



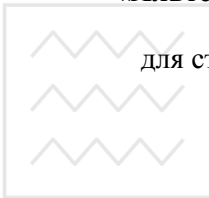
Національний університет  
водного господарства та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства

**05-02-38**

**Методичні вказівки**  
до виконання практичних робіт з дисципліни  
**«Альтернативні та енергоощадні технології  
утилізації відходів»**  
для студентів усіх спеціальностей НУВГП



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Рекомендовано  
науково-методичною радою НУВГП  
Протокол № 7 від 22 листопада 2017р.

Рівне 2017



Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни  
«Альтернативні та енергоощадні технології утилізації відходів» /  
М.О. Клименко, О.М. Клименко, О.О. Бедункова – Рівне: НУВГП,  
2017. - 37 с.

**Укладачі:** **М.О. Клименко**, доктор с.-г.н., професор;  
**О.М. Клименко**, доктор с.-г.н., доцент;  
**О.О. Бедункова**, канд. с.-г.н., доцент.

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



## ЗМІСТ

	<i>стор</i>
1 Структура національного Класифікатора відходів.....	3
2 Визначення категорії екологічної безпеки місць видалення відходів.....	9
3 Оцінка рівня навантаження територій від полігонів і звалищ ТПВ.....	13
4 Сміттесортувальні комплекси: класифікація, принцип роботи, вибір сортувальних ліній.....	15
5 Піроліз відходів як високоефективний термічний спосіб їх переробки.....	22
6 Утилізація відходів пластмас.....	27

© Клименко М.О., Клименко О.М.,  
Бедункова О.О., 2017  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2017



## **Тема: Структура національного Класифікатора відходів**

**Мета роботи:** *Ознайомитись із: структурою національного Класифікатора відходів; термінами та визначеннями, що використовуються в ньому; принципом кодування відходів.*

### **Основні поняття**

В Україні з 1996 року введено в дію національний Класифікатор відходів (в подальшому КВ), який входить до державної системи класифікації та кодування техніко-економічної та соціальної інформації. КВ забезпечує інформаційну підтримку в рішенні широкого кола завдань державного управління відходами та використання ресурсів на базі системи обліку та звітності, гармонізованої з міжнародними системами, зокрема, в області екології, охорони життя та здоров'я населення, безпеки праці, ресурсозбереження, структурної перебудови економіки, сертифікації продукції (послуг) і систем якості. Використання КВ (рис. 1.1) створює нормативну базу для проведення порівняльного аналізу структури та обсягів утворення відходів в рамках Європейської статистики всіх видів економічної діяльності.

У Класифікаторі відходів використовуються такі терміни та визначення:

*Бракована продукція* – продукція, передача якої споживачу не дозволяється через наявність дефектів.

*Некондиційна продукція* – продукція, яка: а) не відповідає нормативним вимогам або не придатна для застосування за призначенням внаслідок забруднення; б) не може бути регенована, відтворена або використана іншим способом на місці її виробництва (утворення); в) не підлягає обробітці (переробці) у спеціалізованих підприємствах або продажу як вторинний матеріальний ресурс (сировина).

*Неідентифікована продукція* – продукція, що не має відповідного нормативним вимогам маркування або для якої відсутні технічні специфікації (стандарти, технічні умови) і застосування (споживання, експлуатація) якої може призвести до непередбачуваних наслідків.

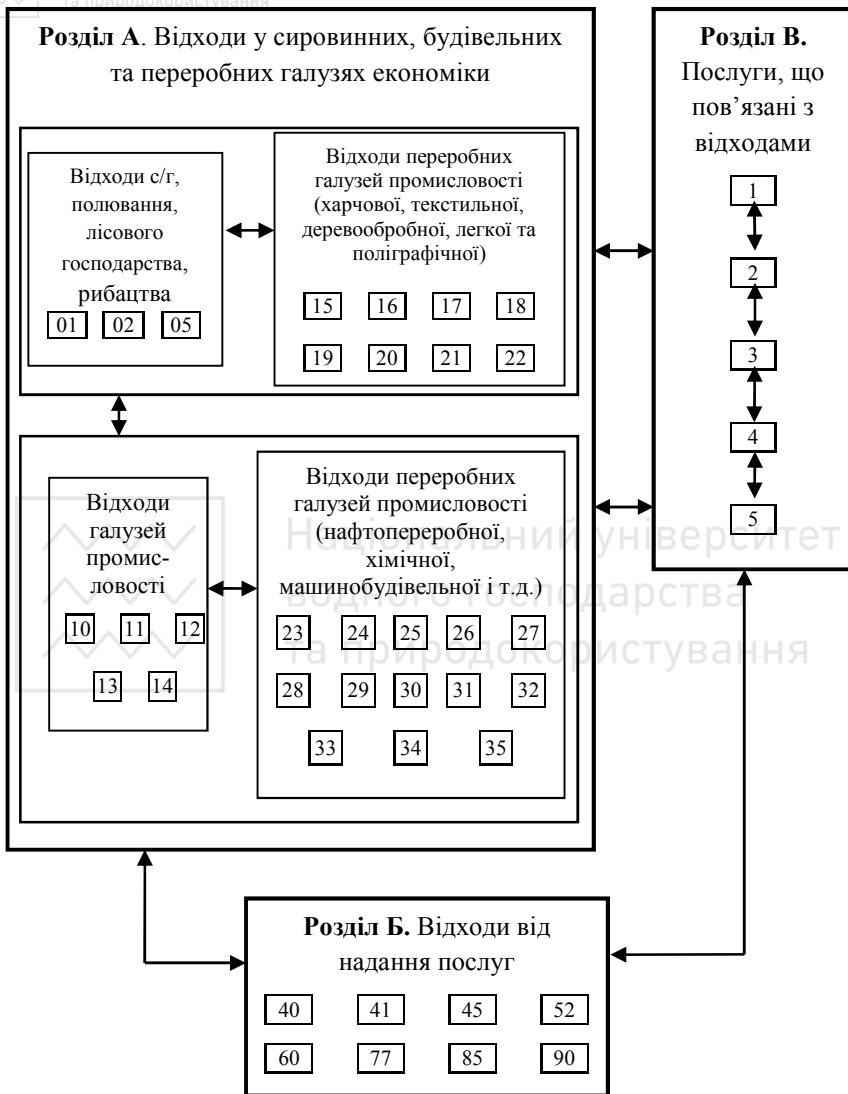


Рис. 1.1 Структура Класифікатора відходів



**Зіпсована продукція** – продукція: а) яка втратила свої функціональні та інші властивості, визначені нормативними вимогами, до закінчення строку служби (придатності); б) подальше застосування якої за її прямим призначенням може призвести до непередбачуваних наслідків.

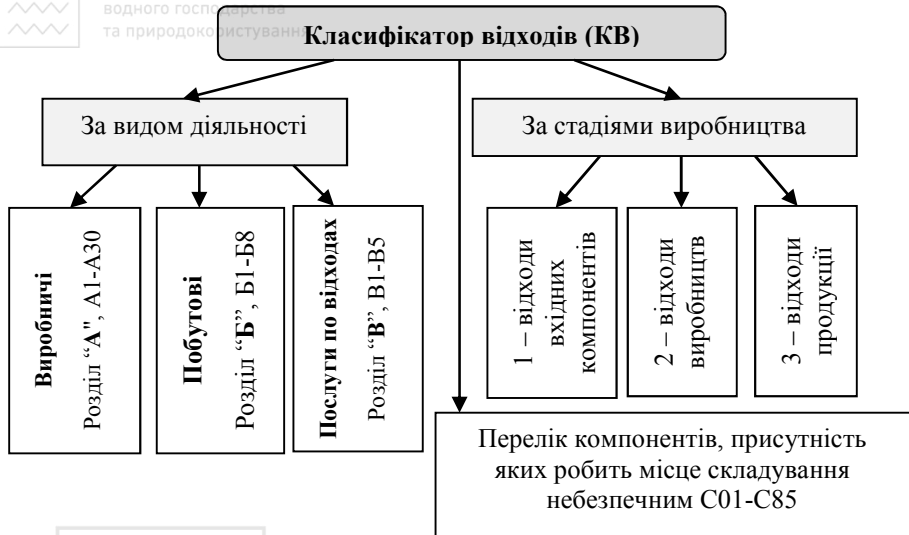
**Відпрацьована продукція** – продукція: а) яка в процесі експлуатації (споживання) втратила свої функціональні властивості, що встановлені нормативними вимогами, після закінчення строку служби (придатності); б) яка в процесі експлуатації (споживання) стала неремонтнопридатною у відношенні відновлення основних функціональних властивостей у відповідності з нормативними вимогами; в) подальше застосування якої за її прямим призначенням може призвести до непередбачуваних наслідків.

**Шкідливі відходи** – відходи, їх суміші, які через кількості, концентрації певних компонентів, фізичних, хімічних, інфекційних характеристик можуть сприяти суттєвому підвищенню смертності або серйозним незворотнім захворюванням, а також можуть обумовити значну небезпеку зараз або в майбутньому для людей, оточуючого середовища і тому потребують спеціальних методів і способів поводження з ними.

Код для конкретного виду відходів відповідно до українського КВ складається з 10 цифр, але важливо заповнити перші вісім цифр – [XXXX.X.X.XX].

У КВ обрані класифікаційні ознаки відходів, що показані на рис. 1.2, 1.3:

- вид економічної діяльності під час якої утворилися відходи, - це перші чотири цифрові позиції (XXXX);
- фаза процесу на якій утворилися відходи – це п'ята цифрова позиція (XXXX.X), вона може бути позначена цифрами 1-2-3;
- складовий елемент процесу, від якого утворилися відходи – це шоста цифрова позиція (XXXX.X.X), може бути позначена цифрами 1-9;
- код “конкретного відходу” - дві останні 7-ма і 8-ма цифрова позиції.



**Рис. 1.2** Класифікація відходів у національному Класифікаторі відходів

Структурно Класифікатор складається з двох частин: класифікації відходів (частина I), в тому числі специфічних відходів, що утворюються у сировинних, добувних та перероблюючих галузях економіки (розділ А, від А1 до А30, групи 01-36), а також специфічних відходів, що утворюються у сфері побутових послуг (розділ Б, до Б1 до Б8, групи 40-90); класифікації послуг, які пов'язані з відходами – (частина II, розділ В, від В1 до В5, групи 1-5).

Запропонована класифікація відходів за вхідними компонентами, за виробничо-технологічними процесами та за кінцевою продукцією задовольняє вимогам до класифікації об'єктів, що встановлені у міжнародних стандартах, дає повну системну класифікацію всіх можливих об'єктів.

*Наприклад:*

До групи 01 входять відходи, що утворились при виробництві продукції сільського господарства та мисливства. Ця діяльність класифікована у групах – 01.1, 01.2, 01.3, 01.4, 01.5 КВЕД.

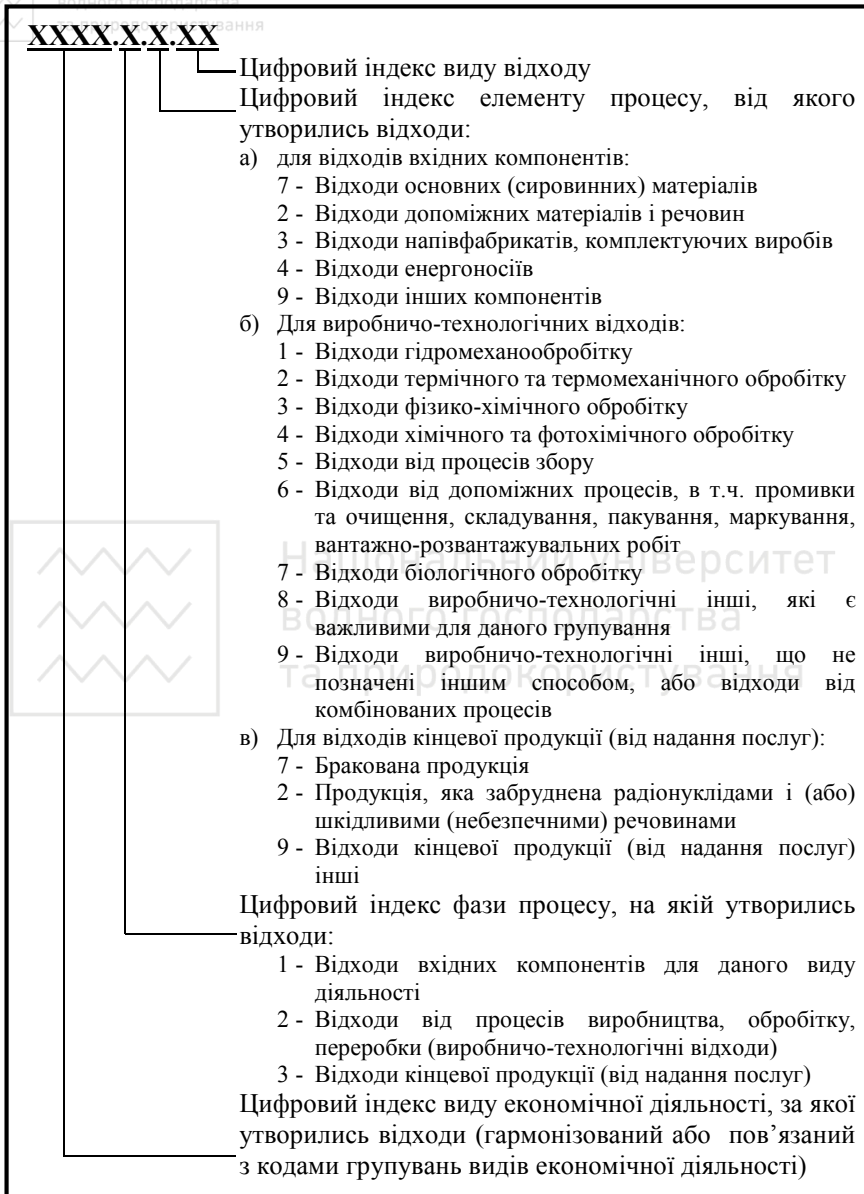


Рис. 1.3 Структура коду відходів



До групи 01 належать такі класифікаційні групування:

- відходи виробництв зернових культур, продукції овочівництва та садівництва (011);
- відходи вирощування тварин та виробництва продукції тваринництва (012);
- відходи виробництва продукції змішаного господарства (013);
- відходи при наданні послуг у рослинництві та тваринництві (014);
- відходи від мисливства, ловлі капканом, розведення диких тварин (015);
- спеціалізовані послуги при поводженні з відходами продукції сільського господарства, мисливства, яка надаються за місцем утворення відходів (0159).
- Відходи, що подібні або сумісні за походженням, які входять в групу 01, класифіковані таким чином:
  - 0122.2, 0123.2, 0150.2 – у [0121.2];
  - 01122.1, 0123.1 – у [0121.1];
  - 0125.2.6 – у [0121.2.6];
- Відходи вхідних компонентів, відходи виробничо-технологічні, відходи кінцевої продукції групвань 0130, 0141, 0142 представлені (класифіковані) у відповідних структурних елементах групвань 0111, 0112, 0113, 0121, 0122, 0123, 0124.
- Відходи промивання та очищення при виробництві продукції групвань 0112, 0113, класифіковані у [0111.2.6].
- Відходи добрив та матеріалів хімічних інших, що не можуть бути використаними за призначенням при виробництві продукції групвань 0112, 0113, класифіковані у [0111.1.2].

**Завдання:** Згідно з номером варіанта провести розшифрування відходу, користуючись KB.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Яке призначення має український Класифікатор відходів?
2. Що таке шкідливі відходи?
3. Що означають цифрові позиції в коді відходів у KB?
4. З яких основних частин складається KB?
5. З яких розділів складається KB і які відходи до них належать?



**Тема: Визначення категорії екологічної безпеки місць видалення відходів**

**Мета роботи:** *Ознайомитись з розрахунковим способом визначення категорії екологічної безпеки місць видалення відходів та прогнозом негативного впливу відходів на навколишнє середовище.*

**Основні поняття**

Однією з найбільш актуальних проблем поводження з відходами є забезпечення їх екологічно безпечного накопичення та зберігання на об'єктах видалення. Крім того, при самому широкому та інтенсивному втіленні технологій утилізації, на місцях складування побутового сміття завжди буде зберігатись певна кількість промислових відходів. Це буде призводити до забруднення поверхневих та підземних вод, ґрунту та атмосфери. Практично всі полігони не відповідають сучасним вимогам. На більшості відсутні спеціальні водоохоронні споруди – дамби, канали, дренаж.

Для посилення контролю над такими об'єктами та забезпечення належного захисту навколишнього середовища, розробляються спеціальні паспорти місць видалення відходів (МВВ). Один із ключових моментів у розробці паспортів МВВ – визначення категорії екологічної безпеки сховищ відходів (категорії А, Б, В, Г). Віднесення об'єкта до тієї або іншої категорії передбачає відповідний комплекс заходів із захисту навколишнього середовища.

Розрахунковий спосіб визначення категорії екологічної безпеки місць видалення відходів полягає у встановленні чисельного значення інтегрального (по всім середовищам) показника негативного впливу, а за його величиною об'єкт відноситься до певної категорії.

Розрахунок ведеться за формулою:

$$C = D_m \cdot I_o \cdot (I_a \cdot k_a + I_{g,w} \cdot k_{g,w} + I_{s,w} \cdot k_{s,w} + I_g \cdot k_g) \cdot K_{inf}, \quad (2.1)$$

де:  $C$  – інтегральний показник потенціального негативного впливу накопичення відходів на компоненти навколишнього середовища;  $D_m$  – показник середнього ступеня власної небезпеки відходів, використовується у випадку сумісного складування різних



типів відходів;  $I_0$  – показник конструкційної екологічної небезпеки споруд для зберігання відходів;  $I_a$  – показник впливу природних факторів на атмосферне повітря;  $I_{g.w.}$  – показник впливу природних факторів на підземні води;  $I_{s.w.}$  – показник впливу природних факторів на поверхневі води;  $I_g$  – показник впливу природних факторів на ґрунти;  $k_a$ ,  $k_{g.w.}$ ,  $k_{s.w.}$ ,  $k_g$  – коефіцієнти технологічного впливу на атмосферне повітря, підземні, поверхневі води та ґрунти, відповідно;  $K_{inf}$  – коефіцієнт інформативності.

Показник конструкційної екологічної небезпеки об'єкту ( $I_0$ ) визначається за спеціально розробленими таблицями в залежності від наступних характеристик: типу, площі та об'єму об'єкта розміщення відходів, надійності споруд зберігання відходів, ефективності моніторингу навколишнього середовища.

Коефіцієнт технологічного впливу на компоненти навколишнього середовища – числовий параметр, що характеризує у відносних одиницях можливість забруднення даного компонента навколишнього середовища при експлуатації інженерної споруди за існуючою технологічною схемою. Оцінка коефіцієнтів технологічного впливу на атмосферу ( $k_a$ ), підземні води ( $k_{g.w.}$ ), поверхневі води ( $k_{s.w.}$ ), ґрунти ( $k_g$ ) здійснюється в залежності від наявності системи заходів, спрямованих на зниження негативного впливу накопичених відходів, системи збору та очищення дощових, талих та дренажних вод, наявності та конструкції протифільтраційних завіс та екранів.

Показники впливу природних факторів на атмосферне повітря ( $I_a$ ), підземні води ( $I_{g.w.}$ ), поверхневі води ( $I_{s.w.}$ ), ґрунти ( $I_g$ ) визначаються за спеціальними таблицями. Оцінка здійснюється в залежності від наступних параметрів: потенціалу забруднення атмосфери в даному районі, категорії захищеності ґрунтових вод, співвідношення глибин залягання рівнів ґрунтових та підземних вод, коефіцієнта фільтрації слабо проникних відкладів зони фільтрації, перевищення ГДК шкідливих речовин у ґрунті, співвідношення розташування об'єкту зберігання відходів та водоохоронної зони водних об'єктів, рельєфу місцевості, виду рослинного покриву та ін..

Коефіцієнт інформативності ( $K_{inf}$ ) визначається за результатами заповнення опитувального листка для оцінки ступеня потенціального негативного впливу накопичених відходів на



навколишнє середовище, в залежності від наявності відповідей на виділені в ньому запитання.

Після розрахунку числового значення інтегрального показника С визначається категорія місць видалення відходів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

## Визначення категорії екологічної безпеки за величиною С

Значення інтегрального показника впливу накопичених відходів на навколишнє середовище	Категорія екологічної безпеки місць видалення відходів	
<10	А	Об'єкти епізодичного регламентного контролю.
11 - 20	Б	Об'єкти періодичного регламентного контролю. Визначення шляхів попередження забруднень.
21 - 50	В	Об'єкти постійного контролю. Обов'язковість способів захисту, моніторингу та локалізації забруднень.
>51	Г	Об'єкти особливої (виключної) уваги зі сторони органів державного контролю. Обов'язковість способів захисту, моніторингу. Припинення експлуатації.

Потенціальний негативний вплив на навколишнє середовище – це прогнозований негативний вплив відходів на атмосферне повітря, ґрунти, підземні та ґрунтові води у районі розташування накопичувача. Величина впливу визначається сукупністю факторів, що відображують технічний стан споруди на даний момент часу та його природно - геологічне розташування.

Величина потенційного негативного впливу визначається наступними факторами:

- ступенем небезпеки самих відходів;
- технічними характеристиками та станом об'єкту розміщення;
- природними умовами території.

Середній ступінь власної небезпеки відходів розраховується за формулою:

$$D_m = (D_1 \cdot M_1 + \dots + D_n \cdot M_n) / M_{\text{сум.}} \quad (2.2)$$



де:  $D_m$  – середня ступінь власної небезпеки відходів;  $D_1 \dots D_n$  – коефіцієнти власної небезпеки різних видів відходів, що складаються;  $M_1 \dots M_n$  – вага різних видів відходів, що складаються;  $M_{\text{сум}}$  – сумарна вага відходів, що складаються.

Визначення ступеня власної небезпеки відходів ( $D_i$ ) базується на віднесенні відходів до класу небезпеки згідно з ДСанПин 2.2.7.029-99 та визначенні додаткових факторів їх небезпеки, якими є: вогнебезпечність, вибухонебезпечність, корозійність, окислювальна здатність. Ці фактори визначають ймовірність виникнення екологічно значущих аварійних ситуацій при зберіганні відходів. Наявність кожного додаткового фактора небезпеки знижує клас небезпеки відходу на 0,25. Її розрахунок проводиться за формулою:

$$D_i = 5 - (O_i - N_i \cdot 0,25) \quad (2.3)$$

де:  $D_i$  – ступінь власної небезпеки відходу;  $O_i$  – клас небезпеки відходу;  $N_i$  – кількість факторів додаткової небезпеки.

Чим вище значення ступені власної небезпеки відходів, тим більша інтенсивність потенційного впливу на навколишнє середовище.

**Завдання:** за вихідними даними, згідно з номером варіанта розрахувати інтегральний показник потенційного негативного впливу відходів на навколишнє середовище та встановити категорію місця видалення відходів.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. З якою метою розробляються паспорти місць видалення відходів?
2. В чому полягає розрахунковий спосіб визначення категорії екологічної безпеки місць видалення відходів?
3. Що собою являє коефіцієнт технологічного впливу на компоненти навколишнього середовища?
4. За якими параметрами здійснюється оцінка показників впливу природних факторів на атмосферне повітря, підземні, поверхневі води і ґрунти при оцінці безпеки місць видалення відходів?
5. Охарактеризуйте категорії екологічної безпеки місць видалення відходів.
6. Як оцінюється середня ступінь власної небезпеки відходів?



## **Тема: Оцінка рівня навантаження територій від полігонів і звалищ ТПВ**

**Мета роботи:** *Оволодіти методикою оцінки навантаження територій під впливом звалищ і полігонів ТПВ на підставі їх загальної площі та ступеня наповнення*

В Україні продовжує переважати найбільш дешева з можливих технологій - вивіз відходів на організовані полігони й звалища (крім того, на величезну кількість чітко не зафіксованих, неорганізованих, стихійних сміттєзвалищ). Значна частина цих відходів у повітря, ґрунти та ґрунтові води й далі розповсюджується у навколишньому середовищі.

Одним із головних завдань ефективного управління сферою поводження з відходами є створення належних умов щодо їх видалення з точки зору безпеки довкілля і здоров'я людей.

Безумовним негативним наслідком потрапляння відходів, й зокрема, небезпечних, у навколишнє середовище є погіршення санітарно-гігієнічної ситуації в районах розміщення полігонів і звалищ відходів та посилення рівня техногенного навантаження на територію, що, відповідно, призводить до загального погіршення екологічної ситуації в певному районі, місті, області.

Рівень навантаження на території районів і міст під впливом звалищ і полігонів ТПВ може бути встановлений на основі індикатору навантаження, основною характеристикою якого є загальна площа, що її займають звалища та полігони відходів, та параметр накопичення відходів на територіях (чи ступінь заповнення звалищ):

$$I_r^T = \sum_{j=1}^{J^r} U_j^r / \sum_{j=1}^j U_j \quad (3.1)$$

де:

$$U_j^r = 3_j^r \frac{P_j}{P_r}, \quad (3.2)$$

$3_j^r$  - ступінь наповнення конкретного (j-го) звалища в певному (r-му) районі;

$$U_j = 3_j \frac{P_i}{P}, \quad (3.3)$$



$Z_j$  - середній ступінь наповнення звалищ в області;

$P$  – загальна площа області, га;

$P_j$  - площа  $j$ -го звалища, га;

$P_r$  – площа  $r$ -го району, га;

$P_i$  – площа всіх звалищ в області:  $P_i = \sum P_j^r$ ,

$J_r$  – кількість звалищ в районі, шт.

Результати оцінки техногенного навантаження на територію районів і міст області під впливом розміщених полігонів та звалищ відходів співставляються з відповідною класифікацією, що наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика рівня навантаження територій міст і районів області від полігонів і звалищ ТПВ

Величина індикатору навантаження ( $I_r^T$ )	Група навантаження	Рівень навантаження
0,1 – 0,5	I група	мінімальний
0,51 – 1,0	II група	середній
1,01 – 2,0	III група	високий
від 2,01 й більше	IV група	надзвичайно високий

Основними заходами попередження значних рівнів навантаження територій областей під впливом полігонів і звалищ ТПВ можуть бути:

- організація в області системи послідовного державного контролю та моніторингу стану даних об'єктів відповідно до визначених рівнів їх небезпеки та здійснення періодичної оцінки екологічної ситуації на прилеглих територіях;
- перехід області на стратегію мінімізації кількості звалищ та полігонів ТПВ, що мають низький рівень захисту об'єктів довкілля та не відповідають сучасним вимогам. Орієнтиром даної стратегії може бути будівництво об'єктів комплексного поводження з відходами із застосуванням сучасних технологій сортування усєї маси відходів, вилучення небезпечних відходів чи їх фракцій, утилізація небезпечних відходів, відсортування та переробка ресурсоцінних відходів, проведення компостування, здійснення захоронення лише залишкових видів відходів з їх попереднім пресуванням.

**Завдання:** за вихідними даними, згідно з номером варіанта, розрахувати величину індикатору навантаження та встановити групу та рівень навантаження територій міст і районів області від полігонів і звалищ ТПВ.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. Які параметри враховуються при визначенні величини індикатору навантаження територій міст і районів області від полігонів і звалищ ТПВ?
2. Яку градацію рівнів встановлено для характеристики рівня навантаження територій міст і районів області від полігонів і звалищ ТПВ?
3. Що може бути застосоване в якості заходів попередження значних рівнів навантаження територій областей під впливом полігонів і звалищ ТПВ?
4. Яким чином може бути реалізована стратегія мінімізації кількості звалищ та полігонів ТПВ на рівні області?
5. Назвіть основні негативні наслідки потрапляння відходів, зокрема небезпечних, у навколишнє середовище.

### **Практична робота № 4**

**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***

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 комплектністю 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 сміттєсортувального 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. 4.1).

Таблиця 4.1

Вибір сміттєсортувальних комплексів за кількістю сортувальних ліній залежно від кількості жителів міст України

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



### 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:

$$M = \frac{K \cdot N \cdot S}{H \cdot T \cdot D}, \quad (4.1)$$

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).

На рис. 4.1 показана схема сміттесортувального комплексу для подрібнення і сортування ТПВ.

Подібний комплекс можна використовувати як для нових надходжень ТПВ, так і для рекультивації діючих і "покинутих" полігонів. Комплекс складається з:

1. Завантажувального пристрою (фронтальний навантажувач, або екскаватор з грейферним захоплювачем, можливе використання вітчизняної техніки).
2. Валкової дробарки.
3. Магнітного сепаратора для чорних металів.
4. Сортувальної установки барабанного типу (грохот). Сортувальної установки для ручного сортування В8А-1000.
5. Магнітного сепаратора для чорних металів (можлива установка сепаратора для кольорових металів).

Принцип роботи: 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.

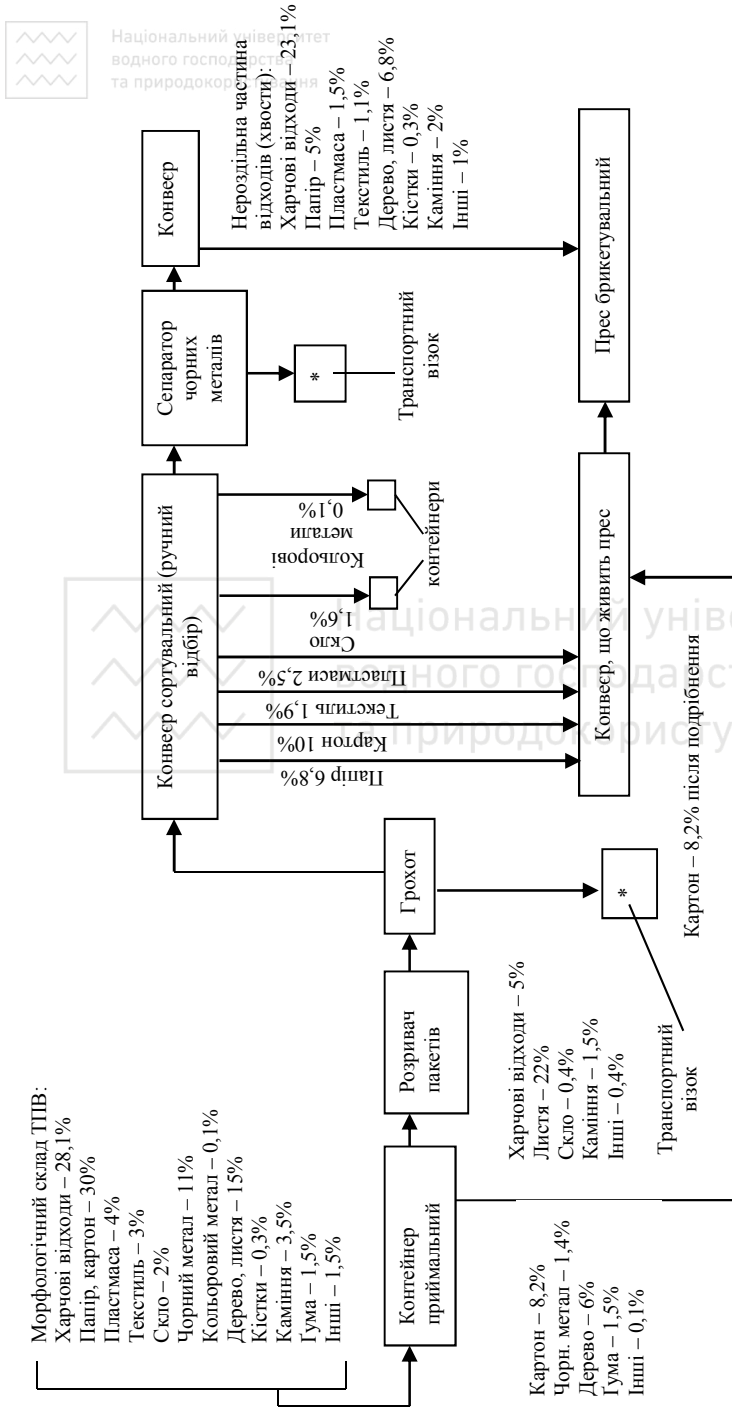


Рис. 4.1 Структурна схема комплексу сортування та пресування ТПВ і баланс компонентів (% загальної маси)



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 поставленої задачі).

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.

Практика довела високу економічну ефективність використання таких ССК, які відповідають екологічним та санітарним нормам, що дозволяє розміщувати їх безпосередньо поряд джерел утворення відходів у місцях, максимально наближених до житлового та адміністративного сектора та на наявних полігонах.

Ще один із прикладів роботи ССК наведено у вигляді схеми на рис. 4.2.

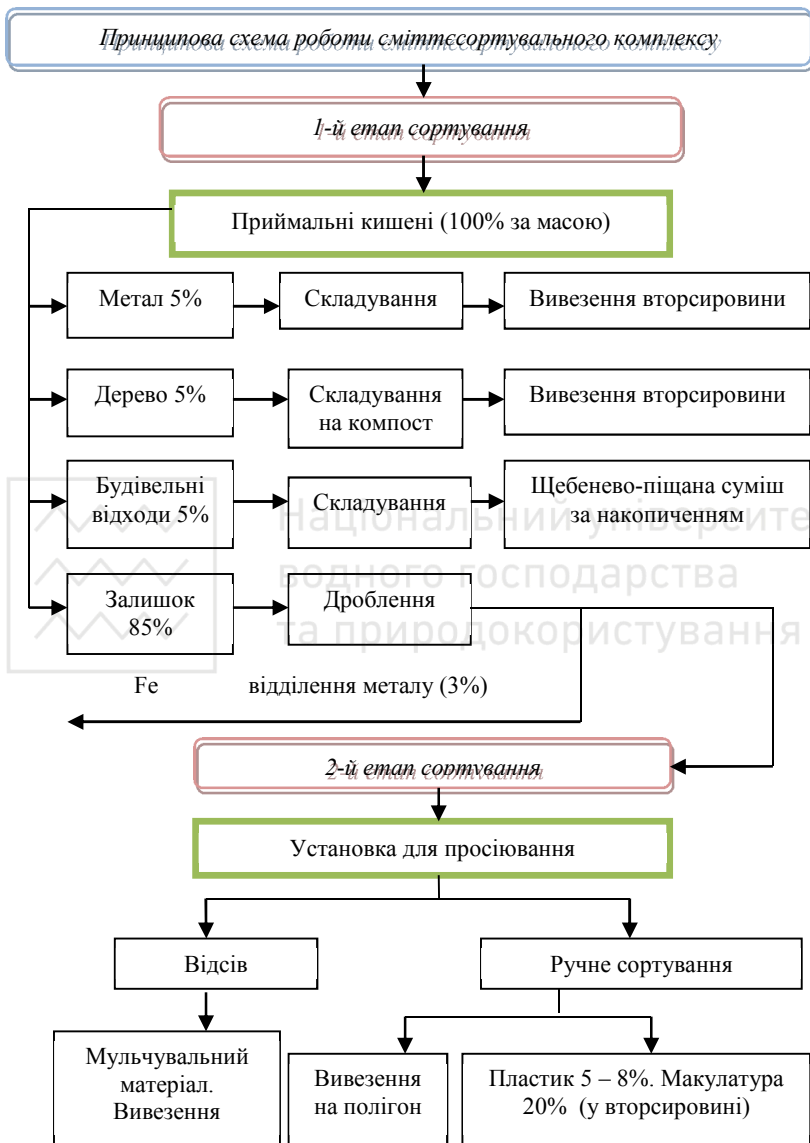


Рис. 4. 2. Схема ССК для подрібнення і сортування відходів



**Завдання:** 1) Ознайомитись зі схемою роботи ССК, їх класифікацією та показаннями до використання; 2) За вихідними даними, згідно варіанту встановити необхідну кількість ліній ССК для кожного конкретного міста.

### ***Питання для самоконтролю:***

1. За яким принципом класифікуються ССК?
2. За якими параметрами проводиться вибір сміттесортувальних комплексів для конкретного міста.
3. Назвіть основні технологічні цикли в роботі ССК.
4. Які переваги застосування ССК порівняно з іншими методами переробки ТПВ?

### Практична робота № 5

**Тема:** Піроліз відходів як високоефективний термічний спосіб їх переробки

**Мета роботи:** Ознайомитись з основною схемою піролізного методу знезараження та зменшення кількості відходів

### ***Основні поняття***

*Піроліз* - це процес розкладання органічних сполук під дією високих температур при відсутності або недостатці кисню. Результатом є утворення піролізного газу, смоли і твердого залишку (сажа, активоване вугілля й ін.).

*Піроліз відходів* (суха перегонка) полягає в термічному розкладі відходів без доступу повітря.

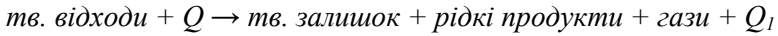
Твердий продукт піролізу - *саджу* використовують у виробництві гумовотехнічних виробів, пластмас, типографських фарб, пігментів. Інертні матеріали, наприклад, розплавлений шлак, гранулюють і використовують у промисловості будівельних матеріалів.

При піролізі органічної речовини відбувається не лише її розпад, але і синтез нових продуктів. Ці стадії процесу



взаємопов'язані та відбуваються одночасно лише з тією різницею, що кожна з них переважає у певному інтервалі температур.

Загальну схему піролізу можна уявити наступним чином:



де:

$Q$  та  $Q_1$  – додаткове та вторинне тепло

піролізом перероблюються тверді відходи, у тому числі відходи пластмас, гуми та ін. навантаження на навколишнє середовище при піролізі є меншим порівняно зі спалюванням відходів.

В основі класифікації піролізних установок лежить температура процесу, оскільки вона визначає кількість та якість кінцевих продуктів. Залежно від температури розрізняють три види піролізу:

- *низькотемпературний піроліз* або *напівкоксування*. Процес протікає за 450-550°C з утворенням максимальної кількості рідкого продукту (напівкоксу) та мінімальним виходом піролізного газу. Газ, який утворюється за низькотемпературного піролізу характеризується максимальною температурою згоряння;

- *середньотемпературний піроліз*, або *середньотемпературне коксування*. Процес здійснюють при температурах до 800°C. за таких умов збільшується вихід газу, але понижується його теплота згоряння, одночасно понижується вихід рідкого та твердого продуктів;

- *високотемпературний піроліз* або *коксування*. Процес здійснюють при 900 - 1050°C. За таких температур вихід рідкого та твердого продуктів мінімальний, а вихід піролізного газу максимальний, проте такий газ має найнижчу теплоту згоряння.

Прикладом низькотемпературного піролізу може бути метод термічного обробітку сміття (США) – представлений на рис. 5.1.

Відходи з бункера 1 по двох віброжолобам спрямовуються у дробарку 2, а потім у бункер для дробіння відходів 3, звідки їх безперервно подають у піч, що обертається 4.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

— Тверді матеріали  
— Газ  
— Вода

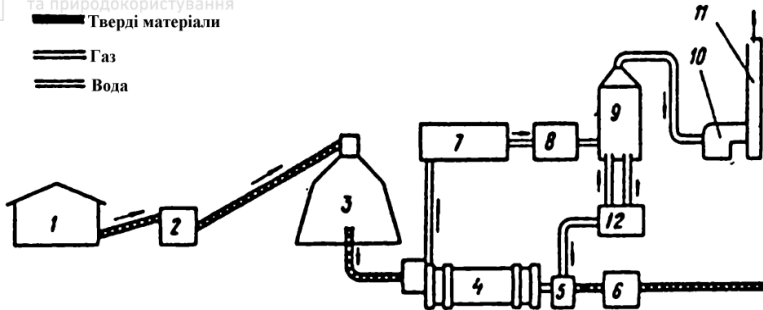


Рис. 5.1. Технологічна схема низькотемпературної піролізної установки.

Всередині піч вислана вогнетривким матеріалом та встановлена з невеликим нахилом, завдяки чому подрібнені відходи у ній легко переміщуються, при цьому частина паливних складових згорає.

Відходи, які підлягають піролізу рухаються у зворотньому напрямку по відношенню до газів підігріву. Процес ендотермічний і для його здійснення підводиться додаткове паливо.

Залишок твердих відходів після піролізу потрапляє у шлакову ванну 5, яка знаходиться наприкінці печі, і живиться водою, що надходить зі скрубера 9, який слугує для очищення вихідних газів. Шлак спрямовується на магнітний сепаратор 6. Звільнений від заліза залишок являє собою скломістку темну речовину. Піролізний газ повністю згорає у камері з вогнетривким покриттям 7, до якої надходить повітря. Тепло використовується для виробництва пари за допомогою парогенератора 8. Газ, що відходить, пройшовши скрубера, за допомогою димотягу 10 крізь димову трубу 11 викидається в атмосферу. Вода використовується у скрубери та шлаковій ванні, очищується на установці 12. Потужність такої установки 35 т/добу.

Високотемпературний піроліз має ряд переваг. Зокрема, він дозволяє більш інтенсивно і глибоко перетворювати вихідний продукт, оскільки при збільшенні температури швидкість реакції зростає скоріше ніж збільшуються тепловтрати,



відбувається більш повне виділення летючих продуктів, а кількість твердого залишку зменшується. Важливою частиною піролізної установки є реактор, один з типів яких нагадує шахтну піч (рис. 5.2).

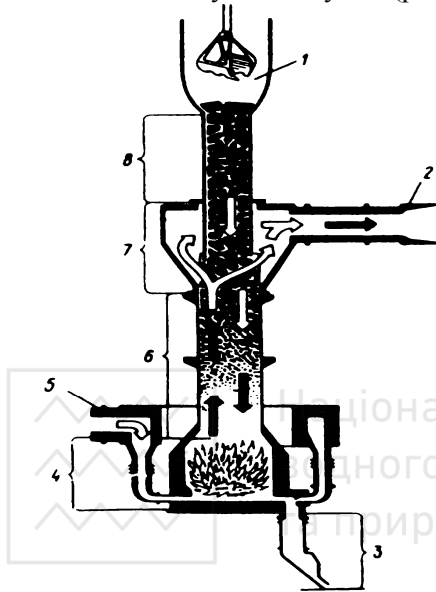


Рис. 5.2. Реактор високотемпературного піролізу: 1 – завантаження відходів; 2 – кільцеподібний канал; 3 – видалення та охолодження шлаку; 4 – зона спалювання та розплавлення; 5 – подача гарячого повітря в зону горіння; 6 – зона піролізу; 7 – зона сушіння; 8 – відходи.

Висота такого реактора становить 15 м, внутрішній діаметр 3 м. Реактор здатен переробляти протягом доби 300 т відходів. Відходи періодично завантажуються у верхню частину реактора та під власною вагою проходять вниз крізь три зони: сушіння, піролізу, згорання та плавлення. Горючі гази із зони згорання проходять крізь шар відходів та віддають тепло у зонах сушіння та піролізу. У зоні сушіння відбувається випаровування вологи, яку містять відходи. В зоні піролізу просушені відходи без доступу повітря розкладаються з утворенням горючого газу, вуглеводу та інертного матеріалу. Горючі гази піднімаються вгору і надходять у кільцеподібний канал, звідки вони разом з парою (яка утворилася в зоні сушіння) відсмоктуються вентилятором.



Основними компонентами піролізного газу є водень, оксид вуглеводу, метан. Теплота згоряння цієї суміші залежно від складу відходів та організації процесу становить 6680 – 10450 кДж/м<sup>3</sup>.

Частина енергії отриманого газу використовується для підігріву повітря, що подається у зону згоряння реактора. Решта енергії передається споживачу у вигляді газоподібного палива або у вигляді теплоносіїв.

Піролізний газ має переваги перед природним, оскільки не містить з'єднань сірки та азоту. Однак, у зв'язку з низькою теплотворною здатністю, труднощами акумуляції та зберігання піролізного газу він не може збиратись та транспортуватись на значні відстані, внаслідок чого споживач газу повинен знаходитись не далше 3 км від піролізної установки.

Кокс, що отримується при піролізі відходів, можна використовувати в різних цілях, залежно від його складу та фізичних властивостей. При піролізі твердих відходів нафтопереробних підприємств кокс із зольністю до 50% після незначного додаткового обробітку може бути використаний в якості заміника природних та синтетичних вуглецевих матеріалів. Коксовий залишок, що утворюється при піролізі осаду стічних вод, можна використовувати в якості сорбенту на станціях водопідготовки та очищення стічних вод. При піролізі зношених автомобільних покришок отримують газу саджу, що використовується у виробництві гумових технічних виробів, пластмас, типографських фарб, пігментів. Можливі також інші напрямки використання твердого вуглецевого залишку.

**Завдання:** 1) Засвоїти основні теоретичні питання технології піролізу, його призначення та ефективності в процесах переробки відходів. 2) Переглянути демонстраційні навчальні фільми про піролізні методи переробки різних видів відходів.

#### ***Питання для самоконтролю:***

1. Що являє собою процес піролізу? У чому полягає піроліз відходів?



2. Що відбувається та які продукти утворюються при піролізі органічної речовини?
3. Як протікає процес піролізу за різних температур?
4. Який вид піролізу має більші переваги порівняно з іншими?
5. Наведіть загальну схему за якою протікає процес піролізу.
6. Які продукти є результатом піролізу? В яких галузях вони можуть знайти своє застосування?

### Практична робота № 6

#### **Тема: Утилізація відходів пластмас**

**Мета роботи:** Ознайомитись з основними технологічними операціями при переробці відходів пластмас і методикою ідентифікації полімерних матеріалів

#### **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 виробі при їх виробництві маркують (табл. 6.1), 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.






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> - поліетиленперифталат. 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 порошків, 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 переplавляються у різні вироби.</p>



<p>The image shows a recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. Inside the triangle is the number '3'. Below the triangle, the letters 'PVC' are printed.</p>	<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>The image shows a recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. Inside the triangle is the number '4'. Below the triangle, the letters 'LDPE' are printed.</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 мільонами 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>



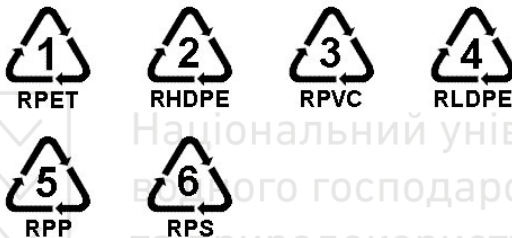
	<p><i>PP</i> або <i>ПП</i> – поліпропілен. З поліпропієну виготовляють усілякі відра, пластиковий посуд для гарячих страв, одноразові шприці, мішки для упаковки цукру, контейнери для заморожування продуктів, кришки для пляшок з кетчупом, сиропами і т.д., тару для йогуртів, упаковку для фотоплівок та ін. Більшість виробників побутової техніки надають перевагу поліпропілену 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> екструзування 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>



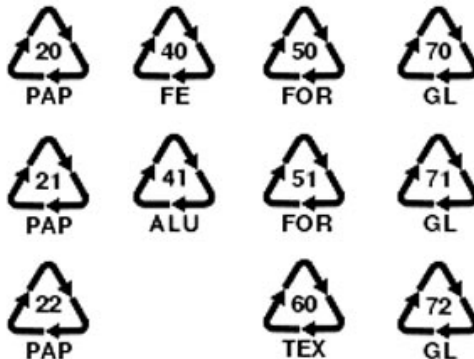
Альтернативний набір символів для пластику, який використовується поряд з вищевказаними:



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 — MD15)< або > PA66 (GF+MD)40< (GF — скловолокно; MD — мінеральний порошок); > UP — (MD50+GF25)< або > UP — (MD+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 Grune Punkt» - «Зелена крапка», який означає, що фірма-виробник гарантує приймання на вторинну переробку маркованого матеріалу. Знак використовується у Німеччині, 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.

У загальному вигляді послідовність операцій з переробки відходів пластмас з метою їх повторного використання наведено



на рис. 6.1. залежно від якості та чистоти відходів така схема може бути реалізована у повному або скороченому об'ємі.



Рис. 6.1 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. 6.2.

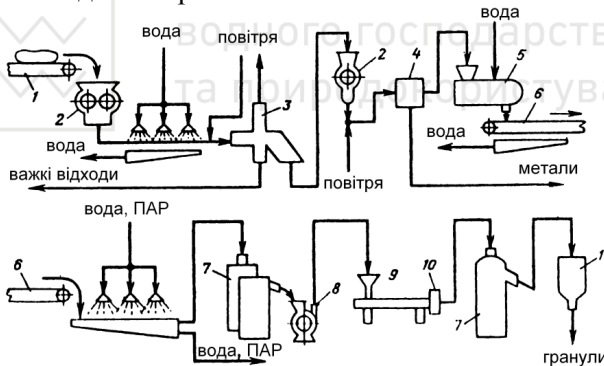


Рис. 6.2 Виробнича схема переробки відходів пластмас: 1 – конвеєр; 2 – дробарка; 3 – повітряний класифікатор; 4 – магнітний сепаратор; 5 – промивач; 6 – конвеєр; 7 – центр обіжні сушки; 8 – дробарка; 9 – бункер; 10 – екструдер; 11 – бункер для гранул.

*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 терморезистивного, 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. 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 таблиці 6.2.



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
Акрілонітрілбутадієновий 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
Поліетилентерифталат	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



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, передує 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 відповідає 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 безпервне приготування сипучого грануляту з відходів термопластів всіх видів: поліефірних, поліпропіленових, полістирольних, поліамідних, полівінілхлорид них 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.

**Завдання:** 1) Ознайомитись з основним технологічними операціями при утилізації відходів пластмас. 2) Переглянути демонстраційні навчальні фільми про методи переробки пластику. 3) Провести ідентифікацію кількох зразків пластику.

#### ***Питання для самоконтролю:***

1. З якою метою у світовій практиці проводять маркування виробів з пластмас?
2. Назвіть основні напрямки утилізації та ліквідації відходів пластмас.
3. Наведіть загальну послідовність операцій з переробки відходів пластмас з метою їх повторного використання.
4. Яким шляхом можливо ідентифікувати термопластичні та терморективні матеріали пластикових відходів.
5. Наведіть приклад поведінки при горінні певного полімерного матеріалу.
6. Охарактеризуйте процес агломерації полімерів. Для яких видів відходів його зазвичай використовують?