці: розвиток бізнесу, скорочення відходів / В. Герасимчук // Економічний вісник НТУУ «КПІ», 2019. – С. 31 – 41. DOI: 10.20535/2307-5651.16.2019.181406
5. Киселева Т.В. Оценка основных подходов к определению состояния эколого-экономических систем / Т.В. Киселева, В.Г. Михайлов // Вестник Томского государственного педагогического университета, 2007. – № 9. – С. 31-32.
6. Кузьяев И. М., Свидерский В.А., Петухов А.Д. Моделирование экструзии иэкструдеров при переработке полимеров: монография. В 2 ч. Ч. 1. Киев: НТУУ «КПИ»,Изд-во «Политехника», 2016. 412 с
7. Малишевська О.С. Механічний рециклінг поліетилен-тетрефталатових (ПЕТФ) пляшок. / О.С. Малишевська, О.Д. Мельник // Науковий вісник НЛТУ України. Львів. – 2014. – № 24.1. – С. 149-155.
8. Мікульонок І.О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія. – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2009. – 265 с.: іл. – Бібліогр.: с. 239-262.

Підп. і дата						TC 18510217	Арк
Інв.Неподл.							
Взаєм.інв.№							
Інв.Недубл.							
Підп. і дата							
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			53

9. Мікульонок І.О., Радченко Л.Б. Переробка вторинної сировини екструзією. К.:ІВЦ «Видавництво “Політехніка”», 2006. 184 с.
10. Михайлова Є.О. Пластикове забруднення – одна з головних екологічних проблем людства / Є. Михайлова // Комунальне господарство міст. – 2020, Том 4, вип. 157, с. 109-121. DOI 10.33042/2522-1809- 2020-4-157-109-121
11. Михайлова Є.О. Аналіз методів перероблення пластикових відходів / Є.О. Михайлова, Д.М. Дейнека, Г.М. Панчева // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – № 1 (7). – С. 80-89. doi:10.20998/2413-4295.2021.01.12
12. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року / Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р
13. НПАОП 25.0-1.04-13 Правила охорони труда на підприємствах по виробництву пластмассовых изделий. – затв. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 01.10.2013 № 702.
14. Переробка відходів гуми та термопластичних матеріалів: монографія / [О.П. Бурмістенков, В.П. Місяць, І.В. Панасюк, Б.М. Злотенко]. – К.: Кафедра, 2012. – 240 с. – ISBN 978-966-2071-20-2.
15. Синюк О.М. Наукові основи проектування обладнання для переробки полімерних відходів у виробі легкої промисловості : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.10 / О. М. Синюк. – Київ : ХНУ, 2018. – 44 с.
16. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів / І.О. Мікульонок. 2-ге вид., переробл. та доповн. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 292 с.
17. Хром'як У.В., Борцишин І.Д. Вторинне використання відходів полістирольних матеріалів Вісник ЛДУ БЖД № 6, 2012, с. 208-213.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

54

18. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведева, А.В. Кропивна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М. Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 440.

19. Arun Kumar. Awasthi et al. Plastic solid waste utilization technologies: A Review. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. 263 022024. doi:10.1088/1757-899X/263/2/022024

20. Commission Staff working document accompanying the document “Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - A European Strategy for Plastics in a Circular Economy”, SWD(2018)16 final, 16/01/2018, p. 17.

21. Борисюк Я.С. Технології переробки полімерних відходів [https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20\(%D0%86%D0%95%D0%91\).pdf](https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20(%D0%86%D0%95%D0%91).pdf)

22. Вороніна Р.М. Логістика рециклінгу // 2008 http://vlp.com.ua/files/05_25.pdf,

23. Захарчук Д. В., Хаджинов І. В. Шляхи використання пластику в циркулярній економіці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jvestnik-sss.donnu.edu.ua/article/view/11277/11167>

24. ДСТУ 2731-94 Сировина полімерна вторинна. Порядок збирання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://gost-snip.su/document/dstu_273194_sirovina_polimerna_vtorinna_poryadok_zbirannya_z

25. Євростат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm020/default/table?lang=en

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непокл.	

26. Плаван В.П., Савченко Б.М., Денисюк В. Переробка полімерних відходів: сучасний стан та перспективи розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ecology/ecology2021/paper/viewFile/13658/11491>
27. Хімічна промисловість та хімічний ринок України у 2020 році: факти, оцінка стану, тенденції, прогноз. Аналітична записка. – ДП «Черкаський НДІТЕХІМ», 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://nditekhim.com.ua/wp-content/uploads/2021/03/Analiz-himkompleksu-Ukrayiny-2020pidsumky_zakl.pdf
28. Thomas Parker. World Recycling Day: Here's the five best recycling countries in the world. NS Packaging. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.ns-businesshub.com/transport/best-recycling-countries/>
29. Система стандартів безпеки праці ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА
 Классификация и общие требования безопасности ГОСТ12.1.007-76.
 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=50198
30. Закон України «Про охорону праці» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668) {Вводиться в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669} [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
31. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998, № 187/98 ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — К. : Верховна Рада України. – 1998. – № 36-37. – Ст. 242. – (Зі змінами, внесеними згідно із Законами України від 07.03.2002, № 3073-ІІІ // ВВР. – 2002. – № 31. – Ст. 214 і від 23.12.2004, № 2290-ІV // ВВР. – 2005. – № 6. – Ст. 140). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непопл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

56

32. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” – К.: Україна. – 1991. - 59 с. (з усіма редакціями до 2017 року) [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

33. НПА ОП 25.0-1.04-13. Правила охорони праці на підприємствах з виробництва пластмасових виробів (32287) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://dnaop.com/html/32287/doc-](https://dnaop.com/html/32287/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_25.0-1.04-13)

[%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_25.0-1.04-13](https://dnaop.com/html/32287/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_25.0-1.04-13)

34. Постанова Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>

35. Закон України Про підприємства в Україні Стаття 31. Відповідальність підприємства N 436-IV (436-15) від 16.01.2003, ВВР, 2003, N 18, N 19-20, N 21-22, ст.144) [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/887-12#Text>

36. НАКАЗ 14.01.2020 № 52 Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць {Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 1657 від 05.08.2021} [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510217

Арк

57