

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та  
лісового господарства

**05-02-409М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни «Поводження з відходами» для здобувачів  
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-  
професійною програмою «Технології захисту навколишнього  
середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього  
середовища» денної та заочної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною  
радою з якості ННІАЗ  
Протокол № 10 від 23 січня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Поводження з відходами» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форми навчання/ [Електронне видання] / Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 63 с.

Укладач: Бедункова О. О., д.б.н, професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., доктор с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Статник І. І.

© О. О. Бедункова, 2024  
© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

	<i>стор</i>
Вступ.....	3
<b>Практична робота №1</b> Розрахунок кількості утворення твердих побутових відходів у населеному пункті.....	4
<b>Практична робота №2</b> Визначення і розрахунок системи збору і вилучення ТПВ.....	9
<b>Практична робота №3</b> Розрахунок місткості та енергетичного потенціалу полігона для захоронення відходів.....	14
<b>Практична робота №4</b> Розробка і обґрунтування типу конструкції захисних смуг полігона ТПВ.....	17
<b>Практична робота №5</b> Сміттесортувальні комплекси: класифікація, принцип роботи, вибір сортувальних ліній.....	22
<b>Практична робота №6</b> Визначення класу небезпеки промислових відходів.....	29
<b>Практична робота №7</b> Утилізація відходів пластмас. Розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари.....	33
<b>Практична робота №8</b> Технологічна схема переробки відходів металобрухту.....	40
Питання для самостійного опрацювання та підготовки рефератів	47
Приклади тестових завдань.....	49
Рекомендована література.....	57
Додатки.....	58

## ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Поводження з відходами» є формування у здобувачів вищої освіти знання принципів, методів та технологій управління відходами, орієнтованих на пошук шляхів зменшення обсягів відходів, ефективність утилізації та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Дані методичні вказівки наводять порядок виконання практичних робіт, перелік питань для самоконтролю, написання рефератів і самостійної роботи, рекомендовану літературу, а також приклади тестових завдань, що дозволяють студентам отримати уявлення про вимоги до рівня знань, які необхідні при складанні поточного контролю, що дозволить закріпити навчальний матеріал та отримати впевненість у собі під час контрольних заходів.

## Практична робота № 1

**Тема: Розрахунок кількості утворення твердих побутових відходів у населеному пункті**

**Мета роботи:** Визначити кількість та об'єм відходів, що утворюються в населеному пункті, як середньодобове та середньорічне накопичення.

### **Основні поняття**

Розрахунок накопичення ТПВ виконують згідно із завданням за нормами накопичення. Норми накопичення - це кількість відходів (кг, л, м<sup>3</sup>), що утворюються, на розрахункову одиницю (людина для житлового фонду, одне місце в готелі, 1 м<sup>2</sup> торгової площі для крамниць і т.д.) в одиницю часу (доба, рік).

Норми накопичення ТПВ розроблені для двох джерел:

1. Житлових будинків різного ступеня благоустрою і групи міст (табл. 1.1);

2. Установ і підприємств суспільного призначення (їдальня, навчальних закладів, готелів, крамниць і т.п.) - табл. 1.2.

Під впорядкованими житловими будинками розуміють будинки з газом, центральним опаленням, водопроводом, каналізацією, сміттєпроводом або без нього, під будинками без благоустрою - будинки з місцевим опаленням на твердому паливі, без каналізації (приватний сектор). Будинки зі середнім благоустроєм - з водопроводом, місцевим або центральним опаленням, з каналізацією або без неї. Приготування їжі здійснюється на плитах, опалюваних в основному твердим паливом.

Згідно з ДБН 360 - 92 (Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень, Київ - 1992 ) в Україні існує 5 груп поселень (міст). До 1 групи поселень (крупніші) відносяться міста з чисельністю понад 1 млн. жит., до 2 групи (крупні) - > 500 до 1000, до 3 групи (великі) - > 250 до 500, до 4 групи (середні) - > 50 до 250, до 5 групи (малі) – до 50 тис. жителів.

У норму накопичення ТПВ від об'єктів суспільного призначення не включені опале листя і сміття.

Для об'єктів житлового фонду в норми накопичення ТПВ включені сміття і опале листя, що видаляються з прибудинкової

території. До прибудинкової території включають площу двору, дитячі майданчики, майданчики для сушіння білизни і не включають збір ТПВ із загальноміської території (міжквартальні проїзди, під'їзні дороги, газони, прилягаючі до тротуарів).

Слід мати на увазі, що норми, наведені в табл.1.1 і 1.2 можуть використовуватися тільки для укрупнених розрахунків, бо вони через кожні 5 років повинні переглядатися і затверджуватися міськвиконкомом.

Таблиця 1.1

Орієнтовні норми накопичення ТПВ від житлових будинків різних груп міст

Об'єкт утворення відходів	Група міст	Норма накопичення ТПВ на одного жителя				Щільність, кг/м <sup>3</sup>
		середньо-добова		середньо-річна		
		кг	л	кг	л	
Повністю впорядковані: - без відбору харчових відходів	I,II	0,49	2,19	190	820	230
	III-V	0,51	2,12	195	770	250
- з відбором харчових відходів	I,II	0,41	2,03	160	760	210
	III-V	0,43	1,96	165	710	230
Середнього благоустрою без відбору харчових відходів	I,II	0,6	2,33	220	850	260
	III-V	0,55	2,12	200	770	260
Невпорядковані будинки без відбору харчових відходів	I-V	0,93	2,57	340	940	360
Будинки приватного сектора (з присадибними ділянками)	I-V	1,5	3,29	550	1200	460

*Примітка.* Для обслуговування будинків із сміттєпроводами норма накопичення ТПВ на 10-15% вище, ніж для таких же будинків, але без сміттєпроводу

Розрахунки накопичення ТПВ слід виконувати в табличній формі (див. табл. 1.3 і 1.4).

Загальний обсяг накопичених ТПВ в середньодобовому та середньорічному обчисленні приводять в табл. 1.5 по підсумковим даним таблиць 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.2

## Орієнтовні норми накопичення ТПВ від об'єктів суспільного призначення, торгових і культурно-побутових установ

Об'єкти утворення відходів	Одиниці виміру	Норма накопичення			
		середньо-добова		середньо-річна	
		кг	л	кг	м <sup>3</sup>
Лікарня	1 ліжко	0,64	2,16	235	0,79
Поліклініка	1 відвідання	0,01	0,05	-	-
Готель	1 місце	0,25	1,18	90	0,43
Гуртожиток	1 місце	0,26	1,07	96	0,39
Санаторій	1 місце	0,69	2,47	250	0,90
Дитячі садки, ясла	1 місце	0,33	1,08	79	0,26
Школа	1 учень	0,08	0,38	20	-
Профтехучилище	1учень	0,42	1,66	100	0,40
ВНЗ і технікум	1учень	0,10	0,46	24	0,11
Театр і кінотеатр	1місце	0,06	0,28	20	0,10
Ресторан	1блюдо	0,09	0,27		
Кафе/їдальня	1блюдо	0,05	0,17		
Промтоварний магазин	1м <sup>2</sup> торгової площі	0,16	0,8	50	0,25
Продовольчий магазин	1м <sup>2</sup> торгової площі	0,32	1,42	100	0,44
Ринок	1м <sup>2</sup> торгової площі	0,09	0,23	33	0,08
Пляж	1м <sup>2</sup> площі	0,02	0,11		-
Вокзал	1м <sup>2</sup> площі	0,36	1,37	130	0,05

**Питання для самоконтролю:**

1. Що передбачають норми накопичення відходів?
2. З якою періодичністю та ким здійснюється перезатвердження норм накопичення відходів?
3. Що входить до прибудинкової території?
4. Які будинки вважаються впорядкованими житловими будинками?
5. Які будинки вважаються будинками без благоустрою?
6. До якої групи міст належать населені пункти з чисельністю жителів із чисельністю від 50 до 250 тис. чол.?
7. Навести приклади одиниць виміру утворення ТПВ.

Таблиця 1.3

Розрахунок накопичення ТПВ від житлових будинків населеного пункту з чисельністю жителів ... чол.

№ з/п	Об'єкти утворення відходів	Група міст	Норми накопичення ТПВ на одного жителя				Число жителів, чол.	Накопичення			
			середньо-добова		середньо-річна			середньо-добове		середньо-річне	
			кг	л	кг	л		кг	л	т	м <sup>3</sup>
1	Повністю впорядковані: Без відбору ХВ З відбором ХВ										
2	Середнього благоустрою без відбору харчових відходів										
3	Невпорядковані будинки без відбору харчових відходів										
4	Будинки приватного сектору										
У загальному обліку		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

Примітка. + - проставляються підсумкові значення

Таблиця 1.4

## Розрахунок накопичення ТПВ від об'єктів суспільного призначення

№ п/п	Об'єкти утворення відходів	Одиниця виміру в об'єктах	Норма накопичення				Кількість		Накопичення			
			середньо-добова		середньо-річна		Об'єктів	оди-ниць об'єкту	середньо-добове		середньо-річне	
			кг	л	кг	м <sup>3</sup>			кг	м <sup>3</sup>	т	м <sup>3</sup>
1.	Лікарня	1 ліжко	0,64	2,16	235	0,79	3	85	163	0,55	59,9	201,4
2.	Поліклініка	1 відвідання										
3.	Готель	1 місце										
4.	Гуртожиток	1 місце										
...	....											
17.	Вокзал	1м <sup>2</sup> площі										
В загальному обліку		-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Примітка. + - проставляється підсумкове значення

Таблиця 1.5

## Обсяг накопичення ТПВ в населеному пункті чисельністю жителів .....тис. чол.

Об'єкти накопичення	Накопичення			
	Середньодобове		Середньорічне	
	кг		т	
Об'єкти суспільного призначення				
Об'єкти житлового фонду				
Всього по місту				



## Практична робота № 2

### ***Тема: Визначення і розрахунок системи збору і вилучення ТПВ***

***Мета роботи:*** Встановити необхідне число контейнерів та кількість сміттевозів і їх рейсів, необхідних для вивезення сміття з населеного пункту.

#### ***Основні поняття***

Основними системами при зборі відходів у населення є: контейнерна (система «змінюваних» збірників) і система «незмінюваних» збірників.

При контейнерній («змінюваній») системі відходи вивозять разом з контейнерами, а на їх місце встановлюють порожні контейнери.

При «незмінюваній» системі відходи вивантажують безпосередньо у сміттевози, а контейнери після випорожнення встановлюють на місце.

У впорядкованому житловому фонді можуть водночас застосовуватися обидві системи. Більш продуктивна "незмінювана" система повинна застосовуватися у великих містах.

Контейнерна («змінювані» збірники) система може застосовуватися при відстані вивезення не більше 8 км, а також при обслуговуванні об'єктів тимчасового утворення відходів і сезонних об'єктів (місце з великим скупченням людей, дачні селища, виставки, ярмарки). Збір і вилучення ТПВ у житлофонді на правах особистої власності можуть здійснюватися за будь-якою системою.

При системі «змінюваних» контейнерів застосовують контейнери місткістю 0,75 м<sup>3</sup> і сміттевози типу М-30А, а при системі «незмінюваних» місткістю 0,75, 0,6 і 0,55 м<sup>3</sup> з використанням сміттевозів типу КО-415 або КО-413.

Застосування сміттевозів типу КО-413 доцільно при вивезенні на відстань до 30 км. При більшій відстані можна використовувати КО-415.

Для орієнтовної перевірки результатів розрахунку в даній практичній роботі, можна скористатись даними табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Кількість жителів, які обслуговуються одним сміттєзбірником

Рівень благоустрою будинків	Група міст	Кількість жителів, які обслуговуються, чол.		
		Ємністю 0,3 м	Контейнером ємністю 0,75 м <sup>3</sup>	
1. Повністю впорядковані з сміттєпроводами	I, II	Без відбору ХВ	95	238
		З відбором ХВ	102	256
	III, IV, V	Без відбору ХВ	98	245
		З відбором ХВ	106	266
2. Впорядковані без сміттєпроводу	I, II	Без відбору ХВ	105	261
		З відбором ХВ	113	282
	III, IV, V	Без відбору ХВ	108	270
		З відбором ХВ	117	292
3. Середнього благоустрою без відбору ХВ	I, II	98	245	
	III, IV, V	108	270	
4. Невпорядковані без відбору ХВ	I-V	89	223	

Примітка. ХВ - харчові відходи

*Визначення числа контейнерів*

Необхідне спискове число контейнерів ( $n_H$ ) при «незмінюваній» системі визначають за формулою:

$$n_H = \frac{Q_c \cdot K \cdot K_1 \cdot P}{g \cdot K_2} \quad (2.1)$$

де  $Q_c$  - середньодобове накопичення ТПВ, м<sup>3</sup>/добу;  $K$  - коефіцієнт нерівномірності накопичення ТПВ (можна прийняти рівним 1,25);  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує кількість контейнерів, які знаходяться у ремонті й резерві ( $K_1 = 1,05$ );  $P$  - періодичність вивезення відходів, діб;  $g$  - місткість одного контейнера, м<sup>3</sup>;  $K_2$  - коефіцієнт заповнення контейнера ( $K_2 = 0,9$ ).

Кількість контейнерів, які належить розставити на ділянці,

обслуговуваній при «незмінюваній» системі (Б<sub>н.с.</sub>), також можна знайти за формулою:

$$B_{н.с.} = \frac{P_p \cdot t \cdot K_1}{365 \cdot E} \quad (2.2)$$

де  $P_p$  – річне накопичування ТПВ на дільниці, м<sup>3</sup>;  $t$  – періодичність вилучення відходів, діб;  $K_1$  – коефіцієнт рівномірності накопичування відходів ( $K_1 = 1,25$ );  $E$  – місткість контейнера, м<sup>3</sup>.

Для визначення облікового числа контейнерів (з урахуванням тих, що перебувають у ремонті й резерві) треба  $B_{н.с.}$  помножити на коефіцієнт  $K_2$  ( $K_2 = 1,05$ ).

Кількість змінюваних (контейнерна система) контейнерів знаходять за формулою

$$n_c = \frac{Q_C \cdot K \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot P}{g \cdot K_2} \quad (2.3)$$

Позначення див. у формулі 3. 1.

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує число контейнерів, встановлюваних на платформі автомобіля, періодичність вивезення ТПВ і кількість рейсів за добу.

Коефіцієнт  $K_3$  визначають за формулою:

$$K_3 = 1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \quad (2.4)$$

де  $\sigma_1$  – кількість контейнерів, встановлюваних на платформі сміттевоза;  $\sigma_2$  – число розташованих у місцях збору ТПВ контейнерів, що обслуговуються і вивозяться однією машиною за період збереження. Коефіцієнт  $K_3$  можна знайти в табл. 2.2.

Таблиця 2. 2

Поправочний коефіцієнт  $K_3$

Термін зберігання відходів, діб	Коефіцієнт $K_3$ при кількості рейсів за добу				
	1	2	3	4	5
0,5	3,00	2,00	1,66	1,50	1,40
1	2,00	1,50	1,33	1,25	1,20
2	1,50	1,25	1,17	1,13	1,10
3	1,33	1,17	1,11	1,08	1,07

Прийнято наступні терміни вилучення побутових відходів: з території домоволодінь – не менш ніж один раз за три дні; із території домоволодінь з особливим режимом або у південній зоні – щодня.

### Визначення числа сміттевозів

Кількість сміттевозів (шт.) в умовах автогосподарства встановлюють для кожного типу за формулою:

$$C = \frac{Q_p}{365 \cdot PP \cdot K_{инс}} \quad (2.5)$$

де  $Q_p$  – обсяг ТПВ, що вивозяться упродовж року, м<sup>3</sup>;  $PP$  – продуктивність одного сміттевоза прийнятого типу, м<sup>3</sup>;  $K_{инс}$  – коефіцієнт використання рухомого складу парку для кожного автогосподарства ( $K_{инс} = 0,7-0,8$ ).

Добову продуктивність сміттевоза визначають із рівняння

$$PP = \lambda g \lambda \quad (2.6)$$

де  $\lambda$  – кількість рейсів;  $g$  – кількість ТПВ, що перевозяться за один раз, м<sup>3</sup> – ( $g = 20$  м<sup>3</sup> при «незмінюваній» системі).

Число рейсів сміттевоза за зміну знаходять за формулою

$$\lambda = \frac{v_1 \cdot v_2 \cdot (t_{см} \cdot t_0 \cdot t_k) + v_2 \cdot l_1 + v_1 \cdot l_2}{v_1 \cdot v_2 \cdot t_{np} + 2 \cdot (v_2 \cdot l_1 + v_1 \cdot l_2)}, \quad (2.7)$$

де  $v_1$  і  $v_2$  – розрахункові швидкості при роботі сміттевоза в місті і поза ним (див. табл. 2.3);  $l_1$  і  $l_2$  – відстань транспортування ТПВ відповідно в місті і за містом, км;  $t_0$  – час, що витрачається на нульовий пробіг (від міста до місця роботи і назад), год. (див. табл. 2.3);  $t_k$  – час, що витрачається сміттевозом на кінцевий пробіг (від місця навантаження до місця розвантаження і назад (див. табл. 4. 3);  $t_{np}$  – час, що витрачається на вантажно-розвантажувальні операції, год. (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.3

#### Норма часу на пробіг сміттевозів

Характеристика доріг, тип дорожнього покриття	Середня розрахункова швидкість пробігу, км/год.	Норми часу на 1 км пробігу, год.
У роботі за містом		
Дороги з досконалим покриттям	42	0,0262
Дороги з твердим покриттям, у т. ч. щебенисті й ґрунтові	33	0,0333
При роботі в місті	26	0,0423

Число рейсів сміттевоза також можна знайти за формулою:

$$\lambda = \frac{T_{см} \cdot (T_{пз} + T_0)}{t_{ногр} + t_{разг} + 2 \cdot t_{проб}}, \quad (2.8)$$

де  $T_{см}$  – продуктивність зміни, год.;  $T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час, год.;  $T_0$  – час нульового пробігу (від гаража до місця роботи і назад), год.;  $t_{ногр}$  – тривалість навантаження, год.;  $t_{проб}$  – час пробігу від місця навантаження до місця розвантаження, год.;  $t_{разг}$  – тривалість розвантаження, год.

Таблиця 2.4

Норма часу на навантаження сміттєвоза

Кількість зупинок для повного завантаження сміттєвоза	Норма часу на один сміттєвоз, год.	
	Для сміттєвоза КО-413 на шасі ГАЗ-53А	Для сміттєвоза КО-415 на шасі КамАЗ
1	1,12	3,25
2 – 5	1,19	3,33
6 – 10	1,29	3,42
11 – 15	1,39	3,52
16 – 20	1,5	3,62
21 – 25	1,6	3,72

### ***Питання для самоконтролю:***

1. У чому полягає різниця між системою «змінюваних» і «незмінюваних» збірників?
2. Які системи збору і вилучення ТПВ можуть застосовуватись у впорядкованому житловому фонді?
3. Яку місткість повинні мати контейнери при «змінюваній» системі?
4. Які типи сміттєвозів використовують при «незмінюваній» системі?
5. Від яких параметрів залежить добова продуктивність сміттєвозів?
6. Якою системою здійснюється збір і вилучення ТПВ у житлофонді на правах особистої власності?
7. З якою метою визначення облікового числа контейнерів?

### **Практична робота № 3**

**Тема: Розрахунок місткості та енергетичного потенціалу полігона для захоронення відходів**

**Мета роботи:** Провести розрахунок місткості полігону та необхідну площу ділянки складування відходів для обслуговування мешканців населеного пункту, оцінити енергетичний потенціал складованих відходів.

**Основні поняття**

Після вибору оптимального числа споруд із знешкодження і утилізації ТПВ (табл. 3.1) встановлюють тип споруд і спосіб знешкодження з урахуванням санітарно-епідеміологічних, економічних і містобудівних факторів (див. табл. 3.2 і 3.3), при цьому треба виходити з умов максимальної утилізації компонентів ТПВ, спільного знешкодження з активним мулом і осадам міських стічних вод і переробки в добрива. З урахуванням продуктивності машин, що застосовуються на полігонах, встановлена наступна класифікація споруд що приймають ТПВ (в тис. м<sup>3</sup> за рік); 30, 60, 120, 180, 240, 360, 800, 1000, 1500, 2000, 3000.

Місткість полігону розраховується для обґрунтування необхідної площі ділянки складування ТПВ.

Місткість полігону  $E_T$  на розрахунковий термін знаходять за формулою:

$$E_m = \frac{(Y_1 + Y_2) \cdot (H_1 + H_2) \cdot T \cdot K_2}{4 \cdot K_1}; \text{м}^3 \quad (3.1.)$$

де  $Y_1, Y_2$  - питомі річні норми накопичування ТПВ за обсягом на перший і останній роки експлуатації, м<sup>3</sup>/чол./рік;  $H_1$  і  $H_2$  - кількість жителів, які обслуговуються полігоном на перший і останній роки експлуатації, чол.;  $T$  - розрахований термін експлуатації полігону, роки;  $K_1$  - коефіцієнт, який враховує ущільнення ТПВ у процесі експлуатації полігону на увесь термін  $T$  (див. табл. 3.1);  $K_2$  - коефіцієнт, який враховує обсяг зовнішніх ізолюючих шарів ґрунту (проміжний і останній).

Кількість жителів які обслуговуються полігоном в останній рік експлуатації можна знайти за формулою:

$$H_2 = 1,2 H_1, \quad (3.2)$$

$$Y_1 = \frac{Q_p}{H_1}, \quad (3.3)$$

де  $Q_p$  - кількість ТПВ, які підлягають вивезенню упродовж року,  $m^3$ .

Наприклад, питому річну норму накопичення за обсягом на 20-й рік експлуатації визначають з умови щорічного зростання її за обсягом на 3% з формули:

$$Y_2 = Y_1 \cdot (1.03)^{20} = 1.805 \cdot Y_1, \quad (3.4)$$

$$Y_2 = 1,1 \cdot (1.03)^{20} = 1,1 \cdot 1.805 = 1,99, m^3 / \text{чол.рік}$$

Якщо  $Y_1 = 1,1 m^3/\text{чол.рік}$ , то  $Y_2$  складе  $1,99 m^3/\text{чол.рік}$ .

Коефіцієнт  $K_1$ , що враховує ущільнення ТПВ у процесі експлуатації полігону за весь термін експлуатації  $T$ , приймають за табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Значення  $K$  при різній масі ущільнюючого бульдозера або катка

Маса бульдозера або катка	Повна проєктована висота полігону, м	$K$
3-6	20...30	3,0
12-14	менше 10	3,7
12-14	20...30	4,0
20-22	50 і більше	4,5

Коефіцієнт  $K_2$ , що враховує об'єм ізолюючих шарів ґрунту в залежності від загальної висоти полігону, знаходять по табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Значення  $K_2$  при різній висоті полігону

Загальна висота, м	5,25	7,5	9,75	12-15	16-39	40-50	більше 50
$K_2$	1,37	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16

Якщо при забезпеченні робіт із проміжної і залишкової ізоляції використовують ґрунт полігону, який розробляється, то  $K_2 = 1$ .

Необхідну площу дільниці складування ( $\Phi_{yc}$ ) встановлюють за формулою:

$$\Phi_{yc} = \frac{3 \cdot E_m}{H_n \cdot 1000}, \text{ га} \quad (3.5)$$

де 3 - коефіцієнт, що враховує закладення зовнішніх відкосів 1:4;  $H_n$  - висота складування ТПВ, м.

Необхідну площу полігону ( $\Phi$ ) знаходять за формулою:

$$\Phi = 1,1 \Phi_{yc} + \Phi_{доп}, \text{ га}, \quad (3.6)$$

де 1,1 - коефіцієнт, що враховує смугу навколо ділянки складування;  $\Phi_{доп}$  - площа ділянки господарської зони і майданчики мийки контейнерів (у роботі слід прийняти  $\Phi_{доп} = 1$  га).

У процесі мікробіологічного розкладу ТПВ відбувається інтенсивне відділення біогазу за перші 5-7 років, потім поступово знижується і протягом 20-30 років стабілізується. Якщо проект передбачає утилізацію біогазу з метою зниження антропогенного тиску на навколишнє середовище і економії енергетичних ресурсів, то на полігоні повинні забезпечуватися оптимальні умови для мінералізації і знезараження ТПВ.

Біогаз являється цінним енергетичним ресурсом і після збору та очистки може використовуватись як паливо замість мазуту чи природного газу. Так, 1 м<sup>3</sup> біогазу еквівалентний по теплу 0,5 л мазуту або 0,3 м<sup>3</sup> природного газу.

Кількість біогазу ( $Q_{бг}$ ), що може надходити для утилізації, виходячи з річного накопичення ТПВ, розраховується за формулою:

$$Q_{бг} = 0,5 \times P_p \times q_{бг}, \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

де  $P_p$  - річне накопичування ТПВ від житлових будинків населеного пункту, та об'єктів спеціально призначення, т;  $q_{бг}$  - питома норма надходження біогазу в процесі розкладу ТПВ, м<sup>3</sup>/т.

Приймається  $q_{бг}=200-400$  м<sup>3</sup>/т.

Отримане значення  $Q_{бг}$  використовують для розрахунку еквівалентних за теплом кількостей мастила і природного газу, які можна економити в разі утилізації біогазу.

Для фінансової оцінки ефективності утилізації біогазу необхідно виходити з економії еквівалентної кількості мазуту вартістю 68-80 \$/т і природного газу – 68-80 \$/м<sup>3</sup>.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Які параметри враховуються при розрахунках місткості полігону?
2. У чому полягає принцип визначення питомої річної норми накопичення відходів за обсягом на n-й рік експлуатації полігону?
3. З якою метою необхідно враховувати коефіцієнт ущільнення ТПВ у процесі експлуатації полігону?
4. Як визначити необхідну площу ділянки складування ТПВ?



5. У чому відмінність між площею складування ТПВ на полігоні та площею полігону?
6. Що є причиною утворення біогазу при складуванні відходів на полігоні?
7. Впродовж кількох років відбувається інтенсивне виділення біогазу з полігону?
8. Через скільки років виділення біогазу стабілізується?
9. Який еквівалент по теплу має біогаз відносно мазута і природного газу?
10. Як провести фінансову оцінку ефективності утилізації біогазу?

#### Практична робота № 4

***Тема: Розробка і обґрунтування типу конструкції захисних смуг полігона ТПВ***

***Мета роботи:*** Розробити рекомендації для конструювання захисних смуг навколо полігону, призначеного для складування ТПВ населеного пункту.

#### ***Основні поняття***

Загальне призначення санітарно-захисних зон (ССЗ) полігонів ТПВ є забезпечення ефективного управління відходами та іншими видами забруднюючих речовин, а також захист здоров'я та навколишнього середовища. Санітарно-захисна зона дозволяє обмежити поширення шкідливих речовин, які можуть виділятися з тіла відходів. Це особливо важливо для запобігання забрудненню ґрунту, водойм, повітря та навколишнього середовища загалом.

Створення ССЗ допомагає зменшити ризик впливу шкідливих викидів на здоров'я людей, які проживають у безпосередній близькості до полігону. Це важливо для попередження захворювань та інших проблем здоров'я. Санітарно-захисна зона також допомагає захищати будівлі, транспортні засоби та інші об'єкти інфраструктури, слугує засобом захисту природних екосистем від негативного впливу діяльності на полігоні, виконуючи функцію бар'єру, який зменшує вплив викидів та забруднень на природні ресурси.

Створення санітарно-захисної зони також від можливих негативних впливів, пов'язаних з діяльністю на полігоні.

СЗЗ вигідно створювати із змішаних порід дерев - хвойних широколистяних, газопоглинаючих і газостійких.

Вибір порід зелених насаджень та найвигідніше видове співіснування з урахуванням естетичної привабливості СЗЗ можна визначити за відповідними нормативними даними.

Приклад типу конструкції захисної смуги для полігону ТПВ наведено на рис. 4.1.

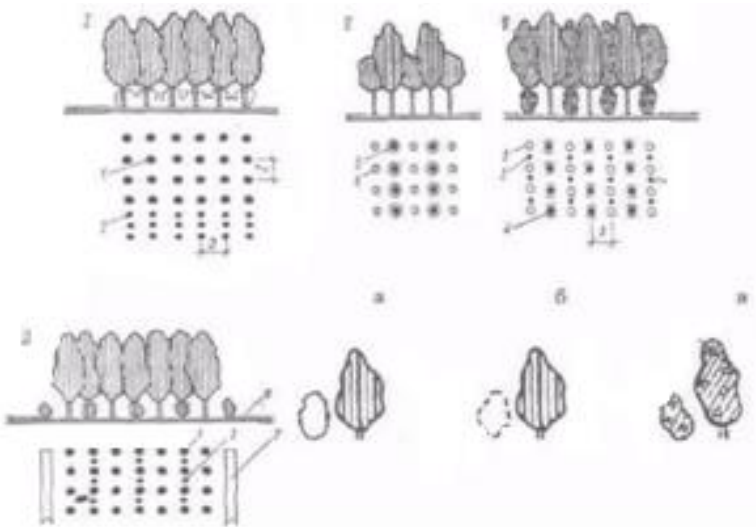


Рис. 4.1. Типи конструкцій захисних смуг:

1 - тополь канадський; 2 - бірючина звичайна; 3 - гледичія триколючкова; 4 - айлант; 5 - шовковиця біла; 6 - сафора японська; або можевельник; 5 - газон; а - дерева й кущі з щільною кроною; б - то же з кроною середньої щільності; в - то же з ажурною кроною.

Для покращення санітарно-гігієнічних функцій і підвищення екологічної стійкості СЗЗ, в рекомендаціях слід відобразити можливість створення ніш для розвитку чи відновлення популяцій фауни і флори, характерних для даної природної зони.

Обґрунтувати розрахунки розмірів площадок СЗЗ з

урахуванням якісного складу зелених насаджень у зв'язку з відсутністю нормативних даних неможливо. Проте попередні розрахунки для зіставлення з даними ДБП-360-92 можна виконати за приведеними нижче характеристиками:

Відомо що 1 га зелених насаджень поглинає вуглекислого газу в середньому 192 кг/добу, на протязі річної вегетації з 1 кв. м. поверхні листяної пластинки виділяється така кількість кисню, кг: бузок 1,1; дуб 0,85; осина 1,0; сосна 0,81; граб 0,9; клен 0,62; липа 0,89; ліщини 0,59; липа дрібнолистяна 0,47; бук 0,55.

Двадцятирічні соснові насадження площею 1 га поглинають щорічно 9,35 т вуглекислого газу і виділяють 7,25 т кисню.

Звичайно, кисень що виділився частково піде на окислення деяких компонентів біогазу - вуглеводів сірководню і т.д.

Розроблені рекомендації для конструювання захисних смуг повинні спиратись на дані табл. 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1

Породи дерев та кущів, що використовують для покращення санітарно-гігієнічних характеристик міста

№ з\п	Породи дерев та кущів	Підвищують рівень іонізації повітря	Найбільш газостійкі породи	Газопоглинаючі властивості, мг/100г сухої маси
1	2	3	4	5
1	Акація біла	+	-	-
2	Акація жовта	-	+	-
3	Береза бородавчата	-	+	69,5
4	Береза пушиста	-	-	81,5
5	Бузина червона	-	-	-
6	В'яз гладкий	-	+	59,5
7	Дерен білий		+	-
8	Дуб черешчатий	+	+	-
9	Смерека колюча	-	+	14,5
10	Смерека звичайна	+	-	-
11	Жимолость татарська		-	-
12	Верба біла (срібляста)	+	+	79,5
13	Верба козяча	-	+	77,0

продовження табл. 4.1

14	Клени			
	- сріблястий	+	-	-
	- гостролистий	-	-	34,0
	татарський	-	+	24,5
15	Калина звичайна	-	+	-
16	Липа			
	- крупнолиста	-	+	74,0
	- дрібнолиста	-	-	74,0
17	Лохи			
	- сріблястий	-	+	
	- вузьколистими	-	+	58
18	Ялівець	+	-	-
19	Осіна	-	+	57,5
20	Троянда зморщчата	-	+	
21	Горобина звичайна	+	+	-
22	Бузок			
	- угорський	+	+	49,5
	- звичайний		-	68,0
23	Смородина золотиста	+	+	-
24	Сосни			
	- кримська	+	-	-
	- звичайна	+	-	10,5
25	Тополі			
	- бальзамична	-	+	64,0
	- берлінська	-	+	-
	- канадська	-	+	81,0
	- пірамідальна	+	-	-
	- чорна	+	-	32,5
26	Туя західна	+	-	9,5
27	Черемха звичайна	-	+	72,0
28	Чубушник венечний	+	1	-
29	Яблуня сибірська	-	-	180,5
30	Ясен	-	+	80

Примітка: "+" - породи, яким надається перевага; "-" - породи, яким надається найменша перевага, або немає даних

Таблиця 4.2  
Можливість міжвидового співіснування дерев та кущів при

створенні санітарно-захисної зони

Дерево, кущ	Співіснування	
	Неможливе	Можливе
Акація жовта	Черемха звичайна	сосна звичайна, тополя бальзамічна
Береза бородавчата	Дуб, бук, сосна і смерека у віці 2,0-30 років	липа, клен гостролистий, горобина звичайна
Дуб черешчатий	Акація біла, береза, бузина червона, клен татарський, осина, сосна, ясен	акація біла, береза, бузина червона, клен татарський, осина, сосна, ясен
Смерека звичайна	Дуб, клен татарський, бузок звичайний, тополя канадська	ліщина, горобина
Верба срібляста	Акація біла	немає даних
Клен татарський	Дерен, дуб	дерен, дуб
Клен ясенелистий	Сосна, ясен зелений	дерен білий
Сосна звичайна	Акація біла, бузина, в'яз, клен ясенелистий, осина, тополя канадська, черемха звичайна	дерен червоний, липа дрібнолистяна, клен гостролистий, дуб черешчатий
Тополя бальзамічна	Бузина червона	акація жовта
Тополя канадська	Смерека звичайна	бузина червона, клен татарський
Черемха звичайна	Акація жовта, сосна	немає даних
Ясен звичайний	Дуб черешчатий	немає даних

Студенти наводять загальні висновки до практичної роботи із зазначенням і обґрунтуванням обраної схеми зелених насаджень.

**Питання для самоконтролю**

1. З якою метою навколо полігонів ТПВ облаштовуються СЗЗ?
2. За яким принципом проводиться вибір порід зелених насаджень?
3. Наведіть приклади поглинальної здатності CO<sub>2</sub> різних порід дерев.

**Практична робота № 5**

**Тема: Сміттесортувальні комплекси: класифікація, принцип роботи, вибір сортувальних ліній**

**Мета роботи:** Ознайомитись із принципом роботи сміттесортувального комплексу; навчитись розраховувати кількість сортувальних ліній для конкретного міста.

**Основні поняття**

Сміттесортувальний комплекс (ССК) є складною інженерною системою, призначеною для автоматизованої обробки та сортування побутових та промислових відходів на різні фракції з метою подальшого перероблення, утилізації або вторинного використання. Основний принцип роботи сучасного сміттесортувального комплексу полягає у використанні автоматизованих процесів та технологій для ефективного відокремлення різних матеріалів та компонентів з суміші відходів.

Основні етапи роботи сучасного сміттесортувального комплексу:

*Подача відходів.* Відходи надходять до комплексу з транспортних засобів або з конвеєрних систем. Перед подачею може проводитися попереднє виділення великих об'єктів, таких як паперові та картонні коробки.

*Первинне сортування:* На цьому етапі відбувається видалення небажаних компонентів, таких як великі об'єкти, які не підлягають подальшому сортуванню, або небезпечні матеріали.

Подача на конвеєр для роздільного сортування: Залишки відходів подаються на конвеєр, де застосовуються різні технології для роздільного сортування. Це може включати оптичне сортування, магнітну сепарацію, відділення за розміром, об'ємом, густиною тощо.

*Оптичне сортування.* Застосування оптичних систем для визначення характеристик матеріалів, таких як кольори, форми та текстури. Це дозволяє відокремити папір, картон, пластик тощо.

*Магнітна сепарація.* Використання магнітних полів для відокремлення металевих компонентів, таких як алюміній, сталь та інші.

*Аеродинамічне сортування.* Використання повітряних потоків для розділення легких компонентів, таких як пластикові пляшки, від важких матеріалів.

*Подальша обробка та переробка.* Розділені матеріали далі піддаються обробці відповідно до їх властивостей та призначення. Наприклад, пластик може бути подрібнений для подальшого використання виробництва, папір може бути компостований або перероблений в нові паперові вироби.

*Вторинне використання:* Відокремлені та перероблені матеріали використовуються для виробництва нових товарів або матеріалів.

*Видалення залишків:* Невикористані або неутилізовані залишки відходів (наприклад, недосяжні дрібні фракції) видаляються з процесу та можуть підлягати подальшій обробці.

Сучасні сміттесортувальні комплекси передбачають комплексну переробку відходів, включаючи сортування, спалювання горючої частини ТПВ, ферментацію харчових залишків з отриманням компосту та біогазу, а також теплової та електричної енергії за рахунок вторинного тепла, отриманого при спалюванні ТПВ.

Сміттесортувальні комплекси класифікуються за комплексністю допоміжного технологічного устаткування:

1. *Мінімальної комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини низької автоматизації і бункер/тара для відсортованих компонентів відходів.

2. *Середньої комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини низької і високої автоматизації, подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів, автотранспортувач.

3. *Повної комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини високої автоматизації, устаткування для подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів, автотранспортувач, бункеровоз, транспортний сміттєвоз, мостовий кран і/або тельфер.

4. *Максимальної комплектації*: до складу допоміжного технологічного устаткування входить допоміжне устаткування смітесортувального комплексу повної комплектації і пресове устаткування для пресування залишку, що не утилізується, перед його захороненням.

Нижче представлена таблиця застосовності ССК до міст України за кількістю сортувальних ліній залежно від кількості жителів того або іншого міста (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вибір ССК за кількістю сортувальних ліній, залежно від кількості жителів населеного пункту

ССК	Кількість жителів, тис. чол.				
	<103	< 205	<310	< 410	> 410
При S = 1,7	<135	<270	<400	<540	>540
При S = 1,3					
Одномодульна V=17,5 тис. м <sup>3</sup> /рік	+				
Двохмодульна V=35 тис. м <sup>3</sup> /рік		+			
Трьох модульна V=52,5 тис. м <sup>3</sup> /рік			+		
Чотирьохмодульна V=70 тис. м <sup>3</sup> /рік				+	
Більше одного ССК в місті V>70 тис. м <sup>3</sup> /рік					+

Принцип роботи ССК (рис. 5.1): ТПВ завантажуються в бункер дробарки, де відбувається подрібнення до розміру  $\approx 30$  см. Подрібнені відходи на транспортній стрічці проходять під стрічковим магнітним сепаратором, відбувається відбір чорного металу і переміщення його в накопичувальний бункер (близько 3% від загального об'єму ТПВ).

Далі ТПВ поступають в грохот, де відбувається відділення дрібної фракції до 5 см (за бажанням можна встановити барабан з розміром комірки від 10x10 мм до 150x150 мм; усього 30 варіантів комірок), близько 15-20% від загальної маси ТПВ.

Після грохоту відходи поступають в приймач ручної сортувальної установки. Швидкість транспортної стрічки установки можливо плавно регулювати до швидкості 0,9 м/с. Тут вручну можливо проводити відбір ПЕТ пляшок і пластика (близько 5-8%), кольорових металів (близько 3%), паперу і картону (близько 20-25%) і т.п. в кінці транспортної стрічки встановлений магнітний сепаратор для чорних металів (близько 2%).

Решта ТПВ потрапляє в накопичувальний бункер для вивезення на захоронення.



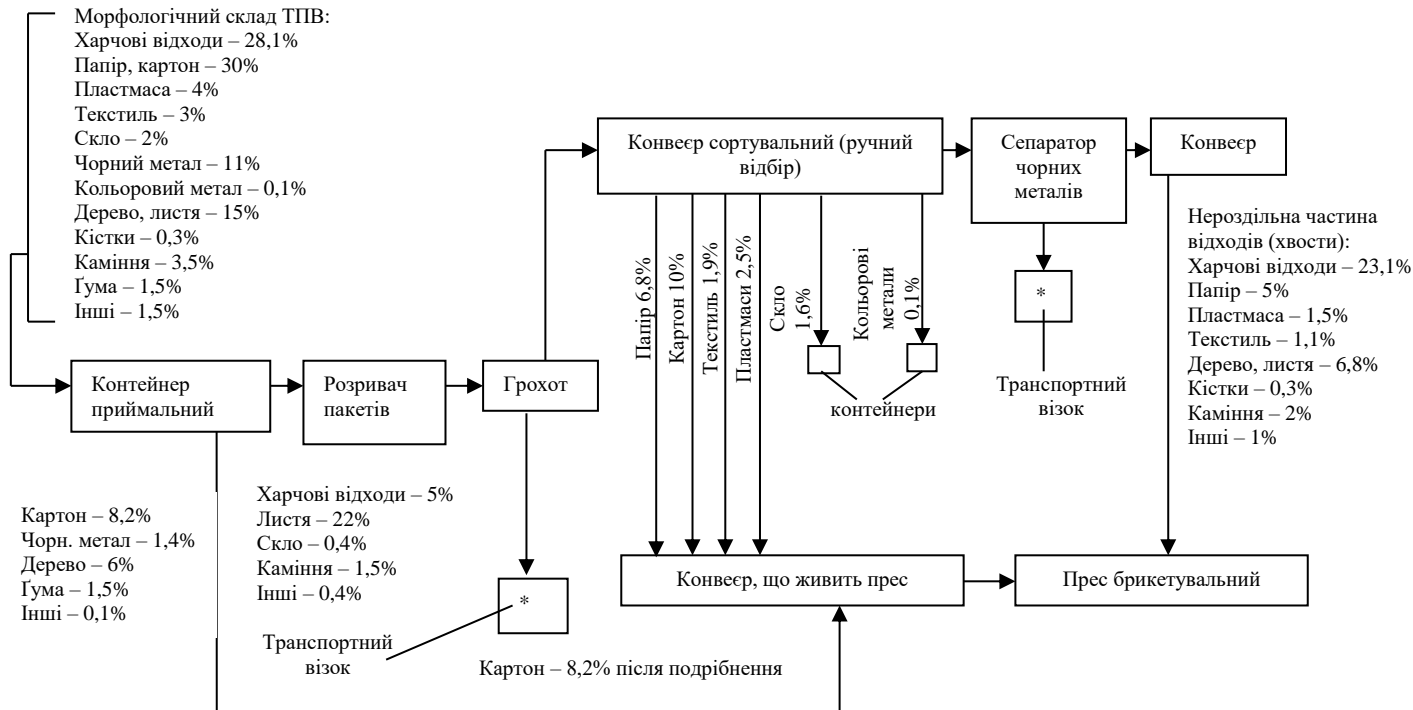


Рис. 5.1. Структурна схема комплексу сортування та пресування ТПВ і баланс компонентів (% загальної маси)

Вихідні дані:

а) Для сміттесортувальних систем:

- продуктивність одного модуля (лінії) - 60 м<sup>3</sup>/год;

- час роботи сміттесортувальних систем - не більше 8-ми год/добу.

б) Для міст України:

- норми накопичення ТПВ у житловому фонді - 1,0...1,3 м<sup>3</sup>/рік на одного жителя;

- норми накопичення установ і підприємств громадського призначення складають 30...50% від норм накопичення житлового фонду;

- сумарний розрахунковий об'єм відходів для міст України - 1,3...1,7 м<sup>3</sup>/рік на одного жителя.

- в містах відсутні системи спеціалізованого збирання крупногабаритних відходів.

в) Позначення:

V - розрахунковий річний об'єм оброблюваних відходів відповідно до годинної продуктивності одного сортувального модуля (лінії) при 8-ми годинному робочому дні на сміттесортувальних системах.

S - сумарний розрахунковий об'єм відходів для міст України на одного жителя в м<sup>3</sup>/рік.

Після врахування додаткових аргументів отримаємо максимально наближену формулу розрахунку кількості сортувальних ліній ССК для кожного конкретного міста:

$$M = \frac{K \cdot N \cdot S}{H \cdot T \cdot D}, \quad (5.1)$$

де M - необхідна кількість сортувальних ліній в ССК; K - демографічний коефіцієнт приросту (спаду) міського населення в рік (може бути більше одиниці або менше); N - кількість жителів в місті; H - продуктивність однієї сортувальної лінії ССК: 60 м<sup>3</sup>/год.; T - час роботи ССК на добу: 8 годин (залежно від щоденного регламенту збирання відходів того або іншого міста значення T може змінюватися); D - кількість робочих днів ССК в рік: 365 днів

(залежно від регламенту збирання відходів того або іншого міста значення В може змінюватися).

Застосування комплексу дозволяє:

1. Зменшити обсяг ТПВ, які підлягають захороненню, приблизно у 8 – 10 разів.

2. Вилучити з відходів до 40 – 45% вторинної сировини.

3. Завдяки подрібненню та отриманню фракції матеріалу з розмірами часток менш ніж 30 см і, відповідно, щільнішому укладанню ТПВ виключається поява порожнин і провалів поверхні полігонів.

4. Комплекс не вимагає капітального будівництва, призначений для роботи просто неба і в зимових умовах.

5. Мобільність комплексу дає можливість використовувати його на інших полігонах у міру їх заповнення або на стихійних звалищах, а також на будівельних майданчиках і паркових зонах.

6. Автономність (кожну установку урухомлює свій дизельний двигун) дозволяє використовувати окремо кожний агрегат залежно від потреби.

Обслуговувати комплекс може дистанційно один технік або оператор навантажувача (екскаватора). Ручна сортувальна установка розрахована на 4-8 робочих місць (залежно від поставлених завдань). На кожному робочому місці передбачено аварійне припинення руху транспортної стрічки.

Запропоноване розміщення установок умовне, і конфігурацію можна змінювати залежно від габаритів майданчика і заданих умов.

Використання ССК, за умови їх відповідності екологічним та санітарним нормам, доводить свою високу економічну ефективність на практиці. Пояснення цього полягає в можливості встановлення таких ССК якомога ближче до житлових та адміністративних районів, а також на існуючих полігонах відходів, тобто безпосередньо біля джерела утворення відходів.

Ще один із прикладів роботи ССК наведено у вигляді схеми на рис. 5.2.

Принципова схема роботи сміттесортувального комплексу

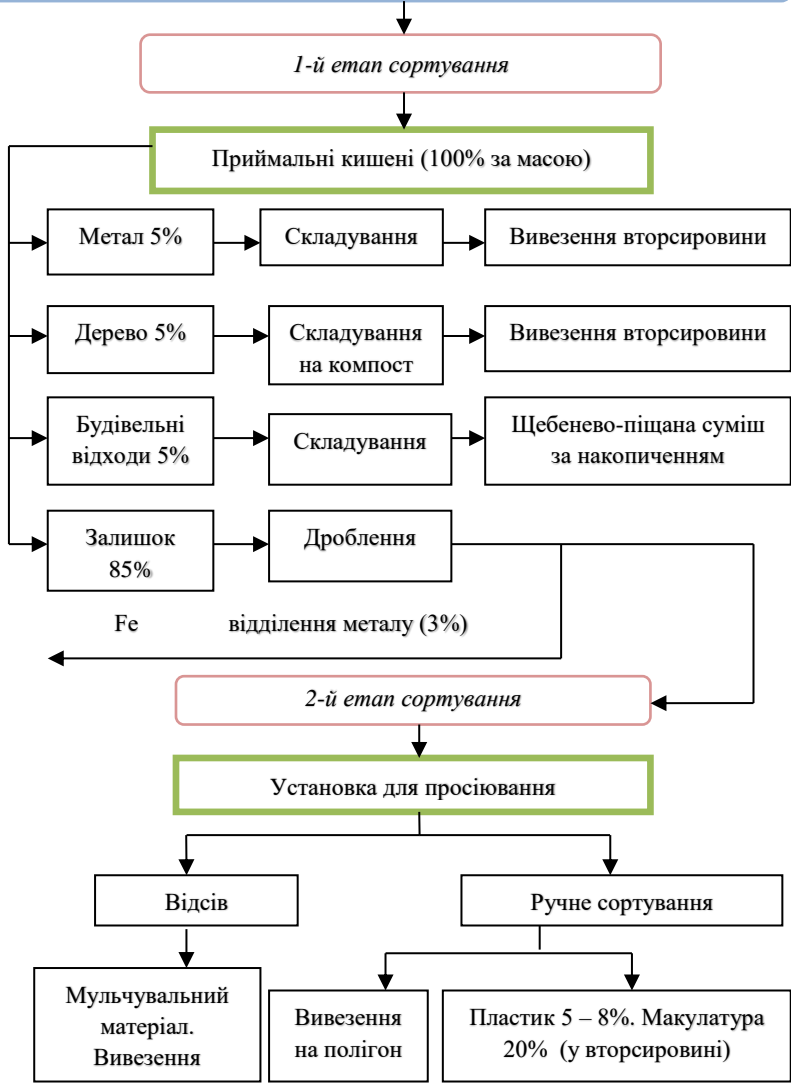


Рис. 5.2. Схема ССК для подрібнення і сортування відходів

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Які головні завдання сміттесортувальних комплексів. Опишіть основний принцип роботи сучасного сміттесортувального комплексу.?
2. За яким принципом класифікуються ССК?
3. За якими параметрами проводиться вибір сміттесортувальних комплексів для конкретного міста.
4. Назвіть основні технологічні цикли в роботі ССК.
5. Які переваги використання сміттесортувальних комплексів з точки зору сталого розвитку та охорони довкілля?
6. Які етапи включає процес сортування в сміттесортувальному комплексі?
7. Назвіть декілька методів роздільного сортування, які застосовуються в сміттесортувальних комплексах.
8. Як відбувається оптичне сортування в сміттесортувальних комплексах і яка його роль?
9. Які матеріали можуть бути виділені під час магнітної сепарації в сміттесортувальних комплексах?

### **Практична робота № 6**

***Тема: Визначення класу небезпеки промислових відходів***

***Мета роботи: Оволодіти методикою визначення класу небезпеки відходів розрахунковим способом.***

#### ***Основні поняття***

Клас небезпеки відходів визначається виробником відходів або за його дорученням. Визначення класу небезпеки промислових відходів слід здійснювати:

- експериментальним шляхом на дослідних тваринах згідно з ГОСТ 12.1.007-76 в установах, акредитованих на цей вид діяльності;

- розрахунковим методом, коли установлений фізико-хімічний склад відходів, за  $LD_{50}$  або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

*Визначення класу небезпеки відходів розрахунковим методом:*

Якщо для конкретного виду промислових відходів розроблено та впроваджено технологію утилізації, знешкодження або оброблення, які призводять до усунення чи значного зменшення негативного впливу відходів на біоценози об'єктів довкілля, насамперед ґрунту, слід визначити клас небезпеки відходів - за  $LD$  згідно з формулами 1 і 2:

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S+0,1F+C_b)_i} \quad (6.1)$$

де  $K_i$  - індекс токсичності кожного хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу, величину  $K$  округлюють до першого знака після коми;  $\lg(LD_{50})$  - логарифм середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні в шлунок ( $LD_{50}$  - знаходять за довідниками);  $S$  - коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді (за допомогою довідника знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді в грамах на 100 г води при температурі не вище 25 °С, цю величину ділять на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт  $S$ , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1);  $F$  - коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта (за допомогою довідників визначають тиск насиченої пари в мм рт. ст. інгредієнтів відходу при температурі 25 °С, що мають температуру кипіння при 760 мм рт. ст. не вище 80 °С; одержану величину ділять на 760 і отримують безрозмірну величину  $F$ , яка знаходиться в інтервалі від 0 до 1);  $C_b$  - кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу, т/г;  $i$  - порядковий номер конкретного інгредієнта.

Після розрахунку  $K$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 ведучих, які мають найменші  $K$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2 \cdot K_1 > K_3$ .

$$K_\delta = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n K_i, \quad n \leq 3 \quad (6.2)$$

де  $K_\delta$  - сумарний індекс небезпеки. Він обчислюється за допомогою двох або трьох вибраних індексів токсичності, після чого, за допомогою таблиці 6.1 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

Таблиця 6.1

Класифікація небезпеки відходів за  $LD_{50}$

Величина $K_{\delta}$ отримана на основі $LD_{50}$	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 1,3	I	Надзвичайно небезпечні
Від 1,3 до 3,3	II	Високонебезпечні
Від 3,4 до 10	III	Помірно небезпечні
Від 10 і більше	IV	Малонебезпечні

При відсутності  $LD_{50}$  для інгредієнтів відходу, але при наявності класу небезпеки цих інгредієнтів у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88), необхідно у формулу (1) підставити умовні величини  $LD_{50}$ , що орієнтовно визначені за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Класи небезпеки у повітрі робочої зони і відповідні умовні величини  $LD_{50}$

Клас небезпеки у повітрі робочої зони	Еквівалент $LD_{50}$	$Lg(LD_{50})$
I	15	1,176
II	150	2,176
III	5000	3,699
IV	> 5000	3,778

Враховуючи те, що значна частина небезпечних промислових відходів не має впроваджених схем утилізації, знешкодження чи оброблення і видаляється методом поховання або використовується у вигляді домішок чи прошарків на полігонах твердих промислових відходів, тобто може мати безпосередній контакт з об'єктами довкілля, тому для визначення класу небезпеки таких відходів слід застосовувати ГДК їх хімічних складників у ґрунті згідно з формулою:

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S+0,1+F+C_B)_i} \quad (6.3)$$

де  $ГДК_i$  - граничнодопустима концентрація токсичної хімічної речовини у ґрунті, що міститься у відході;

Величину " $K_i$ " округляють до 1-го знака після коми.

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 ведучих, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$  крім того, повинна виконуватися умова  $2 \cdot K_1 \geq K_2$  чи  $K_3$ .

Потім розраховується сумарний індекс токсичності (Кδ) згідно з формулою 2, після чого, за допомогою таблиці 6.3 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

Таблиця 6.3

Класифікація небезпеки відходів за ГДК хімічних речовин у ґрунті

Величина Кδ отримана на основі ГДК у ґрунті	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 2	I	Надзвичайно небезпечні
Від 2 до 16	II	Високонебезпечні
Від 16,1 до 30	III	Помірно небезпечні
Від 30,1 і більше	IV	Малонебезпечні

Затвердження класу небезпеки промислових відходів проводить Міністерство охорони здоров'я України, за погодженням - Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Ким проводиться визначення класу небезпеки відходів?
2. Що собою являє показник  $LD_{50}$ ?
3. З якою метою при визначенні класу небезпеки відходів застосовують ГДК їх хімічних складників у ґрунті?
4. Який виконавчий орган проводить затвердження класу небезпеки промислових відходів?
5. Які показники врахує сумарний показник токсичності відходів?
6. Як встановити коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта в складі промислових відходів?
7. Яким ступенем токсичності характеризується II клас небезпеки відходів?



## ***Тема: Утилізація відходів пластмас. Розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари***

***Мета роботи:*** 1) ознайомитись з основними технологічними операціями при переробці відходів пластмас; 2) опанувати методи ідентифікації полімерних матеріалів; 3) провести розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари.

### ***Основні поняття***

Утилізація відходів пластмас внаслідок швидкого росту обсягів їх застосування набула важливого економічного та екологічного значення. Вторинні полімерні матеріали повинні мати у промисловості з переробки пластмас таке ж значення як металобрухт у металургії.

Для полегшення сортування пластмасових відходів споживання у багатьох країнах виробу при їх виробництві маркують (додаток А), що дозволяє ідентифікувати вид полімеру, з якого вони зроблені. Роздільний збір сміття відходів споживання пластмасових деталей з врахуванням виду полімеру (а ще краще кольору) в нашій країні майже не здійснюється. Тому значна частина відходів пластмас не перероблюється.

У промисловості застосовуються наступні основні напрямки утилізації та ліквідації відходів пластмас:

- переробка відходів у полімерну сировину і повторне їх використання для отримання виробів;
- спалювання разом з побутовими відходами;
- піроліз та отримання рідкого і газоподібного палива;
- захоронення на полігонах та звалищах.

Основний шлях утилізації відходів пластмас - це їх повторне використання за прямим призначенням.

У загальному вигляді послідовність операцій з переробки відходів пластмас з метою їх повторного використання наведено на рис. 7.1. залежно від якості та чистоти відходів така схема може бути реалізована у повному або скороченому об'ємі.



Рис. 7.1. Послідовність операцій при переробці відходів пластмас

Як правило, промислові відходи на потребують виконання всіх стадій технологічного процесу, що показані на цій схемі. Побутові полімерні відходи, навпаки, потребують ретельного підготування. Виробнича схема переробки таких відходів пластмас наведена на рис. 7.2.

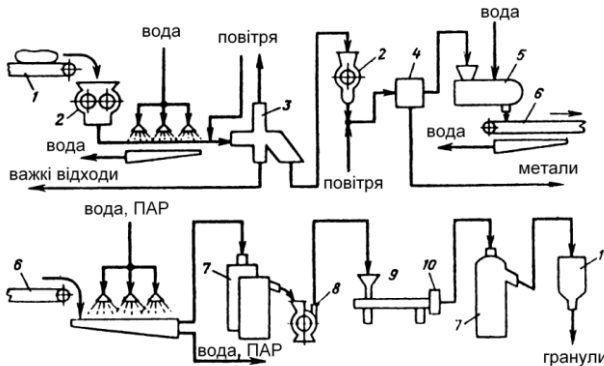


Рис. 7.2. Виробнича схема переробки відходів пластмас: 1 – конвеєр; 2 – дробарка; 3 – повітряний класифікатор; 4 – магнітний сепаратор; 5 – промивач; 6 – конвеєр; 7 – центр обіжні сушки; 8 – дробарка; 9 – бункер; 10 – екструдер; 11 – бункер для гранул.

*Збір та сортування* відходів пластмас є найбільш слабкою ланкою в процесі організації переробки як технологічних відходів, так і відходів споживання. Ідеальне сортування повинне забезпечувати розділення їх не лише по видам, маркам, кольору, але і за формою, ступенем забрудненості, вмісту сторонніх домішок, фізико-хімічним властивостям і т.п., що вимагає настільки великих затрат, що робить утилізацію відходів неефективною.

*Ідентифікація* пластмас має важливе значення. Серед проблем, що виникають при утилізації пластмас головна – визначення природи матеріалу, тобто її ідентифікація.

Якщо відсутнє спеціальне обладнання для проведення хімічного, фізико-хімічного та інших видів спеціальних аналізів, тоді можна скористатись простими, але достатньо точними методами ідентифікації, за допомогою виключення або порівняння з точно відомими зразками або шляхом аналізу даних про можливість застосування тих або інших видів пластмас для певних цілей.

Щоб відрізнити термопластичний матеріал від терморективного, необхідно прикласти до зразка розжарений металевий предмет. Якщо при цьому поверхня контакту з ним плавиться, то це термопластичний матеріал.

Якщо зразок пластмаси (непористий) плаває на поверхні води, у яку додано декілька крапель миючого засобу (для послаблення поверхневого натягу), то цей зразок, вочевидь, з неполярного полімеру – поліетилену або пропілену. Продукти горіння таких матеріалів мають запах як при горіння стеаринової свічки.

*Спалювання зразків пластику* – достатньо надійний спосіб його ідентифікації. Для цього шматок або смужку пластику беруть пінцетом, кліщами або іншим аналогічним інструментом (порошкоподібний матеріал насипають на кінчик ножа або інший зручний інструмент) і підносять до полум'я. Отримані результати порівнюють з відомою поведінкою пластмас при горінні (додаток В). До уваги приймаються наступні характеристики: легкість спалаху, характер плавлення, тривалість горіння після винесення з полум'я, наявність кіптяви, колір полум'я, запах. При цьому необхідно пам'ятати про заходи безпеки при підпалюванні зразків. Поведінка різних полімерів у полум'ї описана в додатку В.

Полімерні матеріали, що містять хлор (наприклад полівінілхлорид), можна розпізнати, якщо прикласти до їх поверхні розжарений мідний дріт. Якщо після внесення її у полум'я сірника або пальника вона зафарбовується у зелений колір, то це свідчить про присутність у полімері хлору.

Повторному використанню відходів термопластів, як правило, передуює переробка, пов'язана з їх *подрібненням* та *гранулюванням*. З цією метою розроблені спеціальні машини та установки для

переробки відходів самих різних форм та розмірів для отримання вторинної сировини, яка за формою та розмірам у значній мірі відповідатиме первинній сировині.

Первинна сировина, що використовується при переробці пластмас, являє собою головним чином гранули зі стандартною величиною зерен, з постійною об'ємною масою та гарною сипучістю. Відходи термопластів повинні мати аналогічний гранулометричний склад.

Для гранулювання широко використовуються ріжучі гранулятори, переробка відходів у яких відбувається між роторними та стаціонарними ножами, а сито яке розташоване у нижній частині машин, відокремлює задану величину зерен.

Для підготовки до переробки об'ємних відходів пластмас, наприклад плівки, використовують *агломерацію*.

Агломератори забезпечують безперервне приготування сипучого грануляту з відходів термопластів всіх видів: поліефірних, поліпропіленових, полістирольних, поліамідних, полівінілхлоридних та інших. В процесі агломерації можливе введення у композицію певних добавок (наповнювачів, фарбників та ін.).

Розділення сумішей відходів полімерів здійснюється різними методами. Змішані відходи термопластів містять, як правило, речовини, які відрізняються за своїми механічними та хімічними властивостями, що дозволяє для їх розділення застосовувати фізичні та хімічні способи.

Розділення сумішей термопластів можна здійснювати поєднанням процесу грохочення і повітряної сепарації, основу якою становить відмінність у швидкостях осадження, розмірах твердих часток та їх щільності. Повне сортування досягається, коли швидкість осадження найбільших часток легкого компонента рівна швидкості осідання найменших важкого компоненту. За допомогою такого методу можна розділити до п'яти-шести видів матеріалу.

Хороші результати досягаються при послідовному розділенні відходів різних пластмас методом флотації та сольових розчинах з різною щільністю.

На теперішній час у якості вирішення проблеми пластикового забруднення запропонований перехід на економіку замкнутого циклу та залучення до ресурсообігу відходів ПЕТ, ПП, ПС та ін.

Несумісність полімерних матеріалів призводить до втрати якості вторинної сировини. Проста візуальна перевірка та вилучення полімерних виробів із ТПВ на початковій стадії сортування відходів (споживачами) прискорює процес переробки відходів та робить його більш ефективним та економічно доцільним.

Сепарація пластикової упаковки за міжнародним маркувальним позначенням у складі ТПВ свідчить, що перше місце за масою посідають відходи поліетилентерефталату (48,3%), далі йдуть відходи поліпропілену (38,4%). Найбільш легкими є відходи полістиролу (13%) (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Фактичне утворення відходів твердої полімерної упаковки сім'єю з 4-х людей

Утворення відходів твердої полімерної упаковки	1 місяць	Всього за 1 рік	1 рік	
			т/рік	кг/м <sup>3</sup>
Поліпропілен / PP	0,3	3,6	0,0034	0,0038
Поліетилентерефталат / PET	0,36	4,32	0,0043	0,0032
Полістирол / PS	0,1	1,2	0,0012	0,0011

Отже, близько 86% твердої полімерної упаковки в складі ТПВ припадає на ПЕТ та ПП, які більш ніж у три рази перевищують за масою відходи з ПС. Але, незважаючи на малу щільність та легкість, відходи полістиролу також здатні завдати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини.

*Розрахунок кількості дрібних поліпропіленових часток, з яких складається одноразовий стакан з кришкою для сметани*

Стандартна одноразова тверда тара для молочних продуктів нетривалого зберігання виробляється переважно з поліпропілену. Його частки потенційно є вторинним мікропластиком, який потрапляє у довкілля двома шляхами: 1) через полігони / звалища ТПВ; 2) напряму – при викиданні використаної тари в місцях несанкціонованого розміщення відходів. Вплив мікрочастинок, що утворюються внаслідок фрагментації одноразової тари, буде відбуватись поступово та нелінійно, залежно від того середовища, до якого потрапить одноразовий пластик.

Знаючи геометричні розміри пластикової упаковки можливо спрогнозувати скільки часток поліпропіленового походження

утвориться при дефрагментації цієї тари, що може бути корисною інформацією з огляду залучення її у повторне використання.

Площа найбільш розповсюджені поліпропіленової тари з кришкою для сметани дорівнює сумі площ основи та бічної поверхні усіченого конусу (рис. 7.3).

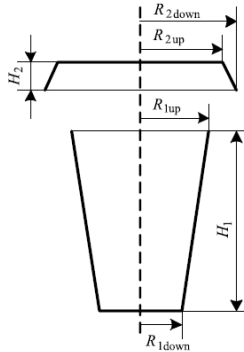


Рис. 7.3. Схема одноразової полімерної тари з кришкою для молочних продуктів – сметани

Оскільки кришка повторює форму стакану, то для розрахунку її площі використовують аналогічну формулу:

$$S_{\text{тари}} = S_{\text{екв.1}} + S_{\text{екв.2}} \quad (7.1)$$

де  $S_{\text{екв.1}}$  – площа стакану;  $S_{\text{екв.2}}$  – площа кришки.

$$S_{\text{екв.}} = S_{\text{осн.}} + S_{\text{бічн.}} \quad (7.2)$$

де  $S_{\text{осн.}}$  – площа основи,  $S_{\text{бічн.}}$  – площа бічної поверхні усіченого конусу.

$$S_{\text{осн.}} = \pi R_{1\text{down}}^2 \quad (7.3)$$

$$S_{\text{бічн.}} = \pi L(r + R) \quad (7.4)$$

$$S_{\text{екв.1}} = \pi \left( R_{1\text{down}}^2 + \sqrt{H1^2 + (R_{1\text{up}} - R_{1\text{down}})^2} (R_{1\text{down}} + R_{1\text{up}}) \right) \quad (7.5)$$

$$S_{\text{екв.2}} = \pi \left( R_{2\text{down}}^2 + \sqrt{H^2 + (R_{2\text{down}} - R_{1\text{up}})^2} (R_{2\text{down}} + R_{2\text{up}}) \right) \quad (7.6)$$

Кількість фрагментованих часток тари визначається за формулою:

$$N_{\text{мкрч}} = \frac{S_{\text{тари}}}{S_{\text{мкрч}}} \quad (7.7)$$

де  $S_{\text{мкрч}}$  – площа поверхні мікрочасток пластику.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. З якою метою у світовій практиці проводять маркування виробів з пластмас?
2. Яким шляхом можливо ідентифікувати термопластичні та термореактивні матеріали пластикових відходів.
3. Охарактеризуйте процес агломерації полімерів. Для яких видів відходів його зазвичай використовують?
4. За яким принципом розраховується площа поліпропіленової тари (стакану з кришкою)?
5. На якому етапі утилізації термопластів можна здійснювати поєднання процесу грохочення і повітряної сепарації?
6. Що собою являє первинна сировина, що використовується при переробці пластмас?
7. На який вид пластику припадає близько 86% твердої полімерної упаковки в складі ТПВ?
8. Який простий метод дозволяє розпізнати полімерні матеріали, що містять хлор?
9. Які пристрої використовуються для гранулювання пластикових відходів?

### **Практична робота № 8**

***Тема: Технологічна схема переробки відходів металобрухту***

***Мета роботи:*** ознайомитись з основними технологічними операціями при утилізації металобрухту

### **Основні поняття**

В загальному вигляді *металобрухт* – це металічні вироби, обладнання, машини, будівлі та споруди або їх металічні частини, непридатні для подальшої експлуатації. Використання вторинних металів має важливе значення, оскільки забезпечує значну економію суспільної праці. Це пов'язано з тим, що витрати на залучення металовідходів у обіг значно менші ніж на виплавку первинних металів з руди (табл. 8.1) та екологічно доцільно (табл. 8.2)

Таблиця 8.1

Економія енергії при використанні металобрухту замість виплавки металу з руди

Метал	Економія енергії, %
Алюміній	95
Мідь	83
Сталь	74
Свинець	64
Цинк	60

Таблиця 8.2

Порівняльний вплив на навколишнє середовище виробництва 1000 т сталі

Фактори впливу на навколишнє середовище	Виплавка сталі з		Економія, %
	руди	відходів	
Використання первинної сировини, т	2278	250	90
Витрати води, м <sup>3</sup>	62755	32600	40
Кількість речовин, що забруднюють атмосферу, т	121	17	86
Відходи гірничопромислових розробок, т	2828	63	97

Переробка відходів металів це технологічний процес, у результаті якого вони доводяться до придатного стану для подальшого використання у металургійному та ливарному виробництвах.

Залежно від походження та стану металобрухту при його підготовці до переплаву використовують наступні способи: піротехнічний контроль; сортування; пакетування; механічне



різання; дробіння стружки; переплав; копрове та вибухове дробіння; термічне подрібнення та ін.

*Піротехнічний контроль* здійснюється при переробці лому кольорових металів, оскільки вони широко використовуються для виробництва зброї, авіаційної та ракетної техніки та їх відходи становлять потенційну вибухонебезпеку. Перевірка здійснюється двічі: підприємством-здавачем при здаванні металобрухту та підприємством-заготівельником при його прийманні. Крім того, металобрухт перевіряється безпосередньо перед завантаженням у плавильні агрегати. Всі роботи з проведення контролю, транспортування та знезараження вибухонебезпечних предметів виконуються спеціально навченим працівником під керівництвом піротехніка.

*Видове сортування* здійснюється при переробці лому кольорових металів, оскільки їх сплави характеризуються великим різноманіттям марок та складністю хімічного складу. Видове сортування відходів кольорових металів здійснюється за фізичними та хімічними ознаками: по зовнішнім характерним ознакам (колір, характер зламу та ін.); предметним ознакам (найменування деталей); за маркування деталей по ДСТУ, або заводських марках; результатам хімічного, спектрального, рентгенівського, радіаційного аналізу.

Сортування відходів кольорових металів поєднує ручне та механізоване сортування. Для ідентифікації виду відходів сортувальник використовує прилади або візуальний контроль. При механізованому сортуванні застосовуються механізовані столи, сортувальні конвеєри та сортувальні лінії.

Обробіток брухту кольорових металів великого розміру з відокремленням залізних включень здійснюється на сортувальній лінії, що зображена на рис. 8.1.

Вихідні металовідходи з бункеру 1 пластинчастим живильним конвеєром 2 подаються на сортувальний конвеєр 4. При цьому вони проходять крізь електромагнітний відокремлювач заліза 3, який в подальшому скидає їх у короб 5. Живильний та сортувальний конвеєри мають автономні приводи 6.

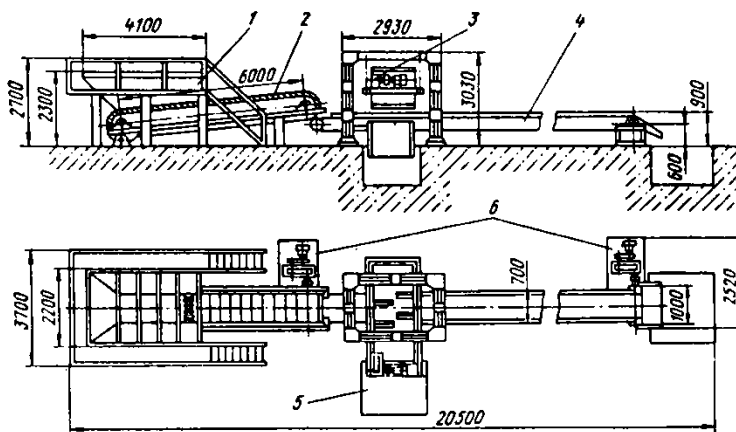


Рис.  
8.1

Сортувальна лінія лому відходів

*Пакетування* – один з найбільш розповсюджених способів підготовки металобрухту. Застосовується для переробки листових обрізів, дроту, побутового лому, металоконструкцій і т.п. а допомогою пакетувальних пресів (рис. 8.2).

Процес пресування здійснюється таким чином. Металобрухт краном завантажується у камеру завантаження 6 пресу, звідки надходить у прес-камеру 2. Кришка 3 зачиняється за допомогою механізму затискача 4 і метал пресується. Тут формується остаточна висота пакету. Потім за допомогою механізму поперечного пресування 1 формується ширина пакету. Наприкінці пресування вмикається механізм завантажувального пристрою 8 і пакет за допомогою механізму 5 виштовхується з камери. Окно видачі пакету зачиняється і прес готовий до нового циклу роботи.

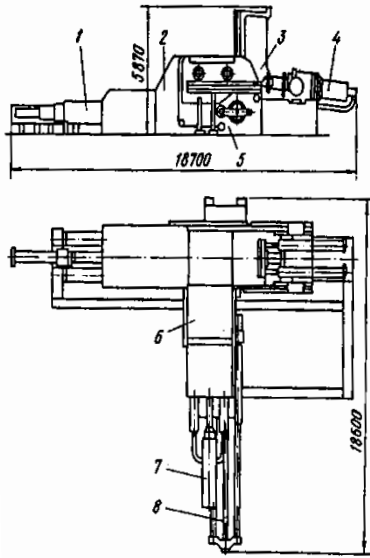


Рис. 8.2 Пакетувальний гідравлічний прес Б1642

Для кускування металевої стружки застосовується брикетування за допомогою брикетувальних пресів, для чого стружка попередньо очищується та промивається від сторонніх домішок.

Для зменшення розмірів металевою стружки застосовуються технологічні операції *різання* або *дробіння*.

При переробці брухту та відходів кольорових металів особливе значення для їх раціонального використання має процес *сепарації*, який може здійснюватись у повітряному середовищі (сухий метод) або у різних рідинах (мокрый метод).

До сухих методів сепарації відносяться: магнітні, електродинамічні, електричні, пневматичні.

До мокрих методів відносяться: важкосередовищні, магнітогідростатичні та гідравлічні.

У *магнітних сепараторах* неоднорідність магнітного поля створюється полюсними наконечниками різної форми. Принцип дії магнітного сепаратора наведено на рис. 8.3.

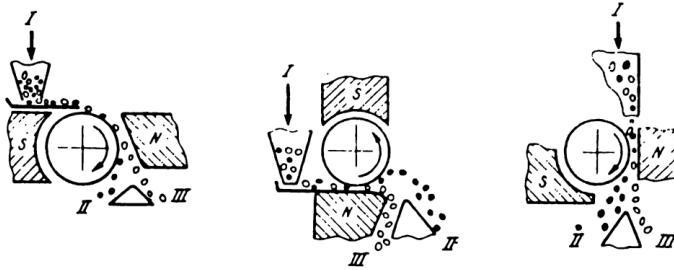


Рис. 8.3. Принцип дії магнітного сепаратора: а – верхня зона, б – нижня зона, в – вертикальна зона; І – вихідна сировина; ІІ – магнітний продукт; ІІІ - немагнітний продукт.

Метод *електродинамічної (ЕД) сепарації* ґрунтується на силовій взаємодії перемінного електромагнітного поля з твердими електропровідними тілами з різними значеннями електропровідності. Залежно від умов взаємодії і характеру електромагнітного поля виділяють декілька класів ЕД сепараторів. Серед них найбільш поширеними в практиці переробки металобрухту є однороторний сепаратор з магнітним полем, що обертається (рис. 8.4) та ЕД сепаратор стрічкового типу (рис. 8.5).

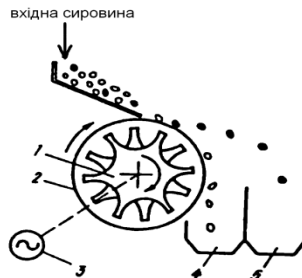


Рис. 8.4. Електродинамічний сепаратор однороторний: 1 – багатополосний ротор; 2 – барабан; 3 – привід; 4 – приймач неелектропровідного матеріалу; 5 – приймач електропровідного матеріалу.

Оберненість магнітного поля сепаратора створюється багатополісним ротором з незалежним приводом обертання. Магнітне поле ротора збуджується намоткою, що живиться постійним струмом.

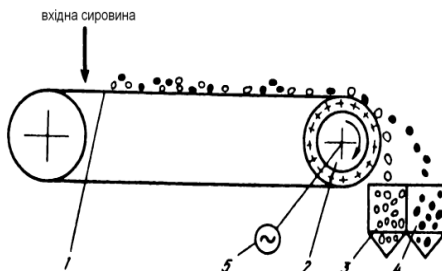


Рис. 8.5. Електродинамічний сепаратор стрічкового типу: 1 – стрічковий конвеєр; 2 – барабанний трьохфазний ротор; 3 – приймач не електропровідного матеріалу; 4 - приймач електропровідного матеріалу; 5 – привід.

Однією зі складних проблем при переробці вторинних металів є переробка автомобільного лому, оскільки він містить велику кількість неметалевих матеріалів, а також кольорових металів. Принципова схема утилізації зношених автомобілів наведена на рис. 8.6.

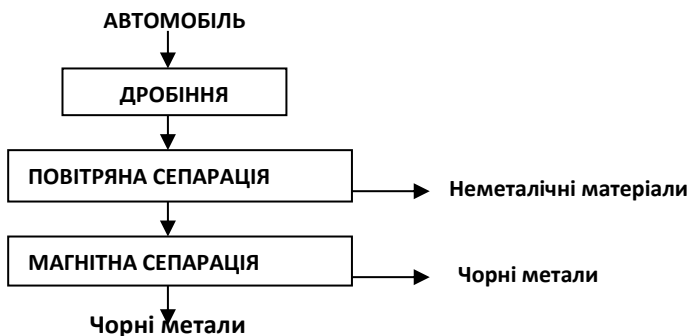


Рис. 8.6. Принципова схема утилізації зношених автомобілів

З автомобіля перед дробінням знімають шини, паливний бак, акумулятор, радіатор. Після дробіння автомобіля отримують три фракції: магнітну (чорні метали), повітряну (неметалічні матеріали з низькою щільністю) і кольорову, до якої входять всі кольорові метали – алюміній, цинк, мідь, а також неіржавіюча сталь.

При подрібненні автомобіля утворюється пожежонебезпечний пил полімерних та текстильних матеріалів, які присутні в автомобілі, а також вибухонебезпечні суміші залишків палива. Щоб зменшити небезпеку застосовують попереджуючі заходи: ущільнення автомобіля, подача інертних газів до дробарки, попереднє охолодження лому, вприскування води у робочий простір дробарки, створення у дробарках попереджуючих клапанів та відсмоктуючих пристроїв.

Відпрацьовані неметалічні матеріали та кольорові метали складаються окремо та вивозяться з цеху на інші ділянки або для подальшої утилізації на заводі, або на продаж спеціалізованим підприємствам. Готова продукція, яка являє собою сипучий продукт з високим ступенем чистоти з сортувального конвеєра відвантажується на склад.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Які види відходів належать до категорії “металобрухт”?
2. Що у загальному вигляді являє собою переробка металів?
3. Які основні переваги використання металовідходів в якості вторинної сировини?
4. У яких випадках здійснюється піротехнічний контроль металобрухту?
5. З якою метою проводять видове сортування металобрухту?
6. Що являє собою процес сепарації металовідходів?
7. Які основні технологічні операції входять до принципової схеми утилізації зношених автомобілів?
8. Як реалізуються продукти переробки металобрухту?

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ТА ПІДГОТОВКИ РЕФЕРАТІВ

1. Методи магнітної сепарації та флотації.
2. Піроліз, інкрементальне спалювання.
3. Переваги та недоліки властиві кожному з цих методів.
4. Проекти чи компанії відомі своїм успішним застосуванням альтернативних методів переробки відходів.
5. Утилізація відходів деревини.
6. Утилізація токсичних відходів. Утилізація звалищного газу.
7. Визначення проблеми забруднення пластиковими відходами та необхідності їх ефективної утилізації.
8. Вплив пластикових відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини.
9. Процес виробництва пластику та його широке застосування. Механічна переробка пластику: дроблення, промивання, плавлення.
10. Огляд світових та регіональних ініціатив та програм щодо переробки пластику.
11. Успішні приклади проєктів з переробки пластику в паливо.
12. Використання новітніх технологій у переробці пластику.
13. Роль науки та досліджень у вдосконаленні процесів переробки.
14. Визначення проблеми великого обсягу харчових відходів та їх вплив на навколишнє середовище.
15. Вплив використання органічних відходів для відновлення енергії на сталість довкілля.
16. Сумісне спалювання біогазу та природного газу.
17. Актуальність проблеми доступу до чистої питної води в світі.
18. Роль сонячних технологій у вирішенні цієї проблеми.
19. Огляд сонячної енергії як відновлювального джерела.
20. Різні способи використання сонячної енергії: фотоелектричні панелі, теплові колектори тощо.
21. Роль наукових досліджень у вдосконаленні та поширенні сонячних систем для переробки води.
22. Позитивні приклади використання сонячних технологій для переробки води в різних країнах.

23. Вплив таких проектів на якість життя та здоров'я місцевих громад.
24. Значення сонячних технологій для забезпечення доступу до питної води.
25. Законодавчі ініціативи та стандарти щодо використання будівельних відходів.
26. Роль урядових та громадських організацій у стимулюванні сталого використання відходів.
27. Зменшення викидів та забруднення завдяки вторинному використанню.
28. Виклики стосовно якості та стандартів перероблених матеріалів.
29. Важливість використання відходів у будівництві для сталого розвитку та збереження ресурсів.
30. Ресурсозбереження. Зменшення відходів.
31. Вплив неправильного управління відходами на довкілля.
32. Зелене підприємництво, як елемент економіки замкненого циклу.
33. Інтелектуальні системи управління відходами для стійкості економіки замкненого циклу.
34. Приклади успішного впровадження циклічної економіки в Європі.
35. Приклади компаній, які впроваджують зелені стратегії управління відходами.
36. Загальні принципи та призначення процесу валоризації відходів.
37. Інтелектуальні технології для ефективної утилізації та поводження з відходами.
38. Утворення та поводження з електронними відходами (E-waste).
39. Просування системи управління твердими побутовими відходами на основі циклічної економіки

## ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ



## *Рівень 1*

*(обрати одну правильну відповідь серед приведених)*

1. У класифікації відходів за класом токсичності до II класу належать:
  - а. помірно-небезпечні
  - б. незначно небезпечні
  - в. *високо небезпечні*
  - г. дуже небезпечні
  - д. безпечні
  
2. Помірно-небезпечні відходи належать до класу токсичності:
  - а. I
  - б. II
  - в. *III*
  - г. IV
  - д. V
  
3. У державному класифікаторі відходів до розділу "Б" належать відходи, що утворились внаслідок діяльності:
  - а. виробничої
  - б. послугам по відходам
  - в. *побутової*
  - г. медичної
  - д. інші види діяльності
  
4. Остаточне видалення ТПВ шляхом розміщення їх контрольованим чином у призначеному місці, називається:
  - а. збирання
  - б. зберігання
  - в. *захоронення*
  - г. знешкодження
  - д. утилізація
  
5. Продуктивність млинів, що здійснюють подрібнення твердих відходів, оцінюють за:
  - а. *кількістю матеріалу, який перероблюється за одиницю часу*

- б. робочим об'ємом барабану млина
- в. потужністю двигуна
- г. виходом класу продукту
- д. всі відповіді вірні

6. Завдяки високій продуктивності, надійності в роботі та відносно невеликим енергозатратам, на практиці більше розповсюдження отримали гранулятори:

- а. *барабанні*
- б. тарілчасті
- в. центробіжні
- г. лопатні
- д. вібраційні

7. Якщо до складу сміттесортувального комплексу входить пресове устаткування для вторсировини низької і високої автоматизації, установка подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів і автонавантажувач, то він відноситься до класу:

- а. мінімальної комплектації
- б. *середньої комплектації*
- в. неповної комплектації
- г. повної комплектації
- д. максимальної комплектації

8. Теплотворна здатність ТПВ непостійна і змінюється залежно від:

- а. *пори року і морфологічного складу відходів*
- б. періодичності збору та вивезення від житлових будинків
- в. рівнів доходу населення, що їх утворює
- г. об'єму ємностей для збору відходів
- д. розмірів майданчиків під контейнери для збору ТПВ

9. Яка фракція в морфологічному складі відходів зумовлює інтенсивне забруднення повітря, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод патогенними мікроорганізмами:

- а. *органічні залишки*

- б. скло
- в. папір
- г. текстиль
- д. гума

10. До методів знезараження ТПВ не належать:

- а. *складування на звалищах*
- б. спалювання органічної складової на сміттєспалювальних заводах
- в. оброблення дезінфікуючими розчинами
- г. глибоке пресування з повним віджиманням фільтрату
- д. капсулювання подрібненого ТПВ різними затверджувачами

11. При переробці ТПВ, методом електродинамічної сепарації вилучають:

- а. *кольоровий металобрухт*
- б. чорний металобрухт
- в. органічну фракцію
- г. пластик і текстиль
- д. феромагнітні сплави

12. При переробці ТПВ, методом аеросепарації вилучають:

- а. *макулатуру, полімерну плівку, текстиль*
- б. кольоровий металобрухт і чорний металобрухт
- в. органічну фракцію
- г. феромагнітні сплави
- д. текстиль і гуму

13. Оберіть вірне визначення терміну "утилізація" відходів:

- а. здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення чи видалення
- б. зменшення або усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення
- в. *використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів*

- г. остаточне розміщення відходів під час їх видалення у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів
- д. діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів

14. Продуктивність середніх сміттєперевантажуючих станцій становить:

- а. 50-150 т/добу
- б. 10-50 т/добу
- в. не більше 10 т/добу
- г. 100 т/добу
- д. понад 150 т/добу

15. Деструкція целюлози за якої утворюються низькомолекулярні сполуки та інші продукти складної будови, відбувається за температури:

- а. 50 °С
- б. 80 °С
- в. 100 °С
- г. 150 °С
- д. 200 °С

16. Біологічний процес трансформації бактеріями і грибами (мікрота макроміцети) високомолекулярних вуглецевих сполук отримав назву:

- а. біоконденсування
- б. *біоконверсія*
- в. біотрансформація
- г. біофосфорилування
- д. біоміка

17. Піролізна смола, отримана на стадії первинного фракціювання використовується для отримання:

- а. *технічного вуглецю*

- б. сірководню
- в. метану
- г. ацетилену
- д. бензолу

18. Біопаливо 2-го покоління, сировиною для виробництва якого слугують неїстівні залишки рослинної сировини (деревина, стебла кукурудзи і пшениці), непродовольчі швидкоростучі рослини (міскантус, верба, тополя, деякі сорти проса) має назву:

- а. біодизель
- б. *диметилфуран*
- в. метилтетрагідрофуран
- г. емульговане дизпаливо
- д. синтетичне паливо

19. Перспективним напрямом утилізації порід, що містять вуглецеву речовину, є їх:

- а. *газифікація*
- б. магнефікація
- в. сульфатредукція
- г. термофікація
- д. пластифікація

20. Фосфогіпс є потенційно якісною сировиною для виробництва:

- а. цегли
- б. асфальту
- в. *різних в'язучих*
- г. бетону
- д. тротуарної плитки

**Рівень 2**  
**(встановити відповідність)**

1. Встановіть відповідність складу матеріалів з відходів деревини на основі мінеральних в'язучих:

*Тирсобетон – матеріал, що містить у своєму складі крім тирси, пісок або інші мінеральні заповнювачі і як в'язучий елемент цемент*

*Короліт – матеріал, що виробляють на основі мінеральних в'язучих та кори*

*Арболіт – легкий бетон на основі заповнювачів із деревини*

2. Згідно Директиви ЄС по спалюванню відходів, допустима концентрація забруднюючих речовин у викидах при спалюванні відходів становить (встановити відповідність):

*Пил – 10*

*SO<sub>2</sub> – 50*

*HI – 10*

*Co – 50*

*Hg – 0,05*

3. Переробка однієї тони пластику може зберегти (встановити відповідність):

*5774 – кВт/год*

*103292000 – кілоджоулів енергії*

*30 – кубічних метрів місця на звалищах*

*48000 – літрів води*

4. Співставити характерні ознаки до відповідних класів біореакторів (ферментаторів):

*за поданням повітря – аеробні, анаеробні; аеробно-анаеробні*

*за іммобілізацією мікроорганізмів у апараті – з прикріпленими мікроорганізмами на завантаженні, з плаваючою мікрофлорою*

*за конструктивними особливостями – з прикріпленою насадкою, з насадкою яка обертається, з псевдозрідженим шаром*

*за конструктивно-технологічними ознаками – біофільтри, біосорбери, біотенки, фільтр-біореактори, флототенки*

5. Залежно від виду палива, вміст золашлаку в продуктах згорання буває різним:

*у бурому вугіллі – до 15%*

*у кам'яному вугіллі – від 3 до 40%  
в антрациті – до 30%  
у горючих сланцях – від 50 до 80%  
у дровах – 0,5-1,5%  
у мазуті – 0,2%*

### ***Рівень 3***

***(обрати кілька правильних відповідей серед приведених)***

1. Якщо відходи сортовані та розподілені на фракції, це робить їх придатними для:
  - а. спалювання*
  - б. отримання з них енергії*
  - в. повторного використання*
  - г. рециркуляції матеріалів*
  - д. захоронення*
  
2. Якщо відходи несортовані (тобто мішані), для них найбільш технічно та економічно доцільним буде:
  - а. захоронення в землю*
  - б. отримання з них енергії*
  - в. рециркуляція*
  - г. спалювання*
  - д. повторне використання*
  
3. У промисловості застосовуються наступні основні напрямки утилізації та ліквідації відходів пластмас:
  - а. переробка відходів у полімерну сировину і повторне їх використання для отримання виробів*
  - б. спалювання разом з побутовими відходами*
  - в. піроліз та отримання рідкого і газоподібного палива*
  - г. захоронення на полігонах та звалищах*
  - д. сумісне компостування з органічними відходами*
  
4. Суміш вапна і сірки, що утворюється під час спалювання та піролізу відпрацьованих автомобільних шин використовують як:
  - а. добриво*

б. будівельний матеріал

в. фарбник

г. розчинник

д. згущувач

5. Використання піролізного газу можливе для:

а. виробництва енергії для роботи піролізної установки, а в деяких випадках – для подавання споживачеві

б. спалювання в печі піролізної установки (наприклад, для підігріву води)

в. використання в ролі побутового палива, сконденсованого в балонах

г. використання (після попередньої модифікації) в якості пального для двигунів внутрішнього згорання

д. зварювальних робіт та заправки вогнегасників

#### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Галиш В. В., Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В., Гомеля М. Д. Утилізація та рекуперація відходів: переробка відходів






- целюлозно-паперових виробництв : навч. посіб.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 75 с.
2. Каратеєва О. І. Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства : курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Миколаїв : МНАУ, 2018. 190 с.
  3. Крисоватий А. І., Зварич, Р. Є, Зварич І. Я. Циркулярна політика управління відходами: підручник. Тернопіль : ЗУНУ, 2023. 458 с.
  4. Микітчак Г. С, Койнова І. Б. Вторинні ресурси твердих побутових відходів : монографія. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. С. 534–546.
  5. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4. Технології поводження з відходами харчових виробництв : підручник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В., Крусір Г. В., Клименко М. О., Сакалова Г. В. Херсон : Олді плюс. 2019. 520 с.
  6. Сухенко Ю. Г., Сergyгін О. О., Сухенко В. Ю., Рябокoнь Н. В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах : підручник. К. : ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 338 с.
  7. Управління та поводження з відходами : підручник / Шаніна Т. П., Губанова О. Р., Клименко М. О., Сафранов Т. А., Коріневська В. Ю., Бедункова О. О., Волков А. І. Одеса : ТЕС, Одеськ. Держ. Екологічний університет. 2012. 272 с.
  8. Утилізація твердих побутових відходів : навчальний посібник / Клименко М. О., Рокочинський А. М., Бедункова О. О., Маланчук Є. З., Жомирук Р. В., Громаченко С. Ю. Рівне : НУВГП, 2010. 307 с.
  9. Клименко М. О., Бедункова О. О., Троцюк В. С., Мороз О. Т. Управління та поводження з відходами : практикум. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 180 с.



## ДОДАТКИ

*Додаток А*  
Таблиця




Маркування пластмас

	<p>Знак пластику, який переробляється (знак рециклінгу) ставиться на полімерних упаковках. До пластикових пакувальних матеріалів належать 7 видів пластмас, для кожного з яких існує свій цифровий символічний код, які виробники проставляють з метою надання інформації про тип матеріалу, можливості його переробки та для полегшення процедури сортування перед відправленням пластику на переробку для вторинного використання.</p>
	<p><i>PETE</i> або <i>ПЕТ</i> - поліетиленперфталат. Використовується для виготовлення різної пакувальної продукції (пляшок, коробок і т.д.) для розливу різних напоїв, соків, води та т.п. Також, цей матеріал можна зустріти в упаковках різних порошоків, сипучих харчових продуктів і т.д. ПЕТ дуже добре піддається переробці і вторинному використанню. <i>Переробка:</i> здійснюється механічно (подрібнення) та фізико-хімічно. З продуктів вторинної переробки можна виготовляти саму різну продукцію, зокрема пластикові пляшки знову.</p>
	<p><i>HDPE</i> або <i>ПВД</i> – поліетилен високої густини. Використовується для виготовлення фасувальних пакетів, пакетів для води та молока, контейнерів для продуктів, пляшок для відбілювачів, шампуні, миючих засобів, каністр для машинних олій і т.п. ПВД дуже добре піддається переробці та вторинному використанню. <i>Переробка:</i> HDPE – сміття подрібнюється у спеціальних дробарках, після чого гранули переплавляються у різні вироби.</p>

продовження табл.

	<p><i>PVC</i> або <i>ПВХ</i> – полівінілхлорид, вініл. Застосовується для виготовлення лінолеуму, віконних профілів, кромek меблів, для пакування побутової техніки, штучної шкіри, ізоляції дроту та кабелю, труб, тари рідин для миття вікон, харчових рослинних олій, банок для сипучих харчових продуктів та різного роду харчових жирів. І саме цей пластик практично не піддається переробці. Більше того, є докази, що канцероген вінілхлорид, який в ньому міститься і велика кількість токсичних добавок – здатні проникати до продуктів харчування, а потім і в організм людини. А виробництво, експлуатація та утилізація ПВХ викликає утворення великої кількості діоксинів та інших вкрай токсичних хімічних речовин.</p> <p><i>Переробка:</i> відливання під тиском, пресування, екструзія, каландрування.</p>
	<p><i>LDPE</i> або <i>ПНД</i> – поліетилен низької густини. З нього виготовляють поліетиленові пакети, гнучкі пластикові упаковки та деякі пластикові пляшки. Добре піддаються переробці. На жаль, його переробка низькорентабельна та зводиться до подрібнення LDPE- виробів та наступного гранулювання. Масштабність виробництва ПНД призводить до “захламлення” навколишнього середовища. ПНД-пакетами засмічені вулиці міст всього світу і всі звалища, вони міліонами плавають у морях та океанах, що викликає загибель птахів, риб, морських черепах та інших тварин. Багато міст у світі відмовились від використання поліетиленових пакетів.</p>

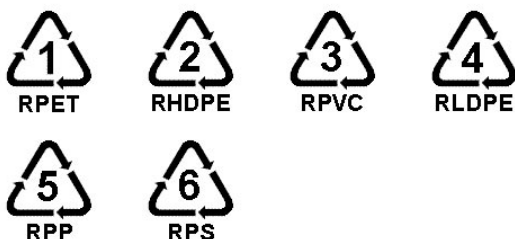
продовження табл.

	<p><i>PP</i> або <i>ПП</i> – поліпропілен. З поліпропілену виготовляють усілякі відра, пластиковий посуд для гарячих страв, одноразові шприці, мішки для упаковки цукру, контейнери для заморожування продуктів, кришки для пляшок з кетчупом, сиропами і т.д., тару для йогуртів, упаковку для фотоплівок та ін. більшість виробників побутової техніки надають перевагу поліпропілен для виготовлення упаковки своєї продукції, відмовляючись від полівінілхлориду. Вважається, що поліпропілен є безпечним для життя.</p> <p><i>Переробка:</i> відливання під тиском, пресування, екструзія.</p>
	<p><i>PS</i> або <i>ПС</i> – полістирол. Використовується у виробництві одноразового посуду, харчових контейнерів, стаканчиків для фасування йогурту, іграшок, теплоізоляційних плит, сандвіч панелей, стелевої декоративної плити, пакувальних підносів для продуктів харчування у супермаркетах (для м'яса, салатів, нарізок і т.д.), піддонів для м'яса і птиці, контейнерів для яєць. Полістирол- продукт полімеризації стиролу, який належить до канцерогенів.</p> <p><i>Переробка:</i> екструдування з наступним дробінням та гранулюванням.</p>
	<p><i>OTHER</i> або <i>ІНШІ</i>. Суміш різних пластиків або полімери, які не вказані вище (акрил, нейлон, полікарбонат та ін.). Упаковка з таким маркуванням не підлягає вторинній переробці та спрямовується після використання на звалище або в піч сміттєспалювального заводу.</p>

Альтернативний набір символів для пластику, який використовується поряд з вищевказаними:



Набір символів, у якому до назви пластику додана буква *R* – *Recycled* (рециклінг), - позначає полімерний матеріал, що вже був перероблений:



Маркування тари повинно бути чітке, виразне і стійке при зберіганні. Згідно з Директивою 94/62/ЄС передбачено таку нумерацію: від 1 до 19 - для полімерів; від 20 до 39 - для паперу і картону; від 40 до 49 - для металів; від 50 до 59 - для деревини; від 60 до 69 - для текстилю; від 70 до 79 - для скла:



Маркування полімерної тари залежно від використаного матеріалу. Маркування пакувальних матеріалів регламентують міжнародні стандарти серії ISO. Упаковка з чистих матеріалів або

співполімерів маркується символами, встановленими знаками пунктуації «<»», наприклад, > PP <. Суміші полімерів або сплави маркують відповідними скороченими термінами.

На першому місці наведено символ головного компонента, а за ним наводять інші з урахуванням зниження концентрації та їх складу. Вони відділені один від одного одним знаком. Матеріали зі спеціальними добавками, з окремими наповнювачами або із зміцнювальним матеріалом маркують скороченим терміном для полімерів з дефісом, а потім розміщують скорочений термін чи символ для добавки відповідно до ISO 1043-2, з його відсотковим вмістом за масою. Прикладами можуть бути різні матеріали: > PP — MD30< — ПП (містить 30% за масою мінерального порошку); > PA66 — (GF25 — МД15)< або > PA66 (GF+МД)40< (GF — скловолокно; МД — мінеральний порошок); > UP — (МД50+GF25)< або > UP — (МД+GF)75, < (UP — ненасичений полієфір, який містить 50 % мінерального порошку; 25 % скловолокна); > PVC — P (ДВР)< (полівінілхлорид, який містить пластифікатор дибутилфталат).



Починаючи з 1990 року, на пластикових пакувальних матеріалах ставиться знак «Der Grüne Punkt» - “Зелена крапка”, який означає, що фірма-виробник гарантує приймання на вторинну переробку маркованого матеріалу. Знак використовується у Германії, Австрії, Франції, Бельгії, Ірландії, Іспанії, Люксембурзі, Португалії та ряді інших країн.

Капітальні затрати при такому способі утилізації невеликі. При цьому не лише досягається ресурсозберігаючий ефект від повторного залучення матеріальних ресурсів у виробничий цикл, але й суттєво знижується вплив на навколишнє середовище.

*Додаток В*  
Таблиця

Особливості горіння полімерів

Полімер	Поведінка при горінні	Запах при горінні
Поліетилен, поліпропілен	Горить блакитним полум'ям з жовтою верхівкою, мало диму, краплини розплаву	Парафіну що горить
Полівінілацетат	Горить жовтим з іскрами полум'ям	Оцту
Полістирол	Горить помаранчово-жовтим полум'ям, що світиться, сильно коптить	Квітковий
Акрілонітрілбута-дієновий пластик (АБС)	Горить помаранчово-жовтим полум'ям, сильно коптить	Квітковий, гуми яка горить
Поліметилметакрилат	Горить з потріскуванням синім полум'ям, коптить	Квітково-плодовий
Поліамід	Горить блакитним полум'ям з білою верхівкою	Паленої кістки
Целюлоза	Горить жовтим полум'ям, слабо коптить	Паленого паперу
Поліетилен-терифталат	Горить жовтим полум'ям, яке світиться, слабо коптить	Солодкуватий
Полікарбонат	Горить жовтим полум'ям, що здригається, слабо коптить, при виносі з полум'я повільно затухає	Слабкий запах фенолу
Поліформальдегід	Горить синюватим полум'ям, краплі розплаву	Різкий запах формальдегіду
Полівінілхлорид	Горить зеленим з блакитною верхівкою полум'ям, при виносі з вогню затухає	Різкий запах