

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання практичних занять з дисципліни

## **УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ**

для студентів денної та заочної форми навчання  
освітня програма 101 - “Екологія ”

Кропивницький 2024

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання практичних занять з дисципліни

## **УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ**

для студентів денної та заочної форми навчання  
освітня програма 101 - “Екологія ”

Затверджено на засіданні кафедри  
матеріалознавства та ливарного  
виробництва  
Протокол № 1 від 29.08.2024 р.

Кропивницький 2024

Управління та поводження з відходами. Методичні рекомендації до виконання практичних занять для студентів денної та заочної форми навчання освітня програма 101 – “Екологія” / укл. Кузик О.В., Кропівна А.В. М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. - 48 с.

Рецензент: кандидат біологічних наук, доцент Медведєва Ольга Володимирівна

## ВСТУП

Охорона навколишнього середовища тісно пов'язана зі станом ресурсозбереження, адже добування природних багатств з надр Землі завжди наносить значну екологічну шкоду. Екологічна та економічна доцільність багаторазового використання природних ресурсів шляхом залучення частини відходів виробництва і споживання в господарський оборот в якості вторинної сировини доведена багаторічною практикою в багатьох країнах світу. Відходи можуть ефективно замінювати первинні сировинні джерела, зменшуючи ресурсоспоживання та сприяючи забезпеченню сировинної незалежності країн, створюючи додатковий експортний потенціал тощо. Перед людством постають актуальні невідкладні задачі збереження оточуючого середовища:

- створення та розширення застосування маловідходних та безвідходних технологій виробництва;

- розробка технологій більш повного вилучення сировини з корисних копалин;

- комплексне використання сировини та відходів.

Щороку виробнича сфера України переробляє понад 1 млрд т природних речовин. На сесії Генеральної Асамблеї ООН у 1997 році було заявлено, що на території України нагромадилось більше 25 млрд. т різних видів відходів виробництва і споживання, які займають більше 160 тис. га родючих українських ґрунтів. Внаслідок гіпертрофованого розвитку гірничодобувної промисловості в Україні домінують промислові відходи, що утворюються під час розробки родовищ корисних копалин та їх збагачення. Значну частину становлять відходи хіміко-металургійної переробки сировини. Одночасно з вичерпанням запасів невідновлюваних сировинних ресурсів відбувається забруднення довкілля, зменшуються площі лісів і родючих земель, зникають окремі види рослин, тварин тощо. Це підриває природно-ресурсний потенціал суспільного виробництва та негативно позначається на здоров'ї населення.

Однією з найбільш гострих господарських і природоохоронних проблем залишається проблема побутових відходів. Загальна площа цих звалищ і полігонів - понад 90 км<sup>2</sup>. Щорічно в Україні на сміттєвих полігонах і звалищах збільшується обсяг твердих побутових відходів з інтенсивністю 1 куб. м (тобто 200 - 300 кг) на жителя в рік.

Вторинне ресурсокористування дедалі більше стає органічною складовою цивілізаційного розвитку та одним із найважливіших векторів побудови "зеленої" економіки. Дефіцит ряду матеріальних ресурсів,

вичерпання природних родовищ, забруднення відходами оточуючого середовища ставить перед людством завдання проведення утилізації і рекуперації відходів. Видалення передбачає повторне використання вторинних матеріалів, що не знаходять прямого використання за призначенням, у новій якості, яку отримують в результаті спеціальної обробки відходів. Видалення найчастіше здійснюється на спеціалізованих підприємствах з метою використання отриманих продуктів за новим призначенням.

Рекуперация (рециклінг) зводиться до повернення в даний технологічний процес втраченої вихідної сировини, проміжних і кінцевих продуктів. У загальному розумінні рекуперация - повернення частини матеріалів або енергії для повторного використання у тому ж технологічному процесі. Прикладами рекуперації можуть бути переробка скляного бою і браку в скломасу, повернення у виробництво очищених від забруднення стічних вод тощо.

За даними Європейської економічної комісії ООН, у період 1996 - 2007 рр. загальний обсяг відходів у країнах ЄС і Європейської асоціації вільної торгівлі зростав на 2% на рік. Останнє особливо стосується твердих побутових відходів - їх щорічне утворення у світі починаючи з 2007 року перевищило 2 млрд. т, а темпи щорічного росту сягають 7%. В той же час, за останні 20 років у ЄС обсяги побутових відходів, захоронених на звалищах зменшилися більш, ніж у два рази. ЄС активно впроваджує сучасні технології, які мають на меті забезпечити повну утилізацію відходів.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1**

### **ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Мета роботи – набути навичок розрахунків кількості відходів металургійного виробництва та розробки технології їх переробки.

#### **1.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Металургійна промисловість належить до шкідливих, як з точки зору виробництва, так і впливу на довкілля.

Основними технологічними процесами чорної металургії є: отримання в доменних печах чавуну, виробництво в конверторах та електропечах сталі, а також переробка сталених зливків на металопрокат. Інтенсивний розвиток світового виробництва і споживання сталі викликає необхідність використання понад 10 млрд. т мінеральних сировинних ресурсів (залізної руди), при цьому у відходи переходить її більша половина. Пропорційно росту промислового виробництва сталі кількість відходів у відвалах подвоюється за кожні 8...10 років.

Основними видами відходів металургійного виробництва є: шлак, колошниковий (доменний) газ, колошниковий пил, продукти вигорання вуглецю в конверторах, окалина і додаткові частини зливка. В доменних печах на 1т чавуну утворюється 0,6...0,7 шлаку, в конверторах печах на 1т сталі 0,1...0,3т шлаку, в електропечах при плавіці кольорових металів на 1т від 100 до 200т.

Основним споживачем металургійних шлаків є будівельна галузь де їх використовують для виробництва бетону, цегли, теплоізоляційних сумішей, цементу, шлакоблоків, газобетону, абразивів, пінобетонів, руберойду, сухих будівельних сумішей, тротуарної плитки та шиферу. В багатьох розвинених країнах металургійні шлаки навіть не мають статусу відходів, а відносяться до вторинної сировини. Для вибору ефективної технології і обладнання металургійних шлаків необхідно мати інформацію про їх кількість, склад і властивості.

В Україні металургійних шлаків зібралось понад 2 млрд т., під складування яких зайняті площі понад 16 тис. га, а наповненість існуючих сховищ обумовлює необхідність постійного відведення нових територій. Комплексне використання відходів доменного виробництва дозволяє отримувати значний економічний ефект. Так, добавка металургійного шлаку при виробництві цементу зменшує його собівартість на 30...40%. Подрібнений шлак широко застосовується у якості добавки в асфальтобетонні суміші.

Гази, які утворюються при роботі металургійних печей містять пил та шкідливі газоподібні сполуки CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> тощо. У якості першої стадії газоочищення проводиться обезпилення металургійних газів, тобто вилучення або вловлення завислих твердих часток. Очищення металургійних відхідних газів проводять з використанням поглиначів або каталізаторів в залежності від методу очистки (суха або рідинна). Очистка викидів, що мають частинки розміром менше 1 мкм здійснюється механічними і електричними засобами.

Матеріальний баланс в кг при отриманні 1 т рідкого чавуну в доменному виробництві наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Матеріальний баланс доменної печі

Завантаження в піч		Одержується із печі	
Залізна руда -	2030	Чавун –	1000
Марганцева руда -	140	Шлак –	755
Флюс	- 590	Колошниковий газ –	5217
Кокс	- 975	Колошниковий пил -	348
Повітря	- 3575		
Всього:	7320 кг		7320 кг

Хімічний і мінералогічний склад доменних шлаків залежить від складу вихідної руди, палива, виду виплавлюваного чавуну, особливостей технологічного процесу, умов згорання палива, охолодження шлаку. Хімічний склад доменних шлаків основних металургійних заводів України наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Хімічний склад доменних шлаків

Вміст, в % по масі									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	S	Mo	Ma
Дніпропетровський металургійний завод									
36,0	15,1	4,03	1,55	37,02	3,3	0,77	1,64	0,99	0,13
Дніпрівський металургійний комбінат									
40,7	7,4	0,99	4,32	42,4	3,17	0,58	0,77	0,95	0,15
Донецький металургійний завод									
40,0	7,7	0,3	1,10	47,5	2,20	1,46	0,56	1,05	0,19

Основними характеристиками металургійного шлаку є:

*Mo* – модуль основності;

$Ma$  – модуль активності.

$$Mo = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3},$$

$$Ma = \frac{Al_2O_3}{SiO_2}$$

Шлаки характеризуються гідравлічною активністю, тобто здатністю взаємодіяти в подрібненому стані з водою і затвердіти, перетворюючись в міцний каменеподібний матеріал. Ступінь гідравлічної активності шлаків залежить від їх мінералогічного, фазового складу і змінюється в широких межах.

Гідравлічна активність шлаку зростає зі збільшенням модуля основності і модуля активності.

На доменному виробництві чавуну із залізної руди питомі капітальні і поточні витрати в 5 разів більші, ніж на збір, підготовку та транспортування вторинної сировини у вигляді брухту. Так сучасна сталеплавильна піч працює найбільш ефективно, якщо у шихті міститься до 50% металобрухту. Брухт чорних металів у кількості 1т замінює понад 2 т руди, які потрібні для виплавки 1 т сталі. Сталь, яку отримують із металобрухту має собівартість в 15...20 разів нижчу, ніж виплавлена з руди.

## 1.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Завдання видається викладачем індивідуально в вигляді варіанту (програми виробництва чавуну або сталі одним із способів: конверторний, електроплавка).

При розрахунках кількості необхідного рідкого чавуну для заданої програми сталі треба врахувати вигорання вуглецю, вміст якого в переробному чавуні складає 3,8...4,4%С.

### 1.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Розрахунки продуктів доменного виробництва.
3. Описати коротко технологію виплавки чавуну та сталі.
4. Дати характеристику відходам і запропонувати методи утилізації та їх використання.
5. Описати виданий викладачем зразок металургійного складу.

### 1.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Продукти доменного виробництва.
2. Відходи в доменному та сталеплавильному виробництвах.

3. Охарактеризуйте найбільш екологічно небезпечний спосіб виплавки сталі.
4. Які методи очищення доменних газів використовують на практиці?
5. В чому полягає економічна ефективність та екологічна доцільність використання металевого брухту?

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведєва, А.В. Кропівна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Система технологій: метод. вказ. до вивч. курсу та лаб. робіт з елементами кредитно-модульної системи організації навч. процесу: для студ. спец.: 051, 071, 072, 075, 073, 281, 076, економічних факультетів / [уклад. : В. М. Кропівний, А. В. Кропівна, А. В. Кузик, Л. А. Молокост]. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - 63 с.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В.Кропівна, Л.А.Молокост, М.В.Босий, О.В.Кузик – Кропивницький, 2021.- 196 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛІВ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Мета роботи - ознайомитись з методикою оцінки економічної ефективності використання вторинних матеріалів.

#### 2.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Економічний ефект використання вторинних матеріалів (відходів) металургійного підприємства розраховується на річний об'єм переробки і реалізації всіх відходів власного виробництва (в деяких випадках і частково одержаних зі сторони). Цей ефект досягається за рахунок реалізації отриманої продукції або заміни частини первинної сировини відходами, використання теплоти колошникового газу, а також за рахунок скорочення негативного впливу відходів на довкілля: зниження витрат на транспортування і зберігання відходів у звалищах.

Загальний економічний ефект підприємства являє собою суму ефектів, які одержуються на кожній стадії використання відходів:

$$E = \sum_{i=1}^n \cdot E_{noi} + \sum_{j=1}^m \cdot E_{poj} + \sum_{k=1}^p \cdot E_{zk} + \sum_{\ell=1}^n \cdot E_{ci},$$

де:  $E_{noi}$  - економічний ефект, який одержують від реалізації  $i$ -го виду продукції (гранульованого шлаку), що виготовляється із металургійного шлаку;  
 $n$  – число видів отримуючої продукції (гранульований шлак, мінеральні плити);

$E_{poj}$  – економічний ефект від реалізації;  $j$  – го виду відходу (колошниковий пил);

$E_{zk}$  – економічний ефект, який одержують внаслідок заміни або скорочення витрат первинної сировини (залізної руди, коксу);

$E_{ci}$  – економічний ефект від скорочення негативного впливу відходів на довкілля.

Економічний ефект, який одержують від реалізації, що виготовляється із відходів (шлаку) по кожному виду продукції визначається за формулою:

$$E_{по} = (C_{по} - C_{по}) \cdot A_{по} - (E_n \cdot K_{по}),$$

де:  $C_{по}$  – оптова ціна одиниці продукції, грн.;

$C_{по}$  – собівартість одиниці цієї продукції, грн.;

$A_{по}$  – обсяг реалізованої продукції із відходів в натуральних вимірах (тис. т, т, кг);

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$K_{по}$  – капіталовкладення (або собівартість основних виробничих фондів) у виробництві продуктів із відходів, грн.

Економічний ефект, який одержують підприємством при реалізації стороннім організаціям відходів (окаліни, пилу, шлаку) визначають за формулою:

$$E_{po} = (Ц_0 - H_0) \cdot A - E_n \cdot K_0,$$

де:  $Ц_0$  – оптова ціна одиниці реалізованого відходу, грн.;

$H_0$  – експлуатаційні витрати підприємства на збір і підготовку до реалізації в розрахунку на одиницю відходу, грн.;

$A$  – об'єм реалізації відходів в натуральних вимірюваннях;

$K_0$  – капіталовкладення, які необхідні для організації реалізації відходів або вартість основних фондів по збору і підготовці до реалізації відходів, грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (для металургійної промисловості приймають 15%)

Економічний ефект, який одержують в результаті заміни первинної сировини відходами за рахунок зниження собівартості основної продукції, визначають за формулою:

$$E_3 = (C_n^n - C_n^0) \cdot G - E_n \cdot \Delta K_3,$$

де:  $C_n^n$  - собівартість одиниці основної продукції, виготовленої з первинної сировини, грн.;

$C_n^0$  - собівартість тієї ж продукції при додаванні відходу, грн.;

$G$  – обсяг основної продукції, одержаної з додаванням відходу, в натуральних вимірюваннях;

$\Delta K_3$  – капіталовкладення, які пов'язані зі здійсненням міроприємств по заміні первинної сировини відходами при виробництві основної продукції.

Економічний ефект від зниження поточних витрат на транспортування і утримання відходів у звалищах при їх утилізації для кожного виду відходів може бути визначений за формулою:

$$E_n = Y_{уд} \cdot A$$

де:  $Y_{уд}$  - питомі витрати на вилучення і утримання (захоронення) одиниці виду відходів.

Шлаки поділяють на доменні, сталеплавильні, феросплавні і ваграночні та отримані при плавці кольорових металів.

В Україні утилізується доменних шлаків до 60%, сталеплавильних до 30%. Головний споживач шлаків – цементна промисловість, при цьому крім

економічної доцільності використання шлаків, можливо отримання особливого класу хімічностійких цементів для роботи агресивних середовищ.

З металургійної печі періодично випускається рідкий шлак, який по шлаковому жолобу спрямовується до чаші шлаковозу і транспортується до установки грануляції шлаку. Для виготовлення гранульованих шлаків використовують методи мокрої і напівсухої грануляції. Способи грануляції дозволяють при порівняно невеликих капітальних витратах забезпечити швидку переробку значних кількостей шлаків. Шлаковий розплав різко охолоджується водою і піддається грануляції, внаслідок чого шлак набуває скловидну структуру. Грануляція заснована на властивості розбризкування при зіткненні розплавленого шлаку з водою за рахунок мікробухів та розтріскування гарячих шматків шлаків під дією термічних напружень з утворенням гранул.

Для визначення економічного ефекту, який отримує підприємство за рахунок використання або реалізації споживачам вторинних ресурсів треба мати інформацію про собівартість, ціну реалізації, вартість основних фондів тощо.

З метою набуття практичних навичок можливо використати дані, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Дані для визначення ефективності використання металургійних відходів

№ п/п	Найменування відходів, які направляються на використання і продукцію з відходів	Об'єм тис.т	Собівартість, грн.	Ціна реалізації грн.	Собівартість основних фондів тис.грн.
1.	Переробка доменного шлаку	3200			
1.1.	Шлак гранульований	2800	1,12	1,47	5600
1.2.	Мінеральні плити	400	5,67	9,00	3700
2.	Колошниковий порошок	200	1,03	1,63	4000
3.	Переробка сталеплавильного шлаку	900			
3.1.	Фосфатні добрива	450	8,60	9,40	1200
3.2.	Шлаковий щебінь	440	1,50	2,20	1300
3.3.	Вилучений метал	10	10,0	11,8	4000
4.	Окалина	180			

4.1.	Добавка в аглошихту	90	5,8		400
4.2.	Реалізація на сторону	90	5,8	6,8	400
5.	Теплові ВЕР, тис. Г кал.	1500	2,4	8,0	13 200

Використання колошникового порошу і окалини в агломераційному виробництві може дати економічний ефект за даними таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Дані для розрахунку економічного ефекту від використання колошникового порошу і окалини в агломераційному виробництві

№ п/п	Назва	Витрата, т/т	Ціна, грн./т
1.	Аглошихта	1,3	8,5
2.	Порох колошниковий	0,07	1,03
3.	Окалина	0,041	5,80

Витрати на зберігання 1 т всіх видів відходів у звалищах складають 0,3 грн., транспортні витрати на відділення 1 т відходів: шлаку 1,02 грн., колошникового порошу 0,08 грн., окалини 0,03 грн.

Приклад розрахунку. Визначити економічний ефект, який досягається за рахунок переробки доменного шлаку.

Розрахунок:

$$E = E_{1по} + E_{2по} = (1,47 - 1,12)2800 - 0,15 \cdot 5600 + (9,0 - 5,67) \cdot 400 - 0,15 \cdot 3700 = 140 + 775 = 915 \text{ тис. грн.}$$

де:  $E_{1по}$  – ефект від реалізації гранульованого шлаку;

$E_{2по}$  – ефект від реалізації мінеральних плит.

## 2.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Завдання видане викладачем для розрахунку матеріального балансу (практична робота №1) використовується студентом для проведення розрахунків економічного ефекту від переробки відходів.

## 2.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Описати коротко вибрану технологію переробки відходів виробництва.
3. Розрахувати економічний ефект від переробки та реалізації відходів.

4. На підставі отриманих даних зробити висновок доцільності запропонованих заходів від утилізації відходів.

#### 2.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Негативні наслідки зберігання відходів металургійного виробництва у звалищах.
2. Основні витрати на зберігання відходів у звалищах.
3. В чому полягає економічна доцільність заміни первинної сировини металургійного виробництва відходами?
4. Головні фактори здешевлення виплавки сталі із металобрухту.
5. Домінуючі відходи прокатного виробництва та галузь використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Система технологій: метод. вказ. до вивч. курсу та лаб. робіт з елементами кредитно-модульної системи організації навч. процесу: для студ. спец.: 051, 071, 072, 075, 073, 281, 076, економічних факультетів / [уклад. : В. М. Кропівний, А. В. Кропівна, А. В. Кузик, Л. А. Молокост]. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - 63 с.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький, 2021.- 196 с.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3**

### **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Мета роботи: ознайомитись з основними технологіями переробки відходів ливарного виробництва

#### **3.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Ливарне виробництво є основною заготівельною базою підприємств машинобудування, тому що тут виробляються заготовки будь-яких деталей. Характерною особливістю ливарного виробництва є висока витрата сировинних матеріалів і енергоресурсів. Ливарне виробництво як і металургійне відноситься до шкідливих, але в ливарному виробництві утворюється значно більше відходів. Так, якщо металовідходи в металургії складають 1,1%, то в ливарному виробництві вони досягають 14%, використання металобрухту припадає в основному на сталеплавильне виробництво і складає понад 70% загального споживання чорних металів.

Технологічний процес регенерації відпрацьованих формових сумішей складається з наступних операцій: подрібнення кусків, які спеклись, очищення їх від металевих включень, просіювання з одночасним продуванням повітрям і відсмоктування пилу, відтирання зерен піску від плівок зв'язуючого матеріалу і повторне знепилення. При застосуванні такої схеми регенерації формових сумішей повертаються у виробництво на 95%

Очищення відпрацьованої формової суміші від металевих включень проводять за допомогою магнітних сепараторів. З відпрацьованої формової суміші металеві включення притягуються до магніту і скидаються в бункер. Подрібнення шматків формової суміші, які спеклися, здійснюються у дві стадії: попередньої на валкових дробарках і остаточно до необхідного ступеня помолу на роторних дробарках. В процесі подріблення, магнітної сепарації і обезпилювання відбувається часткове руйнування кірок і плівок зв'язуючих речовин на поверхні зерен піску.

Для очищення піску суміш пропускають через обтирочний пристрій, який являє собою корпус з відбивними плитами, що прикріплені до його стінок з внутрішньої сторони. Відтирання зерен піску від зв'язуючого матеріалу здійснюється за рахунок взаємодії зерен піску, які відкидаються відцентровою силою плитами і тертям зерен між собою.

Формова суміш, яка пройшла дроблення, сепарацію і просів безперервно подається в приймач регенератора і далі в камеру, з якої під дією сили тяжіння

попадає в кінцевий отвір між вертикальною трубою і її кожухом. Пристрій містить крильчасту повітродувку для видування глинистого порошу. Пісок попадає у щілину між гирлом труби і соплом, по якому подається повітря (тиск 0,2...0,3 кг/см<sup>2</sup>). Частини піску і зростки зерен розмірами до 2,5 мм захоплюються повітряним потоком, розганяються і вилітають з великою швидкістю вгору. При виході з труби повітряно-пісковий потік зустрічає відбійний щит, на внутрішній поверхні якого утримується шар піску. Цей шар піску відіграє подвійну роль: приймаючи удар потоку на себе, пісок захищає щит від передчасного зносу, а з другого боку, при обтіканні з внутрішньої поверхні відбійного щита піщинки піску, рухаючись з різною швидкістю в різних шарах потоку обтираються одна об одну. Внаслідок тертя зростки зерен розпадаються. Окремі зерна звільняються від плівок, глиняних оболонок і набувають нову округлену форму. Очищений пісок відводиться в приймач, а повітря, втративши швидкість, виходить крізь завісу падаючого піску, втягує з собою в атмосферу порох і дрібні частинки кварцу. Ця установка має не високий коефіцієнт очищення, тому операції очищення формової суміші повторюють кілька разів.

Більш продуктивним методом очищення формової суміші є метод “киплячого шару”, сутність якого полягає в тому, що в рухомий шар піску у вертикальному напрямку “вверх-вниз” вводять обертаючі лопатки. Швидкість повітряного потоку розраховується так, щоб гранули суміші не виносилися ним, а тільки знаходились у русі і були б у зваженому стані. Такі установки переробляють за 1 годину 100 кг формової суміші з залишковим вмістом глини 2%. Відділення вуглецевої плівки з часток піску здійснюють шляхом обпалювання.

В цехах лиття по моделям, що витоплюються, застосовуються модельні розчини, до складу яких входять легкоплавкі матеріали (парафін, віск, каніфоль, стеарин тощо). Модельний розчин після витоплювання з керамічної оболонки разом з водою стікає в розділювач, де відділяється від води і в нагрітому стані перекачується по трубопроводу в модельний цех для повторного використання за призначенням.

В якості шихтових матеріалів для електропічного переплаву сталі використовують відходи ковальсько-штамповочних цехів, висічку, облой, браковані вироби, виплески, ливникові системи, стружку від механічної обробки різанням. В термообробному відділі відходи, які були утворені при відбиванні залишків оболонок і відділення відливок від ливникової системи, конвеєрами транспортуються в короби, які періодично вивозять із цеху для утилізації. Ливники збирають в бункери і вивозять на дільницю підготовки і навантаження шихти.

Повернення піддається попередній підготовці – очищенню і подрібненню. Використання для переплаву 100% повернення не рекомендується, тому що при багаторазовій переплавці одних і тих же відходів збільшується газонасиченість розплаву і його забруднення оксидами. Кількість відходів, які використовують для переплаву в електричних печах, не повинна бути більше 40% від маси шихти.

Регенерація самозатверджуючих формових сумішей, в яких у якості звязуючого використовують рідке скло, здійснюється хімічним способом – проводиться обробка відпрацьованої формової суміші в розчині лугу з концентрацією від 1 до 15% впродовж 1 години при температурі 100<sup>0</sup>С. Після того, як плівка розчиниться, відділений пісок відмивають від лугу водою, просушують і розділяють на фракції шляхом просіювання крізь сита. Ступінь вилучення рідкого скла при регенерації сягає до 70%.

У якості скріплювачів для стержневих сумішей використовується: олія, мінеральне масло, термореактивні смоли, патока, сульфітно-спиртова барда (продукт перероблення відходів целюлозно-паперового виробництва), декстрин (хімічно оброблений крохмаль) і рідке скло, що є швидкотвердіючим скріплювачем.

Лиття в оболонкові форми може бути застосоване для всіх видів сплавів і великих виливків. Суміш для оболонкових форм складається з дрібнозернистого кварцового піску і 4...5% термореактивної смоли пульвербакеліту (суміш фенолформальдегідної смоли з технічним уротропіном). Суміш засипається на гарячу металеву підмодельну плиту з моделю, впродовж 20...30 сек. оплавляється. В результаті на моделі нарощується оболонка товщиною 5...10мм. Після охолодження пульвербакелітова смола незворотно затвердіває. Після використання за призначенням оболонки після роздріблення можуть бути використані в будівництві у якості водостійкого наповнювача.

### 3.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. За завданням викладача скласти технологічну схему регенерації одного із видів відходів ливарного виробництва.
2. На задану програму ливарного цеху розрахувати можливу кількість регенованої формової суміші, враховуючи що на одну тону виливків в складі формової суміші необхідно використати 0,9 т кварцового піску і 8% вогнестійкої глини.

### 3.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.

2. Коротко описати вибрану технологічну схему регенерації відходів ливарного виробництва. Навести розрахунки.
3. На підставі даних різних методів регенерації формових сумішей проаналізувати переваги і недоліки вибраних способів.

#### 3.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим пояснюється високий процент металовідходів у ливарному виробництві?
2. На які технологічні процеси ливарного виробництва необхідні великі витрати сировинних матеріалів?
3. Яка технологічна схема дає можливість повторно використовувати до 95% формової суміші?
4. Який метод очищення формової суміші?
5. Який із методів регенерації формової суміші дає до 25% економії глини?
6. При якому способі виготовлення ливарних форм досягається високий процент повернення матеріалів для моделей?
7. Який відсоток відходів допускається використовувати при плавці металів і чому?

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперация відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведєва, А.В. Кропівна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Система технологій: метод. вказ. до вивч. курсу та лаб. робіт з елементами кредитно-модульної системи організації навч. процесу: для студ. спец.: 051, 071, 072, 075,073, 281, 076, економічних факультетів / [уклад. : В. М. Кропівний, А. В. Кропівна, А. В. Кузик, Л. А. Молокост]. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - 63 с.
3. [Люцій Р.В., Гурия И.М. Формальні матеріали \[Текст\] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Компьютеризовані процеси лиття» / Р.В. Люцій, И.М. Гурия ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.](#)
4. Конончук С.В. Властивості формувальних матеріалів і сумішей: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія ливарного виробництва» для студентів-ливарників спеціальностей 131 “Прикладна механіка” 133“Галузеве машинобудування” / С.В. Конончук, О. В. Скрипник. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 116 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

### ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ, ЯКІ МІСТЯТЬ ВОЛОГУ І МАСТИЛА

Мета роботи – ознайомитись з основними технологічними процесами переробки відходів в яких містяться волога і мастила.

#### 4.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основними виробництвами машинобудування, в яких відходи містять вологу і мастила є обробка металів тиском та обробка різанням.

З методів обробки металів тиском найбільш широко використовують прокатку, при проведенні якої утворюється шлам з оксиду заліза з вологістю 20...30% та 2...3% мастильних матеріалів. Після відділення вологи шлам містить 60...70% оксиду заліза. Для вилучення заліза зі шламу застосовують два шляхи. Перший полягає в тому, що після відділення мастила шлам піддають дії хімічних речовин, другий - вилучення заліза після випалювання мастил. Якщо шлам має високий вміст вологи і мастил (до 28%), то такий шлам висушують при температурі до 150<sup>0</sup>С протягом 15...20хв. В наслідок чого вологість знижується до 1%, а вміст мастила до 0,5%. Дегідратований і дегазований шлам змішують з сировиною (залізна руда, кокс, флюс) для виробництва агломерату.

При обробці металів різанням відходами є: відпрацьовані інструменти (ножівкові полотна, відпрацьовані фрези, твердосплавні ріжучі частини), стружка, тирса, частки абразиву та мастильно-охолоджуючі рідини. При механічній обробці різанням з метою підвищення режимів різання і підвищення продуктивності праці використовують мастильно-охолоджуючі рідини. В процесі роботи вони поступово забруднюються частинками абразиву, тирсою,

стружкою і іншими включеннями, волокнами. До складу мастильно-охолоджуючої емульсії входять: вода, оливи, інгібітори корозії – речовини, які значно знижують корозійні властивості рідини (нітрит натрію); поверхнево-активні речовини (для підвищення змочуваності поверхні) і емульгатори (желатин) для тривалого стабільного збереження емульсії і протидії пошаровому розділу на водну і масляну складові.

Відпрацьовані ножівкові полотна на 70...80% використовуються в якості різців (переважно по дереву). Недолік цих різців – обмежена глибина входження їх у матеріал внаслідок плоскої форми інструмента.

Різці, які виготовляють з відпрацьованих фрез, цього недоліку не мають, оскільки дискові фрези вже кут нахилу задніх поверхонь від периферії до центру. Тому заточувати задні (бокові) поверхні різців з фрез не має необхідності.

Різці з відпрацьованих фрез виготовляють, розрізаючи її дисковою пилкою з алмазним або карборундовим напиленням. Коефіцієнт використання цих відходів сягає 0,5...0,6. Строк роботи великих фрез також можна продовжити шляхом зменшення кількості зубців у відпрацьованій фрезі, де переточка вже не можлива через зменшення діаметра і малої відстані між зубцями. Абразивним кругом сточують кожний другий зуб, щоб зменшені зубці з'єдналися між собою плавним закругленим переходом, як це мало місце у вихідній фрезі. За рахунок збільшення відстані між зубцями в міру затуплення такої фрези можна піддавати подальшій заточці.

Металева тирса та стружка утворюються при механічній обробці шляхом точіння, свердління, фрезерування, стругання, шліфування та при заточних операціях. В умовах дрібносерійного виробництва на одному і тому ж обладнанні обробляють деталі із різних металів і сплавів. Найкращим методом утилізації є збір і відправка тирси і стружки металу на склад загального потоку металобрухту. В масовому або багатосерійному виробництві, де для обробки одного і того ж виду деталей використовуються поточні лінії, можливості утилізації металобрухту значно ширші.

Для відділення частинок металу від частинок абразиву і мастильно-охолоджуючих рідин здійснюється шляхом проведення магнітної сепарації.

Окремим випадком утилізації залишків металевої тирси або стружки є використання їх абразивних властивостей. Притягуючись до магніту, стружка або тирса утворює на полюсах магніту рихлі нарости. Якщо замкнути ці нарости між полюсами магніту і помістити в їх середовище швидкообертаючу деталь, то кожна частина металу тирси буде виступати як своєрідний різець. Множина таких мікрорізців значно прискорюють і полегшують полірування і доводку поверхні деталі до високих класів чистоти. В цьому випадку необхідність в полірувальних пастах і промивних водах відпадає, що дає економію у проведенні чистової обробки.

Металева тирса і стружка можуть використовуватись у якості шихтового матеріалу для переплавлення, це порівняно дорогий метод утилізації відходу металу, оскільки необхідне проведення тривалого і трудомісткого процесу попереднього розділення сталей за марками. Крім того, при переплавленні змішаної стружки і тирси відбувається значне вигорання легуючих компонентів і, відповідно, отримується сплав низької якості.

Інститут надтвердих матеріалів Національної Академії наук України запропонував технологію переробляти тирси і стружки на порошки – сировину для порошкової металургії. Операції цього процесу полягають в тому, що сировину відмивають від мастил в бензині, завантажують в шаровий або вібраційний млин з середовищем етилового спирту і подрібнюють до заданого ступеня помолу. Отриманий порошок змішують з розчином синтетичного каучуку в бензині, пресують у профілі на пресі. Пористість одержаного напівфабрикату складає 25...30%. Далі його спікають в захисній атмосфері або вакуумі. Подальше формоутворення з таких заготовок досягається пресуванням, ковкою або прокаткою, що також позитивно впливає на структуру металу. Спосіб дозволяє вводити в склад цієї сталі певні легуючі добавки і рівномірно розподіляти їх по всьому об'єму заготовки. Введення добавки 0,1 – 0,2% титану підвищує твердість інструменту, що перешкоджує

його схопленню з поверхнею оброблювального металу, зменшує коефіцієнт тертя і збільшує строк служби різця. Встановлено, що стійкість різців, які виготовлені за даною технологією в три рази вищі ніж у стандартного інструменту. Після розрахунків наважки порошки змішують, дозують і засипають в матрицю пресформи. Наважка порошку (кг) розраховується за формулою:

$$Q = \gamma \cdot v \cdot \left(1 - \frac{\Pi}{100}\right) K_1 \cdot K_2,$$

де:  $\gamma$  – питома вага матеріалу, г/см<sup>3</sup> (для чорних металів  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$v$  – об’єм виробу після спікання, см<sup>3</sup>;

$\Pi$  – фактична пористість спеченого виробу, % (практично  $\Pi = 15 \dots 30\%$ );

$K_1$  – коефіцієнт, який враховує втрату порошку при пресуванні і який залежить від точності виготовлення прес-форми ( $K_1 = 1,005 \dots 1,01$ );

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує втрату маси при спіканні в результаті відновлення оксидів і відділення домішок, в тому числі і мастил, ( $K_2 = 1,01 - 1,03$ );

$\gamma_1$  – питома вага стружки або тирси, г/см<sup>3</sup>:

для стружки  $\gamma_1 = (0,25 \dots 0,3)\gamma$ ;

для тирси  $\gamma_1 = (0,35 \dots 0,5)\gamma$ .

На основі цих даних проводять визначення об’єму порожнини прес-форми, а також ємності для їх зберігання.

Таблиця 4.1.

Температури та час спікання окремих металевих порошоків

Матеріал порошку	Температура, °С	Тривалість спікання, хв
Залізо (вуглецева сталь)	1000...1050	15...30
Мідь (сплави міді)	850... 950	45...60
Корозійно стійка сталь	1200...1300	60...90
Алюміній (сплави алюмінію)	500... 550	40...50

Методи очищення мастильно-охолоджуючих рідин полягають в їх відстоюванні, відділенні мастил і нейтралізації звільненої від мастил води. Механічні домішки очищаються у відстійниках з попередньою магнітною сепарацією відпрацьованої емульсії. Забруднена мастильно-охолоджуюча рідина проходить в клиновидну зону між обертальним магнітним барабаном і корпусом сепаратора. Металеві залишки притягуються до барабана і очищуються з нього гумовою щіткою. Потім намагнічена емульсія попадає в

бак-відстійник, де частинки шламу коагулюють в більш крупні агрегати і випадають в осад. Відстояна рідина відфільтровується і очищена мастильно-охолоджуюча рідина знову повертається в обіг.

4.2.

## ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК

### ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Скласти технологічну схему утилізації одного із видів відходів при обробці металів тиском або механічної обробки різанням.
2. Провести техніко-економічний аналіз від утилізації металеві тирси та стружки.

4.3.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ

### РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести технологічну схему утилізації вибраного виду відходу з коротким її описом.
3. Навести розрахунки використання металеві тирси і стружки.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які із виробництв машинобудування мають відходи з значним вмістом мастил та вологи?
2. Що є домінуючим відходом при прокатці?
3. Шляхи вилучення заліза із шламу.
4. Домінуючі відходи при механічній обробці металів різанням.
5. В чому полягає утилізація залишків тирси, стружки та мастильно-охолоджуючої рідини при обробці чорних і кольорових металів?
6. Шляхи покращення експлуатаційних властивостей інструментів (різців), виготовлених із відходів.
7. Мета використання мастильно-охолоджуючої рідини при обробці металів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Система технологій: метод. вказ. до вивч. курсу та лаб. робіт з елементами кредитно-модульної системи організації навч. процесу: для студ. спец.: 051, 071, 072, 075, 073, 281, 076, економічних факультетів / [уклад. : В. М. Кропівний, А. В. Кропівна, А. В. Кузик, Л. А. Молокост]. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - 63 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

### ОЧИЩЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

Мета роботи – ознайомитись з основними типами домішок промислових газів та методами їх очищення і використання.

#### 5.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Промислові гази містять домішки в вигляді пороху, туману та газів. В свою чергу газові суміші вміщують органічні ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  тощо) та неорганічні ( $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$  тощо) сполуки. Доля неорганічних викидів в загальному об'ємі викидів підприємства складає 10...26%. Колошниковий (доменний) газ містить: пил – до  $30\text{г/м}^3$ ;  $\text{CO}$  – 23...40%;  $\text{CO}_2$  – 15...22%;  $\text{H}_2$  – 1,5...6%; сліди  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

В ливарних цехах із вагранки продуктивністю 5...10т/год виділяється на 1т виплавленого чавуну: пилу – 11,5 кг/т;  $\text{CO}$ -193 кг/т;  $\text{SO}_2$ -0,4 кг/т. Хімічний склад пилу:  $\text{SiO}_2$  - 20...50%;  $\text{CaO}$  – 2...12%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 0,5...6%;  $\text{MgO}$  – 0,5...4%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$  – 10...36%;  $\text{C}$  – 30...40%.

При випуску чавуну із вагранки в ковш на 1т рідкого металу виділяється в атмосферу 125...130 г  $\text{CO}$  і 18...22 г графітового пилу.

В склад пороху промислових викидів входять мінеральні частинки, а до складу туману рідкі залишки технологічних рідин, мастил, тощо.

Очистка відхідних промислових газів є обов'язковою екологічною вимогою проведення всіх технологічних процесів. Вона пов'язана з використанням складного обладнання, великих витрат енергії і низьким ступенем окупності. Очищення може бути рентабельною у випадку їх централізованої переробки на базі спеціалізованого виробництва, для якого той чи інший утилізований відхід є сировиною в основних технологічних процесах. Приклад, виробництво сірчаної кислоти на базі сірчистого газу, який вилучається в процесах отримання міді з сірчистих руд. Координація виробництв цих підприємств дозволяє проводити очищення повітря і дає цінну сировину для виробництва сірчаної кислоти.

Методи очищення промислових газів зводяться до трьох груп: суха очистка за допомогою твердих поглиначів або каталізаторів; рідинна очистка за допомогою рідин-поглиначів (абсорбентів) і очищення без застосування поглиначів або каталізаторів.

В залежності від ступеня очищення розрізняють: грубу, середню і тонку очистку промислових газів.

Першою стадією газоочистки є обезпилювання, тобто вилучення або вловлювання завислих часток (твердих і рідких): із ступенем дисперсності 0,2...10 мкм. Частинки зі ступенем дисперсності понад 10 мкм осаджуються під дією сил тяжіння, а частинки ступенем дисперсності менше 0,2 мкм вловлюються лише за допомогою фільтрів. Найпростішою конструкцією для реалізації пиловловлення є пилеосадна камера (циклонна установка), в якій відділення пилу відбувається за рахунок гравітаційних сил і втрати швидкості частинками. Ці пристрої застосовуються для обезпилювання повітря при подрібленні відпрацьованих формових сумішей у ливарному виробництві, а також для збору компресорного мастила.

Мокре пиловловлювання здійснюються в циклонах при зрошенні їх стічними водами з вмістом домішок до 30г/л і при розбризкуванні їх по всьому об'єму циклона. Проходячи крізь водяну завісу, газ з початковою запиленістю 72 г/м<sup>3</sup> очищується від пилу на 97...99%. Продуктивність типової установки 60 тис м<sup>3</sup>/рік. Недолік мокрого обезпилення полягає у великих витратах та втратах води за рахунок її випаровування.

Фільтрування характеризується більш високим ступенем очищення газів від дрібних частинок, оскільки фільтри можуть забезпечити практично повне вловлювання частинок усіх розмірів. Промисловість випускає тканинні, волокнисті, губчасті, мастильні і електричні фільтри. Фільтрування характеризується універсальністю, тобто властивістю вловлювати тверді частинки, як в сухому, так і в рідкому виді, навіть із туману, а також очищати гази нагріті до високої температури і при будь-якому тиску, а також при низьких концентраціях завислих частинок.

В тканинних фільтрах застосовують фільтруючі матеріали двох типів: ткани матеріали і волокнисті фільтри. Тканинні фільтри забезпечують вловлювання тонких фракцій пилу і мають високий коефіцієнт очищення.

Запилені тканинні фільтри регенерують наступними методами:

- струшуванням фільтруючих елементів механічним або аеродинамічним шляхом;
- пульсацією, або різкою зміною напрямку фільтруючого потоку газу, або впливом звукових коливань;
- зворотним продуванням фільтруючих елементів очищеними газами або повітрям.

Волокнисті фільтри являють собою групу нетканих волокнистих матеріалів (типу набивних матів з картону, паперу, войлоку тощо). Цей фільтруючий матеріал після використання, як правило, викидається.

Губчасті фільтри – це системи типу пінопластів з наперед заданим ступенем пористості, величиною пор і загальною капілярною структурою матеріалу.

Губчасті фільтри відрізняються великою пилеємкістю, хімічною стійкістю, високою вартістю вихідної сировини і можливістю регенерації шляхом промивання у воді з добавкою миючих засобів.

Мастильні фільтри – це фільтри мокрого очищення в яких замість зрошення водою застосовують нафтові олив. Такі фільтри являють собою секції, в які вмонтовані металеві перегородки з великою кількістю отворів, які зволожуються оливою. Останні зміщені в сусідніх перегородках по відношенню один до одного. Забруднені гази подаються під тиском компресором крізь отвори в перегородках, багаторазово змінюючи напрям руху. Пилінки при цьому проходять і прилипають до поверхні перегородок, затримуючись на них. Мастильні фільтри є довговічними, не кородують і коштують порівняно дешево.

Електричні фільтри – складаються з металевих електродів з високорозвиненою поверхнею, яка притягує частинки з зарядом, протилежним заряду електрода. У складі установки є пристрій, який струшує прилиплі частинки з електродів в збірний бункер. Такі фільтри мають низьку енергоємність (10 Вт на 1000 м<sup>3</sup>/г). Недоліком цих фільтрів є складність експлуатації високовольтного обладнання.

Після пиловловлювання промислові гази можуть підлягати вловлюванню окремих компонентів, які входять до їх складу. Для цієї мети використовують тверді, або рідкі поглиначі – активоване вугілля, силікагель, целіти і іонообмінні смоли. Ці поглиначі характеризуються універсальністю, тобто можуть працювати в широкому інтервалі речовин.

Поглинання промислових газів при пропусканні через рідкі речовини базується на розчиненні компонентів у тому чи іншому розчиннику, а також на хімічній взаємодії між ними з утворенням нових сполук.

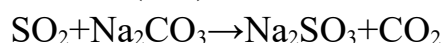
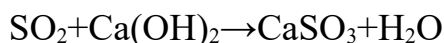
В промислових відхідних газах найпоширенішими є: вуглекислий газ, оксид вуглецю, сірчистий газ, оксиди азоту, ціаністий водень, аміак. Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) утворюється при горінні палива в газогенераторах, у зварювальних, металургійних та ливарних цехах.

Для поглинання вуглекислого газу застосовують етаноламін, з якими він утворює солі. Поглинання проводиться в абсорбційних колонах, до яких відхідні гази поступають через барбатер. Перед поглинанням відхідні гази охолоджують з 200<sup>0</sup>С до 30...40<sup>0</sup>С водою. Насичений розчин абсорбенту – вуглекислий моноетаноламін – поступає для регенерації в десорбер, де при нагріванні до 105<sup>0</sup>С він розкладається на вуглекислий газ і моноетанолін.

Оксид вуглецю (або чадний газ) входить до складу газів, що виділяються при виплавці металів, в коксохімічному виробництві тощо. Допустима норма оксиду вуглецю в повітрі складає 0,02мг/л. Вдихання оксиду вуглецю (СО)

приводить до отруєння організму, яке зводиться до порушення обміну кисню при взаємодії гемоглобіну з СО. Наступає кисневе голодування живих тканин, особливо клітин центральної нервової системи. Очищення здійснюється твердими поглиначами (мурашинокисла сіль, закисні солі міді, залізні або нікелеві каталізатори). Технологічний процес полягає в тому, що стиснуті відхідні гази, які містять оксид вуглецю, пропускають через абсорбер, в який завантажено керамічні кільця. У верхню частину башти подається мурашинокисла мідь з додатками аміаку і охолоджена до 0<sup>0</sup>С, а знизу доверху - піднімаються відхідні гази. Розчин, який витікає з башти поступає на регенерацію шляхом нагрівання до температури 70...80<sup>0</sup>С. При цьому комплексна сіль розкладається з виділенням оксиду вуглецю і солі, яка поступає знову у якості реагента в абсорбер. Оксид вуглецю використовується в якості палива, а також у якості відновника і реагента для отримання нових сполук. Цим досягається зниження собівартості основної продукції підприємства.

Сірчистий газ утворюється при горінні різних видів палива в металургійних і ливарних цехах, а також в сушильних печах стержневих відділків, при плавленні міді. Фізіологічний вплив сірчистого газу на людину починає виявлятися при вмісті в повітрі 0,03...0,05 мг/л. При цих концентраціях він викликає подразнення слизової оболонки очей і горла, а при тривалому впливі може викликати захворювання верхніх дихальних шляхів. Методи вловлювання сірчистого газу засновані на властивості його розчинення у воді і розчинах лугів. Поглинання здійснюється в абсорберах, які зрошуються вапняним молоком або каустичною содою згідно рівнянням:



Луги при одночасно з поглинанням сірчистого газу вловлюють сірководень і метилмеркаптани.

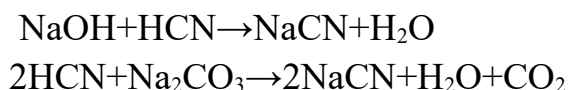
Оксиди азоту утворюються при дії азотної кислоти на метали, при травленні матеріалів меланжем (суміш сірчаної і азотної кислот), неповному згоранні азотовмістимих речовин (капрону, нейлону), при хіміко-термічній обробці виробів шляхом азотування, при електрозварювальних роботах тощо. Попадаючи в організм людини і реагуючи з вологою на поверхні легень, оксиди азоту вражають альвеолярну тканину, викликають набряк легень і з'являються складні рефлекторні розлади. Допустима норма в повітрі оксидів азоту – 0,005 мг/л. Очищення повітря від оксидів азоту полягає в їх поглинанні 5% - ним водним розчином каустичної соди.

Аміак використовується для азотування металів і виробів з них. Він виділяється при розкладанні амонійних солей, добрив і в хімічних

виробництвах, які пов'язані з одержанням азотистих сполук типу карбоніду. Аміак, потрапляючи в організм людини, викликає пошкодження очей, набряк легенів і розширення серцевої сумки. Допустима норма аміаку складає 0,02 мг/л. Способи вловлювання аміаку із повітря засновані на його високій розчинності у воді: в одному об'ємі води розчиняється біля 700 об'ємів аміаку, і його високій реакційній здатності.

Ціанистий водень та його сполуки відносяться до найбільш отруйних ядів. Газоподібний ціанистий водень зустрічається в повітрі робочих приміщень при гальванопластичному золоченні, срібленні, мідненні, при ціануванні сталевих виробів, гартуванні і рідинній цементації металів, при роботі з червоною кров'яною сіллю при вилученні золота і срібла з пустої породи. Ціанистий водень, попадаючи в організм людини, перешкоджає переносу кисню гемоглобіном, в результаті чого настає параліч дихального центру і удушення в наслідок асфіксії (кисневого голодування). Особливістю ціанистого водню є те, що пари проникають в організм крізь шкіру і викликають загальне отруєння.

Методи очищення повітря від ціанистого водню поділяється на дві групи: хімічне зв'язування з наступним відділенням його у вигляді солей; молекулярна трансформація ціанистої групи в роданисту – нешкідливу. Найбільш повне вилучення ціанистого водню досягається при застосуванні в якості поглинувача розбавлених розчинів лугів. При цьому потік газів пропускають крізь абсорбер струйного типу, де в якості поглинувача використовується 3...5% розчин каустичної або кальцинованої соди згідно реакцій:



## 5.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Скласти технологічну схему очистки промислових газів від одного із шкідливих компонентів.
2. Проаналізувати найбільш доцільні фільтри для вибраної схеми очистки.
3. Провести розрахунки необхідного повітрянообміну в металургійному цеху для забезпечення допустимих норм вуглекислого газу і чадного газу (при співвідношенні їх в доменному газі 1:2), якщо об'єм цеху 10000 м<sup>3</sup>.

## 5.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести технологічну схему очистки промислових газів від одного із шкідливих компонентів.
3. Описати спосіб очистки відповідно до технологічної схеми.

4. Навести дані розрахунків.

#### 5.4.ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Основні складові промислових газів, їх класифікація.
2. Методи очищення промислових газів. Види фільтрів для пиловловлювання.
3. Найбільш поширенні поглиначі шкідливих домішок промислових газів.
4. Які із компонентів промислових відхідних газів є найбільш отруйними?
5. Розчинність в воді якого компоненту промислових газів велика?
6. Назвіть компонент промислових газів хімічної промисловості вибухонебезпечний в суміші з повітрям.

#### Л І Т Е Р А Т У Р А

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Крусір Г. В., Мадані М. М., Гаркович О. Л. Техніка та технології очищення газових викидів. Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. 207 с.
3. Благодатний В.В. Апарати для очищення повітря від забруднень : методичні вказівки / В.В. Благодатний, Н.І. Магась, Ю.М. Харитонов. — Миколаїв : НУК 2019. — 52 с.
4. Промислові технології та очищення технологічних і вентиляційних викидів: навч. посіб. / Ю. С. Юркевич, О. Т. Возняк, В. М. Желих ; МОНМС України, НУ «Львівська Політехніка». 2012. 120 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

### ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ТА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Мета роботи – ознайомитись з основними методами очищення стічних вод.

#### 6.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В цілому стічні води, як промислового характеру, так і житлово - комунальні, характеризуються різним складом в залежності від наявності тих чи інших підприємств в даному населеному пункті і кількості населення. Крім нерозчинених неорганічних і органічних речовин, вони можуть містити колоїдні домішки, а також зважені частинки разом з розчиненими газами - сірководнем, аміаком та іншими. Особливо високу токсичність стічних вод викликає наявність в них фенолів, солей важких металів, ціанідів, ртуті, синтетичних миючих засобів, нафтопродуктів.

При наявності у воді 0,05 мг/л нафтопродуктів вода і риба набувають запах нафти; при 0,1 мг/л – гине планктон; 2,2 мг/л – гинуть личинки риб, а при 15 мг/л гине риба. При наявності у воді 1,0 мг/л синтетичних миючих засобів гине планктон; 3 мг/л – гинуть дафнії, 5 мг/л – гинуть риби.

Гранично допустимі концентрації деяких речовин у воді, мг/л:

Фенол -	0,001	Сірковуглець –	1,0
Тринітробензол -	0,1	Аміак -	5,0
Мідь -	0,1...0,2	Нафтеніві кислоти -	5,0...10,0
Фтор -	0,5...1,0	Ціаніди -	0,1...0,2
Бензол -	5,6	Свинець -	0,1...0,2
Меркаптани -	2,0	Хлор -	0,25...1,0
Нафта -	25-30	Сірководень -	1,0...2,0
Соляна кислота –	30...35	Метилфенол -	5,0
Азотна кислота -	30...35	Смоли -	20...30
Сірчана кислота –	20..30	Миш'як -	0,1...0,2
Ртуть -	0,005	Хром -	0,1...0,2

Складність складу, широкий інтервал концентрації домішок і зміна їх в часі ускладнюють аналіз промислових стоків і відповідно їх нейтралізацію. Тому всі заходи по вибору оптимальних методів очищення починаються з вивчення складу стічних вод, умов їх утворення, шляхів попадання в них шкідливих речовин і можливість їх ізоляції. На підставі цих даних розроблення схеми конкретних технологічних процесів утилізації стічних вод.

Житлово - комунальні стічні води можуть містити забруднення до 370 мг/л в осаді та до 1000 мг/л зважених часток. В результаті очищення в воді їх залишається 3...5 мг/л кожного виду.

Забруднення промислових стоків господарсько-побутовими водами веде до їх біологічного отруєння, тому останні повинні мати окрему систему виводу.

Ефективне використання вторинних матеріальних ресурсів передбачає роботу підприємства з повною відсутністю промислових стоків, тобто коли вся вода, яка використовується в технологічних процесах, після відповідного очищення повністю повертається в систему технічного водопостачання. Як правило, це можливо реалізувати лише на новозбудованих підприємствах. На діючих промислових об'єктах повинно бути передбачено локальне очищення у вигляді очисних споруд, які можуть бути використані для зворотної системи водозабезпечення.

Всі роботи по очищенню стічних вод починаються з виділення з них нерозчинених домішок відстоюванням, флотацією, фільтруванням тощо. Методи такого освітлення дозволяють вилучати із стічних вод окремі цінні домішки і використовувати їх у виробництві.

Для відділення частинок розміром менше ніж 5...10 мкм, необхідно попередньо їх укрупнити коагуляцією або флотацією. Вказані методи очищення стічних вод є стандартними і реалізуються на типовому технологічному обладнанні.

Флотація полягає в утворенні комплексів "частинка – бульбашка", спливанні цих комплексів на поверхню у вигляді шару і їх відділення. До води, що очищують, додають поверхнево - активну речовину та пропускають стиснуте повітря. Зважені частинки з нафтопродуктів, жирів, сірки та інші продукти, які супроводжують відходи, добре змочуються поверхнево - активними речовинами і підіймаються на поверхню в очисному апараті – флотаторі. Мінеральні частинки піску, глини, ґрунту добре змочуються водою і осідають на дно апарата. Поверхневий шар у вигляді піни з забруднюючими речовинами відділяється у шлакозбірник, а очищена вода повторно поступає у виробництво.

Коагуляція полягає у злипанні і збільшенні дрібних частинок з утворенням стійких агрегатів, які осідають. Наприклад, забруднена вода з фарбувальних камер стікає в басейн для коагуляції, туди ж додається коагулянт - сірчаноокислий алюміній або сірчаноокисле залізо. Ці солі гідролізуються у воді, утворюють гідроксиди у вигляді рихлих частинок, на поверхні яких закріплюються колоїдні дрібнодисперсні частинки. 80% - ний розчин коагулятора виготовляють в окремій ємкості і періодично додають в басейн для коагуляції так, щоб концентрація коагулянту підтримувалась постійною на

рівні 4 г/л. Внаслідок коагуляції відбувається розділення відходів лакофарбувальних матеріалів на легку і важку фракції у співвідношенні 1:2. Осад і шлам, що спливає, відбирають окремо за допомогою скребкового механізму. Очищена вода знов повертається у фарбувальну камеру. Ефективність очищення води складає 80%, що дозволяє повторно використовувати воду для рециркуляції більше місяця та зменшити витрати води в чотири рази.

Схема утворення стічних вод на машинобудівному заводі



Іонообмінне очищення застосовується для запобігання утворення накипу, біологічних зрощувань і корозії, включаючи повне знесолення води. Таке знесолення води при попередньому фільтруванні проходить у три стадії:

- 1) Н-катионування, при якому виділяються всі катіони, а вода збагачується мінеральними кислотами;
- 2) ОН – аніонування на слабкому основному аніоніті, в результаті якого виділяються іони кислотних залишків і проходить часткова нейтралізація води;
- 3) ОН- аніонування на аніоніті з високою основністю для обміну іонів слабких кислот і повної нейтралізації води.

Таке триступеневе очищення використовується у випадках високої концентрації реакційно здатних речовин.

Термоокислювальне обеззараження вод застосовують тоді, коли інші методи очищення не ефективні. До таких стічних вод відносяться ті промислові стоки, які містять у своєму складі фенол, формальдегід, фталевий ангідрид та їм подібні речовини. Вони є компонентами термореактивних смол, полімерних матеріалів. Найбільш розповсюдженим способом термічного обеззараження таких стічних вод є їх спалювання в печах циклонного типу, які забезпечують їх добре переміщення з киснем повітря при  $1000^{\circ}\text{C}$  і коли забруднюючі компоненти стічної води повністю окислюються. При спалюванні утворюються тверді, рідкі і газоподібні речовини і виділяється велика кількість тепла. Димові гази, що виходять з печі через жарові труби, віддають своє тепло воді, яка нагрівається при цьому до  $95^{\circ}\text{C}$ . Якщо стічні води мають хлорні, сірчані і фосфорні з'єднання, в полум'я печі вдувають соду, щоб зв'язати і повністю вилучити високооктанові компоненти. Утилізація всіх компонентів цих фракцій, а також тепла є важливим завданням, оскільки тільки в цьому випадку будуть виправдані витрати палива і фізичне виділення компонентів, які є в стічних водах. Тверда фаза являє собою розплав мінеральних солей, які накопичуються на дні печі. Це вихідна сировина для підприємств кольорової металургії. Рідка фаза – сконцентрована водяна пара, яка після охолодження утворює воду, що може бути використана для технічних потреб. Газоподібна фаза – це вуглекислий газ, азот та його сполуки, а також невеликі домішки інших нейтральних газів. З метою збору і утилізації азоту і вуглекислого газу кожна камера знешкодження стічних вод повинна мати додаткове обладнання для розподілу і поглинання цих газів.

Теплота від термічного обеззараження стічних вод використовується для попереднього підігріву стічних вод. Встановлено, що при згоранні  $1\text{ м}^3$  стоків, які містять відходи лакофарбової промисловості утворюється така кількість тепла, яка дозволяє нагріти  $40\text{ м}^3$  холодної води.

Очищення стічних вод виробництв хлору, каустичної соди, полівінілхлориду та стічних вод, які утворюються при хімічній і електрохімічній обробці металів має ряд особливостей. Сульфат натрію –

основна сіль, яка утворюється при виробництві хлору та каустичної соди. Метод вилучення сульфату натрію із стічних вод полягає у зміні його розчинності в залежності від температури. При охолодженні вміст сульфату в стічних водах в розчині знижується до 5...10 г/л. Розчин поступає в кристалізатори, де сульфат натрію випадає в осад у вигляді безводної солі.

Стічні води виробництва полівінілхлориду, який одержується емульсійною полімеризацією, утворюються при промиванні автоклавів і збірників. Вони містять сухий залишок 500...900 мг/л полівінілхлориду при рН 6,7, окисленості 100...500 мг  $O_2$ /л.

До стічних вод полімеризації мономера суспензійним методом входять стічні полімеризаційні рідини від центрифуг, води від промивання апаратів. Їх склад: рН 7,6, сухий залишок 2700 мг/л, полівінілхлориду 9500 мг/л. Окисленість 200 мг  $O_2$ /л, хімічна потреба в кисні 3000 мг  $O_2$ /л. Очищення стічних вод виробництва полівінілхлориду здійснюється коагуляцією в зваженому прошарку з послідуною біохімічною доочисткою. В якості емульгаторів застосовують стиромаль і метилцелюлозу.

Спеціальну очистку застосовують до стічних вод, які утворюються при хімічній і електрохімічній обробках металів: травленні, нікелюванні, хромуванні, цинкуванні тощо. Вони містять значну кількість токсичних речовин: солі важких металів, кислоти і інші речовини. Спочатку такі води поступають на нейтралізацію, де при безперервному переміщуванні обробляються суспензією гашеного вапна. При цьому утворюється рихлий осад гідроксиду заліза. Із нейтралізатора суміш поступає в барбатер, куди подається стиснуте повітря і оксид заліза випадає в осад. Далі розчин потрапляє у бак – відстійник, який має магнітний транспортер. Тут проходить відділення оксиду заліза від гіпсу. Оксиди заліза направляються на переплавку, а шлак – гіпс – на виготовлення будівельних матеріалів. Отримана в результаті очищуючої утилізації вода використовуються для приготування вихідних розчинів.

Для очистки стічних вод, які містять солі заліза, хрому, нікелю, кобальту, інших металів, а також хлориди і нітрати натрію, застосовують технологію, яка заснована на ступінчатій нейтралізації кислих розчинів з наступним відділенням компонентів у тверду фазу і відділенням її від розчину фільтруванням. На першій стадії фільтрат обробляється вапняковим молоком для нейтралізації вільної кислоти і виділення хрому у вигляді гідроксиду. На другій стадії після відфільтрування гідроксиду хрому розчин обробляють аміачною водою і в осад випадає закис – окис заліза в процесі аерації повітрям.

Осад також відфільтровують. Фільтрат, який залишився, містить нікель у вигляді комплексної солі з аміаком і сульфат амонію. Фільтрат обробляють розчином хлористого кальцію. В результаті випадає осад сульфату кальцію, який відфільтровують. Розчин, який залишився містить, суміш хлористих солей нікелю і амонію. Його подають у піч “киплячого шару”. Вода і хлористий амоній випаровується, а хлористий нікель кристалізується і збирається у вигляді готового продукту.

Очищення стічних вод в природних умовах на хліборобських полях зрошення в ряді випадків також може давати добрі результати. Однак за санітарними нормами на полях зрошування стічними водами не дозволяється вирощування овочів, кормових культур, кукурудзи, кормового буряка, а також використовувати їх як пасовище.

## 6.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Проаналізувати склад стічних вод відповідно до гранично допустимих концентрацій: кислот, металів та інших компонентів.
2. Скласти схему очищення стічних вод одного із шкідливих виробництв.
3. Використовуючи схему утворення стічних вод на машинобудівному заводі, визначити переважні речовини, які є найбільш шкідливими в одному із вибраних виробництв і яка їх кількість може міститися в 1 т води.

## 6.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести класифікацію груп речовин за гранично допустимими концентраціями.
3. Навести схему очищення стічних вод вибраного виробництва з відповідними розрахунками.

## 6.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.

1. Від яких факторів залежить склад стічних вод?
2. Які речовини викликають особливо високу токсичність стічних вод?
3. Послідовність заходів при розробці методу очищення стічних вод?
4. Чому комунально-житлові, господарсько-побутові та промислові стоки повинні мати окремі системи виводу?
5. Методи очищення промислових стічних вод?
6. В чому полягає флотація?
7. Мета іонообмінного очищення.

8. Коли застосовується термоокислювальне обеззараження стічних вод?
9. Яким стічним водам надається спеціальна очистка?

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Петрук В. Г. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с.
2. Саблій Л. А. Практикум з біотехнологій очищення води : навч. посіб. / Л. А. Саблій, О. М. Бунчак, В. С. Жукова. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 108 с.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. К.: Вища шк., 2005. 671 с.
4. Запольський А.К., Мішкова-Кліменко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздик П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. К.: Лібра, 2000. 552 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

### ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Мета роботи - ознайомитись з деякими технологіями переробки твердих побутових відходів.

#### 7.1.КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Тверді побутові відходи (ТПВ) в середньому щорічно складають 300 кг на одного мешканця. Вони містять значну кількість різних корисних складових. Тверді побутові відходи в середньому містять: макулатуру 20...40%; 3...5% чорні і кольорові метали; текстиль 4...6%; пластмаси 1...2%; склобою 1...2%; харчових залишків (органічна частина) 25...40%. Склад за елементами: вуглецю 16%; азоту 0,8%; кальцію біля 3% в формі вапна; фосфору 0,3%.

Ступінь використання відходів у різних країнах не однаковий. Так у 2015 році, у Швеції перероблялося 48,0% твердих побутових відходів, у Польщі – 42,5%, в Україні близько 3%. В розвинених країнах переробка відходів, а потім повторна реалізація може досягати 80%, тоді як в Україні – лише 10...12% на рік. У всіх розвинутих державах утилізація побутових відходів є дотаційною і стимулюється державами, існують біржі вторинної сировини, через які переробні підприємства інформуються про наявність відходів у продавців, а споживачі інформують про свої потреби. Встановлено, що раціональне використання тільки 1/10 частини побутових відходів дозволяє зберегти до 20% частини капітальних вкладень у видобувну промисловість. Для не використаних побутових відходів потрібні великі території для їх захоронення, що супроводжується забрудненням довкілля. В Україні щорічно збільшується обсяг твердих побутових відходів (ТПВ) на сміттєвих полігонах і звалищах з інтенсивністю 1 куб. м (тобто 200 - 300 кг) на людину в рік. Загальна площа цих звалищ і полігонів для захоронення твердих побутових відходів в Україні складає понад 9 тисяч гектарів. Таким чином, збір, підготовка та використання вторинних матеріальних ресурсів можна розглядати як галузь видобувної промисловості особливого характеру.

Сучасні технології переробки твердих побутових відходів спрямовані на отримання: добрив, чорних і кольорових металів та теплоти.

Головний метод переробки органічних твердих побутових відходів на органічне добриво – це компостування, під яким розуміють біохімічний процес розкладу органічної частини ТПВ мікроорганізмами. Кисень і бактерії розкладають органічні речовини сміття, виділяється вуглекислий газ, метан,

теплота і вода, проходить екзотермічний процес. Основна частина органіки переходить в гумус. В малій кількості виділяється аміак, сірководень. Щоб процес ішов більш інтенсивно, масу потрібно переміщувати і зволожувати. Швидкість утворення компосту зростає при продуванні крізь матеріал повітря, або при добавленні до нього штучно вирощених бактерій. Сучасні методи технології виготовлення компосту дозволяють одержати його за 2...3 доби.

Технологія виділення чорних металів полягає в тому, що ТПВ піддаються магнітній сепарації, в наслідок якої чорні метали вилучаються із загальної маси відходів.

Переважає кількість кольорових металів міститься в побутовій радіоелектронній апаратурі (ПРЕА), яка була в ужитку. Кількість одиниць ПРЕА-телевізорів, радіоприймачів, радіол, магнітофонів, плеєрів і інших, які виходять із вжитку постійно збільшується за рахунок росту виробництва і реалізації. Кожна одиниця ПРЕА містить мідь, алюміній, нікель, кобальт, скло, і пластмаси. Вироби, які містять коштовні метали, здаються на переробку відповідно до існуючого порядку.

В магазинах побутової техніки встановлені контейнери для збору спрацьованих гальванічних елементів живлення від транзисторних радіоприймачів, ліхтариків, годинників і іншої радіоелектронної апаратури. Гальванічні елементи живлення утилізуються шляхом переплавки. На першій стадії обробки на вібраційних решітках відсівають “гудзикові” елементи, які використовуються в годинниках, калькуляторах і іншій мініатюрній електроніці. В їх складі, як правило, міститься ртуть. Її вилучають і після утилізації використовують повторно. На наступному етапі відсортовують нікель – кадмієві акумулятори, з яких одержують чисті метали.

При утилізації для одержання цінних металів з електронного лому перш за все проводять випаровування електролітичних конденсаторів тому, що вони містять рідкий електроліт, який при спалюванні утворює отруйні газу. Дрібно подрібнені друковані плати розігрівають для розплавлення при 1200<sup>o</sup>C. Електролізом із виплавленого сплаву в сірчанокислотному електроліті виділяють мідь та срібло. Із ламп денного світла вилучають ртуть, а із акумуляторів – кадмій або свинець.

Для виробництва 1 т міді потрібно лише 1,3...1,5 т мідних відходів, тоді як мідної руди 800 т, тобто в сотні раз більше. Витрати електроенергії в першому випадку на 75% менші. Виплавка 1 т бронзо-латунних сплавів із вторинної сировини скорочує витрати електроенергії в 5 разів, палива – в 3...4 рази, а собівартість знижується в 2,5 рази. Питомі капітальні вкладення знижуються в 10 разів.

При виробництві 1 т паперу з макулатури зберігається більше 4м<sup>3</sup> деревини, економиться 200м<sup>3</sup> води, в 2 рази зменшуються витрати електроенергії і на 2 людинодні – трудові витрати.

Останнім часом надається велика увага комплексній технології переробки ТПВ. Так на сміттєпереробному заводі потужністю 200 тис. т на рік можна отримати 1,5 тис. т макулатури, 7,5 тис. т полімерної плівки, біля 1 тис. т брухту чорних металів, кольорові метали (в основному алюміній), а також сировину для виробництва 5 тис. т сухого корму для тварин і птахів. Згідно технологічного процесу такого підприємства відходи із приймального бункера стрічковим транспортером подаються в первинну дробарку для попереднього грубого дроблення, а далі надходить в барабанний гуркіт, де вилучаються фракції, які піддаються повітряній сепарації при продуванні, і відбувається розподіл на легкі і важкі. Легка фракція, яка попадає в циклон, складається в основному із паперу, пластмас, текстилю і інших легких частинок.

Важка фракція складається з частинок чорних і кольорових металів (3...10%), харчових залишків (55...75%) та скла (більше 5%).

Чорні метали вилучаються магнітним сепаратором, а кольорові за допомогою електродинамічної сепарації, яка заснована на силовій взаємодії двох магнітних полів – змінного поля, яке виникає навколо струмопровідної речовини, внаслідок індуктування в ньому вихрових струмів, коли провідник попадає в змінне магнітне поле. В кольорових металах, які добре проводять електричний струм, змінне електромагнітне поле індуктує вихровий струм, який утворює магнітне поле протилежного напрямку і таким чином кольорові метали відділяються від неструмопровідної частини компонентів ТПВ. Причому, чим вище електропровідність металу, тим сильніша взаємодія двох полів і тим легше вилучаються метали із загального потоку відходів.

Одним із поширених методів переробки твердих побутових відходів є термоокислювальне знешкодження їх з послідуєчим одержанням різних продуктів. Термоокислювальне знешкодження ТПВ проводиться трьома способами.

Перший спосіб полягає в спалюванні ТПВ у спеціальних високотемпературних сміттєспалювальних установках після попереднього відбору металу і інших баластних фракцій, подріблення залишків і подачі їх в агрегат високотемпературного спалювання з особливим паливним пристроєм. Тепло, яке при цьому отримується, використовується для виробництва електроенергії або теплопостачання промисловим підприємствам житлових районів.

Другий спосіб – суха перегонка ТПВ (піроліз) в певному температурному режимі без доступу повітря. При цьому утворюються три фракції: газоподібна,

рідка і тверда. Ця технологія також передбачає попереднє сортування, відбір металів, кераміки і інших негорючих компонентів. Отримані при піролізі горючі гази використовуються як паливо і сировина для хімічної промисловості. Тверда фракція являє собою пірокарбон, або вугілля, який служить добавкою до складу гуми та може використовуватися у якості палива. З рідкої фракції виділяють хімічні речовини і смоли.

Третя технологія є комплексною з максимальним використанням біологічних і органічних залишків з попереднім ретельним сортуванням і відділенням усіх складових сміття: металів, скла, текстилю, і одержання компосту в вигляді брикетів.

Теплова енергія, яка вилучається при спалюванні сміття, використовується для виробництва пари, електроенергії, для одержання гарячої води, для опалення і виробничих цілей. Підраховано, що 5 т ТПВ можуть зекономити 1 т умовного палива.

Технологія утилізації всіх видів сміття базується на установці, в якій відходи дисоціюють в умовах високотемпературного нагріву. Такі установки є простими з компактними розмірами. Печі не мають рухомих частин і механізмів, що значно спрощує їх конструкцію і підвищує надійність. Піч має завантажувальний пристрій, який скидає сміття в ванну з розплавленим шлаком, де і проходить швидкий піроліз і газифікація відходів. Температура в печі досягає 1500<sup>0</sup>С. При такій температурі всі метали, які є в смітті, розплавляються і осідають у рідкому стані на дні ванни під шаром рідкого шлаку, як в доменній печі. Метал по мірі його накопичення випускається через сифон в ковш і використовується в металургійних процесах. Рідкий шлак, в якому розчиняються всі мінеральні залишки сміття, також порційно випускається через сифон і охолоджується. Додаючи в піч вапняк, можна одержувати шлак, який придатний для одержання будівельних матеріалів – литих шлакоблоків, цементу і інших. Для повного випалювання домішок шлак і відхідні гази з печі продуваються через спеціальні фурми повітрям або киснем. Горючі гази відводяться до парового котла і служать для отримання електроенергії. Порохоподібні частинки, які містять кольорові метали, вловлюються, а їх концентрат використовується в кольоровій металургії для одержання сплавів. Після спалювання гази проходять очистку і викидаються в атмосферу. Потужність одного агрегату становить переробку від 10 до 200 тис. т твердих побутових відходів на рік.

## 7.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ.

1. Проаналізувати масштаби загально-державних збитків від недостатньої переробки твердих побутових відходів.

## 7.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Провести розрахунки можливого економічного ефекту від переробки і раціонального використання твердих побутових відходів в масштабах Кіровоградської області та загалом по Україні.

#### 7.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка середньорічна кількість побутових відходів припадає на мешканця держави?
2. Які основні фактори спонукають до раціонального використання твердих побутових відходів?
3. Основні види продукції сучасних технологій переробки твердих побутових відходів.
4. Шляхи отримання кольорових металів із відходів.
5. Наведіть приклади доцільності отримання міді і паперу із відходів.
6. В чому полягає комплексна технологія переробки ТПВ?
7. Наведіть приклад установок з оригінальними технологіями переробки ТПВ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
- 2.Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи : навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 100 с.
- 3.Каратєєва О. І., Коваль О. А., Гроза В. І. К.21 Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства : курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / О. І. Каратєєва. – Миколаїв : МНАУ, 2018. – 190 с.
- 4.Управління та рекуперація відходів: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький та інші. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2020. – 134 с.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8**

### **ВИЗНАЧЕННЯ КОДУ ВІДХОДУ НА ОСНОВІ НАЦІОНАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА ВІДХОДІВ**

Мета роботи - ознайомлення із структурою національного класифікатора відходів; термінами та визначеннями, що використовуються в ньому; принципом кодування відходів.

#### **8.1.КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Класифікація відходів — це процес упорядкування даних про них шляхом віднесення їх за певними ознаками до тих чи інших груп.

В Україні з 1996 р. діяв державний класифікатор відходів ДК 005 – 96 ((далі – ДК 005-96)), який був складовою державної системи класифікації та кодування техніко-економічної та соціальної інформації відповідно до закону України «Про відходи». ДК 005-96 дозволяв вирішувати широке коло задач державного управління відходами та використання ресурсів на базі системи обліку та звітності в області екології, охорони життя та здоров'я населення, безпеки праці, ресурсозбереження тощо.

Структурно ДК 005-96 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, від Б1 до Б8, групи 40-90); класифікації послуг, які пов'язані з відходами – (частина II, розділ В, від В1 до В5, групи 1-5).

Класифікаційний каталог відходів – перелік відходів, що утворюються на Україні, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак:

- за походженням відходу;
- за агрегатним та фізичним станом;
- за небезпечними властивостями;
- за ступенем шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

Така класифікація відходів проводиться за вхідними компонентами, за виробничо-технологічними процесами та за кінцевою продукцією задовольняє вимоги до класифікації об'єктів, що встановлені у міжнародних стандартах, дає повну системну класифікацію всіх можливих об'єктів. Вид відходів визначає тринадцятизначний код, що характеризує його класифікаційні ознаки:

- Перші вісім цифр використовуються для кодування походження відходу;

- Дев'ята й десята цифри використовуються для кодування агрегатного стану та фізичної форми;

- Одинадцята та дванадцята цифри використовуються для кодування небезпечних властивостей та їхніх комбінацій;

- Тринадцята цифра використовується для кодування класу небезпеки для навколишнього природного середовища (0 – клас небезпеки не встановлений, 1 – I-й клас небезпеки, 2 – II-й клас небезпеки, 3 – III-й клас небезпеки, 4 – IV-й клас небезпеки, 5 – V-й клас небезпеки). Детальний перелік відходів представлений у доповненнях до класифікаційного каталогу відходів.

Класифікатор ДК 005-96 як документ інформаційного забезпечення та управління відходами, не визначає клас небезпеки відходу, він лише передбачає класифікацію відходів на основі системи обліку із дотриманням гармонізації з міжнародними нормативними документами, стандартами у сфері екології, ресурсозбереження та повторного використання сировини. Цей класифікатор був затверджений і введений в дію з 1996 року, і на даний час перестав відповідати вимогам практики державного обліку та паспортизації відходів, а також гармонізації з міжнародними, перш за все, європейськими стандартами у цій сфері.

Законом України «Про управління відходами» введений новий поділ відходів на класи відповідно до вимог Директиви ЄС. Даний Закон вносить значні зміни в українську систему управління відходами та сприятиме її наближенню до стандартів ЄС. Даним Законом регулюються відносини, пов'язані із запобіганням утворенню та з управлінням відходами, що утворюються в Україні, а також з управлінням відходами, що перевозяться через територію України, вивозяться за її межі та ввозяться в Україну з метою відновлення, у тому числі рециклінгу. Постановою Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102 затверджено оновлені документи [Порядок класифікації відходів](#) та [Національний перелік відходів](#). Постановою КМУ від 20.10.2023 №1102 встановлено, що для цілей оподаткування Національний перелік відходів та Порядок класифікації відходів, застосовується з 1 січня 2025 року. Ці документи є основою реформи управління відходами, на новому підході до класифікації створюється інформаційна система відповідно до європейського переліку відходів (List of Waste), яка має спростити адміністрування потоків відходів та звітність для бізнесу. Відповідно суб'єкти господарювання проводитимуть класифікацію відходів з урахуванням небезпечних властивостей відходів. Загалом новим Національним переліком передбачені 20 груп та 895 видів відходів.

**Додатки до Порядку:**

- **Додаток 1.** Коди класів небезпеки та категорій у межах класів, позначень щодо виду небезпечного впливу за кожною властивістю відповідно до переліку властивостей, що роблять відходи небезпечними (14 видів небезпечних властивостей відходів);
- **Додаток 2.** Перелік небезпечних компонентів відходів (51 вид компонентів);
- **Додаток 3.** Перелік потенційно небезпечних відходів з урахуванням їх походження або діяльності, під час якої вони були утворені (2 групи джерел утворення відходів);
- **Додаток 4.** Форма протоколу дослідження відходів.

Кожна позиція Національного переліку відходів складається з коду відходів і назви відходів українською мовою. Класифікацію відходів проводять на основі даних:

про вміст і складові відходів, інформації про продукцію, паспорта безпеки наявності небезпечних речовин або компонентів із вмістом небезпечних речовин

визначення небезпеки за кожною властивістю

опису діяльності, в результаті якої утворилися відходи

опису процесу, дії або процедури, в результаті яких утворилися відходи

визначення кількості фракцій, з яких складаються відходи

Код відходів складається з шести цифр:

- перші дві цифри визначають групу відходів (XX 00 00);
- другі дві цифри визначають підгрупу відходів (XX XX 00);
- останні дві цифри визначають вид відходів у межах підгрупи (XX XX XX).
- Коди відходів поділяються на:
  - коди без позначення символом «\*» — ідентифікують відходи, що не є небезпечними;
  - коди, позначені символом «\*» — ідентифікують небезпечні відходи;
  - дзеркальні коди — два коди для одного і того самого виду відходів, де один із них, позначений символом «\*», визначається як дзеркальний небезпечний, інший код, не позначений символом «\*», визначається як дзеркальний, що не є небезпечним.

Групи 01—12 і 17—19 охоплюють відходи, що походять із різних галузей промисловості та/або процесів виробництва;

групи 13—15 охоплюють відходи, що утворюються в результаті використання різних матеріалів і речовин

група 16 охоплює відходи, які не зазначені в інших групах Національного переліку відходів;

група 20 охоплює побутові відходи (відходи домогосподарств та подібні відходи комерційних організацій, промислових підприємств, установ тощо.

Послідовність визначення коду відходів

1) Оцінюється належність відходів до однієї із груп відходів від 1 до 12 і від 17 до 20 з урахуванням джерела (галузі) утворення відходів та визначається відповідний шестизначний код відходів у межах встановленої групи. Під час проведення такої оцінки коди відходів, які закінчуються на «99», не враховуються;

2) У разі неможливості визначити відповідний код у межах груп відходів від 1 до 12 і від 17 до 20 утворювач відходів або суб'єкт господарювання у сфері управління відходами проводить оцінку належності відходів до груп 13, 14 і 15 та визначає відповідний шестизначний код відходів у межах встановленої групи;

3) У разі неможливості визначити відповідний код у межах груп відходів 13, 14 і 15 оцінюється належність відходів до групи відходів 16 та визначається відповідний шестизначний код відходів у межах встановленої групи;

4) У разі неможливості визначити відповідний код у межах групи відходів 16 наступним етапом є визначення відповідного шестизначного коду відходів із застосуванням кодів відходів однієї із груп відходів від 1 до 12 і від 17 до 20, які закінчуються на "99", у межах відповідної групи відходів.

Наприклад, відповідно до Національного переліку відходів, Упаковка, що містить залишки або забруднена небезпечними речовинами має код - 15 01 10\*, де

15 - відповідає найменуванню групи відходів, що утворюються в результаті використання різних матеріалів і речовин: Відходи упаковки; абсорбенти, обтиральне ганчір'я, фільтрувальні матеріали та захисний одяг, не зазначені в інших групах;

15 01 - відповідає найменуванню підгрупи відходів: Упаковка (включаючи роздільно зібрану упаковку з побутових відходів);

15 01 10 - найменування виду відходів у межах підгрупи: Упаковка, що містить залишки або забруднена небезпечними речовинами.

Символом «\*» у кодї позначають небезпечні відходи

## 8.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з основними положеннями Закону України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 року 2320-ІХ та Постанови Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів».

2. Виконати індивідуальні завдання щодо визначення коду відходу на основі Національного переліку відходів.

### 8.3.ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Описати послідовність виконання індивідуального завдання щодо визначення коду відходу на основі Національного переліку відходів.

### 8.4.ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- 1.Принцип систематизації відходів за сукупністю пріоритетних ознак згідно з класифікаційним каталогом.
- 2.Класифікація відходів відповідно до небезпеки впливу на людину та навколишнє середовище.
3. Яке призначення має [Національний перелік відходів](#)?
4. Що означають цифрові позиції в кодї [Національного переліку відходів](#)?
5. З яких основних частин складається [Національний перелік відходів](#)?

### ЛІТЕРАТУРА

- 1.Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020. – с. 343.
2. Закон України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 року 2320-ІХ.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів».

## З М І С Т

ВСТУП.....	3
Практичне заняття № 1. Переробка відходів металургійної промисловості.....	5
Практичне заняття № 2. Визначення ефекту використання вторинних матеріалів в металургійному виробництві.....	8
Практичне заняття № 3. Технологічні процеси переробки відходів ливарного виробництва.....	13
Практичне заняття № 4. Особливості видалення відходів які містять вологу і мастила.....	17
Практичне заняття № 5. Очищення і використання промислових відхідних газів.....	21
Практичне заняття № 6. Особливості технологій переробки і очищення стічних вод.....	27
Практичне заняття № 7. Технології переробки твердих побутових відходів.....	33
Практичне заняття № 8. Визначення коду відходу на основі Національного класифікатора відходів.....	38

*Кузик Олександр Володимирович  
Кропивна Альона Володимирівна*

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

### **«УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ»**

для студентів денної та заочної форми навчання

освітня програма 101 Екологія

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 60x90/16. Папір офсет.

Друк різнограф. Ум.др.арк. Тираж 100 Зам. №

---