

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації  
та технологій виготовлення матеріалів**

**Е.С. Геворкян, О.М. Мельник**

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ  
ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Конспект лекцій*

**Харків – 2015**

Геворкян Е.С., Мельник О.М. Ресурсозберігаючі матеріали та технології виготовлення деталей транспортного призначення: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 66 с.

Розглянуто перспективи та основні напрямки ресурсозбереження у промисловості, організаційно-економічні механізми забезпечення маловідходності та безвідходності виробництв. Висвітлено стан ресурсозбереження в Україні щодо різних галузей промисловості, наведено технології утилізації відходів та зберігання енергії за допомогою відновлювальних джерел та інноваційних методів.

Рекомендується для самостійного вивчення дисципліни з курсу «Ресурсозберігаючі матеріали та технології виготовлення деталей транспортного призначення» студентами механічного факультету усіх форм навчання.

Іл. 10, табл. 2, бібліогр.: 10 назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 2 березня 2015 р., протокол № 17.

Рецензент

проф. Л.А. Тимофєєва

Геворкян Е.С., Мельник О.М.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ  
ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Конспект лекцій*

Відповідальний за випуск Геворкян Е.С.

Редактор Буранова Н.В.

---

Підписано до друку 30.03.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 3,00. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації  
та технології виготовлення матеріалів**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**для самостійного вивчення дисципліни з курсу**

**«РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ»**

**Харків – 2015**

Геворкян Е.С., Мельник О.М. Ресурсозберігаючі матеріали та технології виготовлення деталей транспортного призначення: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – с.

Розглянуто перспективи та основні напрямки ресурсозбереження у промисловості, організаційно-економічні механізми забезпечення маловідходності та безвідходності виробництв. Висвітлено стан ресурсозбереження в Україні щодо різних галузей промисловості, наведено технології утилізації відходів та зберігання енергії за допомогою відновлювальних джерел та інноваційних методів.

Рекомендується для студентів механічного факультету усіх форм навчання.

Іл. 10, табл. 2, бібліогр.: 10 назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 2 березня 2015 р., протокол № 17.

Рецензент

проф. Л.А.Тимофєєва

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
.....	
<b>ЛЕКЦІЯ 1.</b> Актуальність і вагомість маловідходних та ресурсозберігаючих технологій, їх місце і роль у концепції стійкого розвитку біосфери.....	5
1.1 Маловідходна технологія.....	5
1.2 Ресурсозберігаючі технології.....	1
.....	0
<b>ЛЕКЦІЯ 2.</b> Сутність резервів ресурсозбереження на підприємстві. Основні напрямки політики ресурсозбереження у промисловості.....	1
2.1 Напрями ресурсозбереження.....	2
2.2 Проблеми ресурсозбереження в Україні.....	1
2.2.1 Утилізація промислових відходів як вирішення енергетичних та екологічних проблем.....	2
2.2.2 Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу.....	3
...	2
2.2.3 Утилізація відходів металургійного комплексу.....	6
2.2.4 Утилізація відходів хімічного виробництва.....	2
2.2.5 Утилізація відходів переробки деревини.....	7
.....	9
<b>ЛЕКЦІЯ 3.</b> Порошкова металургія і напрямки її ефективного використання.....	2
...	9
3.1 Основні поняття в порошковій металургії.....	3
3.2 Перспективи розвитку порошкової.....	1

металургії.....	
<b>ЛЕКЦІЯ 4.</b> Технологія утилізації відходів виробництва як вторинних енергетичних і матеріальних ресурсів.....	4 0 4
<b>ЛЕКЦІЯ 5.</b> Механічна обробка і напрямки її маловідходності та ресурсозбереження.....	9 5 4
<b>ЛЕКЦІЯ 6.</b> Концепція Третьої промислової революції.....	6
<b>ЛЕКЦІЯ 7.</b> Енергозберігаючі технології. Вітроенергетика.....	0 66
<b>ЛЕКЦІЯ 8.</b> Енергетичні установки на базі паливних елементів.....	
.....	
<b>СПИСОК</b>	
<b>ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	

## ВСТУП

Науково-технічний прогрес – це безперервний процес відкриття нових знань і застосування їх у суспільному виробництві, що дає можливість по-новому з'єднувати і комбінувати наявні ресурси в інтересах збільшення випуску високоякісних кінцевих продуктів при найменших витратах.

У широкому розумінні на будь-якому рівні – від фірми до національної економіки – під науково-технічним прогресом мається на увазі створення і впровадження нової техніки, технології, матеріалів, використання нових видів енергії, а також поява раніше невідомих методів організації та управління виробництвом.

У міру розвитку сучасного виробництва з його масштабністю і темпами зростання все більшої актуальності набувають проблеми розроблення та впровадження мало- і безвідходних технологій. Вирішення цих завдань у ряді країн розглядається як стратегічний напрям раціонального використання природних ресурсів і охорони навколишнього середовища.

На багатьох підприємствах, особливо на великих заводах (наприклад, з виробництва залізобетону), йдуть величезні ресурсні витрати, у зв'язку з чим для підвищення рентабельності та зменшення витрат їм необхідна економія палива, енергії, необхідних матеріалів. На таких підприємствах одним із завдань має бути впровадження ресурсозберігаючих технологій.



## **ЛЕКЦІЯ 1**

### **Актуальність і вагомість маловідходних та ресурсозберігаючих технологій, їх місце і роль у концепції стійкого розвитку біосфери**

#### **1.1 Маловідходна технологія**

Принципово новий підхід до розвитку будь-якого виробництва – створення маловідходної і безвідходної технології.

Поняття безвідходної технології, відповідно до Декларації Європейської економічної комісії ООН (1979), означає практичне застосування знань, методів і засобів з тим, щоб у межах потреб людини забезпечити найбільш раціональне використання природних ресурсів і захистити навколишнє середовище.

У 1984 р. ця ж комісія ООН прийняла більш конкретне визначення даного поняття: «Безвідходна технологія являє собою такий спосіб виробництва продукції, при якому вся сировина і енергія використовуються найбільш раціонально і комплексно в циклі: сировинні ресурси, виробництво, споживання, вторинні ресурси, і будь-які дії на навколишнє середовище не порушують її нормального функціонування».

Це формулювання не можна сприймати абсолютно, тобто не треба думати, що виробництво можливе без відходів. Уявити собі абсолютно безвідходне виробництво просто неможливо, оскільки воно суперечить другому початку термодинаміки (другим початком термодинаміки вважається отримане дослідним шляхом твердження про неможливість побудови періодично діючого пристрою, який здійснює роботу за рахунок охолодження одного джерела теплоти, тобто вічного двигуна другого роду). Однак відходи не мають порушувати нормальне функціонування природних систем. Іншими словами, ми повинні виробити критерії непорушного стану природи. Створення безвідходних виробництв належить до вельми складного і тривалого процесу, проміжним етапом якого є маловідходне виробництво. Під маловідходним виробництвом слід розуміти таке виробництво, результати якого при впливі їх на навколишнє середовище не перевищують рівня, допустимого санітарно-гігієнічними нормами. При цьому з технічних, економічних, організаційних чи

інших причин частина сировини і матеріалів може переходити у відходи і спрямовуватися на тривале зберігання або захоронення. На сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу маловідходна технологія є найбільш реальною.

Принципами для становлення маловідходного або безвідходного виробництва мають бути:

1 *Принцип системності* – найголовніший. Відповідно до нього кожен окремий процес або виробництво розглядається як елемент динамічної системи всього промислового виробництва в регіоні (територіально-виробничого комплексу – ТВК) і на більш високому рівні як елемент еколого-економічної системи в цілому, що включає, крім матеріального виробництва та іншої господарсько-економічної діяльності людини, природне середовище (популяції живих організмів, атмосферу, гідросферу, літосферу, біогеоценози, ландшафти), а також людину і середовище її проживання.

2 *Комплексність використання ресурсів*. Цей принцип вимагає максимального використання всіх компонентів сировини і потенціалу енергоресурсів. Як відомо, практично вся сировина є комплексною, і в середньому більше третини її кількості складають супутні елементи, які можуть бути вилучені лише при її комплексній переробці. Так, уже в даний час майже все срібло, вісмут, платина і платиноїди, а також понад 20 % золота отримують попутно при переробці комплексних руд.

3 *Приведення комплексного економічного використання сировини в Україні у ранг державного завдання*, яке чітко сформульоване у низці постанов уряду. Конкретні форми його реалізації в першу чергу будуть залежати від рівня організації безвідходного виробництва на стадії процесу, окремого виробництва, виробничого комплексу та еколого-економічної системи.

4 *Циклічність матеріальних потоків*. До найпростіших прикладів циклічних матеріальних потоків можна віднести замкнуті водо- і газооборотні цикли. Зрештою послідовне застосування цього принципу має привести до формування спочатку в окремих регіонах, а згодом і в усій техносфері свідомо організованого і регульованого техногенного кругообігу речовини і пов'язаних з ним перетворень енергії.

5 Вимога обмеження впливу виробництва на навколишнє природне і соціальне середовище з урахуванням планомірного і цілеспрямованого зростання його обсягів та екологічної досконалості. Цей принцип у першу чергу пов'язаний зі збереженням таких природних і соціальних ресурсів, як атмосферне повітря, вода, поверхня землі, рекреаційні ресурси, здоров'я населення.

6 *Раціональність організації маловідходних і безвідходних технологій.* Визначальними тут є вимога розумного використання всіх компонентів сировини, максимального зменшення енерго-, матеріало- і трудомісткості виробництва та пошук нових екологічно обґрунтованих сировинних і енергетичних технологій, з чим багато в чому пов'язане зниження негативного впливу на навколишнє середовище і завдання йому шкоди, включаючи суміжні галузі народного господарства.

У всій сукупності робіт, пов'язаних з охороною навколишнього середовища та раціональним освоєнням природних ресурсів, необхідно виділити головні напрямки створення мало- і безвідходних виробництв. До них належать комплексне використання сировинних і енергетичних ресурсів; удосконалення існуючих і розроблення принципово нових технологічних процесів і виробництв і відповідного обладнання; впровадження водо- і газооборотних циклів (на базі ефективних газо- і водоочисних методів); кооперація виробництва з використанням відходів одних виробництв як сировини для інших і створення безвідходних ТВК.

На шляху вдосконалення існуючих і розробки принципово нових технологічних процесів необхідне дотримання ряду загальних вимог:

- здійснення виробничих процесів при мінімально можливій кількості технологічних стадій (апаратів), оскільки на кожній з них утворюються відходи і витрачається сировина;
- застосування безперервних процесів, що дають змогу найбільш ефективно використовувати сировину та енергію;
- збільшення (до оптимуму) одиничної потужності агрегатів;
- інтенсифікація виробничих процесів, їх оптимізація та автоматизація;

- створення енерготехнологічних процесів. Поєднання енергетики з технологією дає можливість повніше використовувати енергію хімічних перетворень, економити енергоресурси, сировину і матеріали та збільшувати продуктивність агрегатів. Прикладом такого виробництва служить великотоннажне виробництво аміаку за енерготехнологічною схемою.

Є деякі напрямки і розробки безвідходної і маловідходної технології в окремих галузях промисловості.

### 1 Енергетика.

В енергетиці необхідно ширше використовувати нові способи спалювання палива, наприклад, такі, як спалювання в киплячому шарі, яке сприяє зниженню вмісту забруднювальних речовин у відхідних газів, впровадження розробок з очищення газових викидів від оксидів сірки та азоту; домагатися експлуатації пилоочисного обладнання з максимально можливим ККД, при цьому золу, яка утворюється, ефективно використовувати як сировину при виробництві будівельних матеріалів і в інших виробництвах.

### 2 Гірнична промисловість.

У гірничій промисловості застосовувати повну утилізацію відходів, як при відкритому, так і при підземному способі видобутку корисних копалин; ширше застосовувати геотехнологічні методи розробки родовищ корисних копалин; використовувати безвідходні методи збагачення і переробки природної сировини на місці її видобутку; ширше застосовувати гідрометалургійні методи переробки руд.

### 3 Металургія.

У чорній і кольоровій металургії при створенні нових підприємств та реконструкції діючих виробництв є необхідним упровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують економне, раціональне використання рудної сировини: залучення в переробку газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва, зниження викидів шкідливих речовин з газами і стічними водами; переробка в повному обсязі всіх доменних і феросплавних шлаків, а також істотне збільшення масштабів переробки сталеплавильних шлаків і шлаків кольорової металургії; різке скорочення витрат свіжої

води і зменшення стічних вод шляхом подальшого розвитку та впровадження безводних технологічних процесів і безстічних систем водопостачання; розробка і широке впровадження на металургійних підприємствах високоефективного очисного обладнання, а також апаратів контролю різних параметрів забрудненості навколишнього середовища.

#### 4 Хімічна та нафтопереробна промисловість.

У хімічній та нафтопереробній промисловості в більших масштабах необхідно використовувати в технологічних процесах: окислення і відновлення із застосуванням кисню, азоту та повітря; електрохімічні методи, мембранну технологію розділення газових і рідинних сумішей; біотехнологію, включаючи виробництво біогазу із залишків органічних продуктів, а також методи радіаційної, ультрафіолетової, електроімпульсної та плазмової інтенсифікації хімічних реакцій.

#### 5 Машинобудування.

У машинобудуванні в галузі гальванічного виробництва слід направляти науково-дослідну діяльність і розробки на водоочищення, переходити до замкнутих процесів рециркуляції води і вилучення металів із стічних вод; у галузі обробки металів ширше впроваджувати отримання деталей з прес-порошків.

#### 6 Паперова промисловість.

У паперовій промисловості необхідно в першу чергу впроваджувати розробки щодо скорочення на одиницю продукції витрати свіжої води, віддаючи перевагу створенню замкнутих і безстічних систем промислового водопостачання; максимально використовувати екстрагуючі з'єднання, що містяться в деревній сировині для отримання цільових продуктів; удосконалювати процеси з відбілювання целюлози за допомогою кисню і озону; поліпшувати переробку відходів лісозаготівель біотехнологічними методами в цільові продукти; забезпечувати створення потужностей з переробки паперових відходів, у тому числі макулатури.

#### 7 Транспорт.

Необхідне впровадження екологічно чистих видів палива (газу, неетиллованих бензинів), пристроїв каталітичного допалювання і уловлювання шкідливих речовин, широке впровадження електромобілів.

## 8 Холодильна техніка і техніка кондиціонування.

Необхідно переходити від хладагентів на базі хлоровмісних вуглеводнів (фреонів), що руйнують озоновий шар, до ознобезпечних сумішей, що складаються тільки з фторовуглеводнів.

### 1.2 Ресурсозберігаючі технології

Ресурсозбереження – виробництво та реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини і енергії на всіх етапах виробничого циклу і з найменшим впливом на людину і природні екосистеми. Дана технологія, як зрозуміло з її назви, покликана зберігати ресурси.

Існують деякі рекомендації з організації ресурсозберігаючих технологій, а саме:

- усі виробничі процеси мають здійснюватися при мінімальній кількості технологічних етапів, оскільки на кожному з них утворюються відходи і втрачається сировина;

- технологічні процеси мають бути безперервними, що надасть змогу найбільш ефективно використовувати сировину;

- одинична потужність технологічного обладнання має бути оптимальною, що відповідає максимальному коефіцієнту корисної дії та мінімальним втратам;

- при розробленні нового технологічного обладнання необхідно передбачати широке використання автоматичних систем на базі комп'ютерної техніки, що забезпечують оптимальне ведення технологічних процесів;

- теплота, що виділяється в різних технологічних процесах, має бути корисно використана, що дасть можливість заощадити енергоресурси та сировину.

Ресурсозберігаючі технології вкрай важливі в чорній та кольоровій металургії. Вони дають можливість збільшити інтенсивність процесу переробки сировини, зменшити витрату енергоносіїв, знизити обсяг відхідних газів і шкідливе навантаження на навколишнє середовище.

Проблема економії енергоресурсів виникла у другій половині ХХ століття. Останніми роками до її вирішення почали підходити на науковій основі – комплексно і всебічно. Бездумне

витрачання природних ресурсів: вугілля, нафти, газу, вирубка лісів (використання деревини як сировини для промисловості), постійно зростаюче споживання енергії – все це населення планети витрачає на свої побутові потреби, а промисловість, що бурхливо розвивається, – на технічні.

Загострення цієї проблеми сприяло підвищенню цін на нафту і газ міжнародними нафтовими концернами, що їм дало змогу різко збільшити свої прибутки. Розрослася так звана енергетична криза. Сьогодні як ніколи постає питання про економію енергоресурсів та раціональне їх використання в усіх сферах людського життя.

Будівництво – це також одна з найбільших галузей, що належить до великих споживачів матеріальних ресурсів, і в першу чергу цементу, металу, лісоматеріалів, палива і електроенергії. Одним із найважливіших завдань є економне їх витрачання при виробництві будівельних матеріалів і конструкцій.

В останнє десятиліття проблема економії ресурсів особливо загострилася і стала однією з причин довгобуду, незавершеного будівництва та його низької якості. Сьогодні для повного задоволення потреби в основних будівельних матеріалах довелося б побудувати сотні нових заводів, піти на величезні капіталовкладення у розвиток будівельної індустрії. Відмовитися від будівництва нових підприємств неможливо, однак це не єдиний шлях, щоб покінчити з дефіцитом будівельних матеріалів. Необхідно здійснити технічне переозброєння або реконструкцію діючих підприємств – перевести їх на ресурсозберігаючі технології, раціонально організувати роботи на будмайданчиках, закладати в проекти прогресивні технології, конструкції, матеріали та методи виконання робіт, навести порядок з транспортуванням та зберіганням матеріалів. Якщо все це здійснити, то витрату ресурсів, насамперед цементу, можна істотно скоротити і практично ліквідувати їх дефіцит.

## **ЛЕКЦІЯ 2**

### **Сутність резервів ресурсозбереження на підприємстві. Основні напрямки політики ресурсозбереження у промисловості**

#### **2.1 Напрями ресурсозбереження**

Проблема ресурсозбереження, залишаючись однією з найважливіших в усіх країнах, стає пріоритетною і в Україні. Сам термін «ресурси» трактується досить широко. Ресурси (від франц. Ressource – допоміжний засіб) – це цінності, запаси, можливості, кошти, джерела коштів, доходів (наприклад, економічні ресурси).

В іншому джерелі під поняттям «економічні ресурси» маються на увазі всі природні, людські та вироблені людиною ресурси, які використовуються для виробництва товарів і послуг.

Таким чином, ресурси в найзагальнішому розумінні являють собою вжиті і ймовірні джерела задоволення потреб суспільства.

У процесі господарської діяльності підприємства ресурсам належить одне з центральних місць, тому питання визначення їх оптимального співвідношення в даний час є дуже актуальним. Актуальність даного напрямку в управлінні підприємствами обумовлюється ще й тим, що в процесі господарської діяльності практично всі вони стикаються з проблемою дефіциту ресурсів, що викликає необхідність ефективного і раціонального їх використання.

В умовах загострення конкуренції між суб'єктами господарювання їх діяльність передбачає моніторинг ринкової ситуації з метою управління всіма складовими процесів виробництва і реалізації продукції, що випускається. Виробництво як процес створення матеріальних благ, необхідних для задоволення різноманітних потреб, забезпечується на основі різного поєднання факторів виробництва. За результатами моніторингу відомості про ринкову ситуацію і дані про можливості підприємства щодо наповнення ринку своєю продукцією є для організації виробництва вихідними даними, які визначають предмет виробництва, його конструктивні і технологічні особливості, конкурентоспроможність, ціну та інші характеристики. У сукупності ці дані дають змогу прогнозувати



масштаб і тип виробництва, ефективність відтворювального процесу, що залежить від кількості ресурсів, споживаних на кожній його фазі.

Таким чином, сучасна ситуація в економіці зумовлює не тільки доцільність, але й необхідність її просування до ресурсозберігаючого типу відтворення, який вимагає підвищення ефективності використання всіх без винятку видів ресурсів: матеріальних, енергетичних, техніко-технологічних, фінансових, інформаційних, трудових, інтелектуальних. У даному контексті ресурсозбереження є важливим інструментом підвищення ефективності виробництва і збільшення прибутку. Основою для цього є виконання таких взаємопов'язаних вимог:

- вимог з ресурсоутримання, які визначають властивості продукції, обумовлені наявністю в її складі матеріальних та енергетичних ресурсів;

- вимог щодо ресурсомісткості, які спрямовані на досягнення оптимальних витрат матеріальних та енергетичних ресурсів при виробництві, ремонті й утилізації продукції, а також при виконанні різних робіт і наданні послуг;

- вимог щодо ресурсомісткості, що визначають показники ресурсоспоживання та ресурсозбереження, що включають конструктивно-технологічні властивості продукції (у тому числі показники, що зумовлюють фактичне споживання матеріальних та енергетичних ресурсів на стадії виготовлення продукції);

- вимог з ресурсоекономічності, що визначають оптимальну витрату матеріальних та енергетичних ресурсів при експлуатації, ремонті й утилізації продукції. Дана оптимізація забезпечується визначенням матеріаломісткості та енергоємності продукції.

При цьому матеріаломісткість продукції являє собою відношення вартості загального обсягу матеріальних ресурсів, спожитих на виробництво продукції, до вартості продукції в цілому, а енергоємність визначається кількістю енергії, необхідної для отримання одиниці продукції.

ГОСТ 52104-2003 визначає ресурсозбереження як організаційну, економічну, технічну, наукову, практичну та інформаційну діяльність, методи, процеси, комплекс організаційно-технічних заходів та заходів, які супроводжують

усі стадії життєвого циклу об'єктів і спрямовані на раціональне використання та економне витрачання ресурсів.

Таким чином, ресурсозбереження слід розуміти як процес зниження матеріаломісткості та енергоємності одиниці продукції, скорочення втрат у виробництві та експлуатації, збільшення виходу кінцевої продукції шляхом реалізації в діяльності підприємства досягнень науково-технічного прогресу і застосування сучасних методів управління.

У цьому зв'язку ресурсозберігаюча політика підприємства має включати в себе розроблення і реалізацію комплексу заходів з технічного, економічного, фінансового і правового аспектів раціонального використання та економного витрачання різних видів ресурсів при безпечному впливі на людину і навколишнє середовище.

Значна економія ресурсів на промислових підприємствах може бути досягнута шляхом використання сучасних технологій і новітнього устаткування, а можливості їх впровадження визначаються рівнем розвитку виробництва на підприємстві. Крім того, реалізація ресурсозберігаючої політики має підтримуватися виконавчою владою в регіоні через розроблення та затвердження відповідних цільових програм, а це означає, що ресурсозберігаюча політика підприємства може бути визначена як послідовність реалізації низки інвестиційних проектів.

Управління ресурсами підприємства вимагає створення єдиного комплексу планування діяльності всіх основних служб. На жаль, поняття ресурсів найчастіше трактується занадто однобічно, а саме, до уваги беруться тільки фінанси. Тут не слід забувати про те, що фінанси – це тільки один з ресурсів, що вимагає управління, а фінансові показники лише відображають стан підприємства і рівень керованості ресурсами в його рамках. У цілому ж під поняттям «ресурси підприємства» слід розглядати практично все, чим воно оперує у своїй діяльності: люди, машини, матеріали, інструменти, фінанси.

У літературі, присвяченій питанням економіки підприємства, найчастіше фігурує поняття «економія матеріальних ресурсів», проте в сучасних умовах господарювання більш точним слід визнати раціональне використання ресурсів на конкурентоспроможному рівні.

Економія матеріальних ресурсів у рамках промислового підприємства була притаманна адміністративно-командній системі господарювання, а норми щодо економії та величина витрат матеріальних ресурсів на підприємстві встановлювалися для підприємств у директивному порядку на рівні держави. В результаті основна діяльність з ресурсозбереження була спрямована лише на економію матеріальних ресурсів, що призводило до зниження обсягу споживання матеріальних ресурсів на одиницю продукції і негативно позначалося на якості продукції.

Часті збої в матеріально-технічному забезпеченні обумовлювали збільшення виробничих запасів, що викликало завищення норм витрат. Нерідко траплялися випадки, коли на підприємствах використовували різні норми: одні – для обґрунтування потреб у ресурсах, а інші – для регулювання витрати ресурсів у виробництві.

Під економією матеріальних ресурсів розумілося скорочення їх витрати на виробництво одиниці продукції або всього обсягу робіт у порівнянні зі встановленими нормами або фактичною витратою в базисному періоді, а завданням економного використання було раціональне споживання, усунення непродуктивних витрат і втрат, зниження витрат у розрахунку на одиницю продукції, випуск більшого обсягу продукції з найменшими матеріальними витратами.

У сучасній економічній ситуації формування та реалізація ресурсозберігаючої політики на рівні підприємства – складний процес, в основі якого лежать три фактори:

- підприємство має повну самостійність у господарській діяльності;
- стратегія державної ресурсозберігаючої політики формується на рівні держави, а галузевої – на рівні галузі;
- реалізується державна і галузева ресурсозберігаюча політика на рівні конкретного підприємства.

Цим зумовлюється важливість і складність процесів узгодження державного та підприємницького інтересів. На рівні підприємства фокусуються практично всі проблеми процесу ресурсозбереження та пошук шляхів їх вирішення.

Сформовані сьогодні умови господарювання вимагають кардинальної зміни системи державного регулювання витрат матеріальних ресурсів, що діяла до теперішнього часу. Її основні негативні риси полягають у громіздкості системи директивних норм, нормативів та інших показників витрат матеріальних ресурсів, які обмежують самостійність підприємств у маневруванні ресурсами; в економічній та психологічній зацікавленості підприємств у завищенні норм і нормативів витрати матеріальних ресурсів; у ненадійності організації матеріально-технічного постачання.

Об'єктивна необхідність зміни системи планового розподілу матеріальних ресурсів була обумовлена тим, що вона не відповідала принципам, цілям і завданням функціонування народного господарства в умовах ринкової економіки. У даний час внутрішньогалузеві і внутрішньовиробничі пропорції встановлюються об'єднаннями та підприємствами під впливом ринку на основі прямих виробничих зв'язків між постачальниками і споживачами продукції, а також за допомогою оптових посередників. У цих умовах істотно змінилися принципи і методи державного регулювання витрати матеріальних ресурсів, які включають цілеспрямовану систему оподаткування, державні закупівлі, преференції, а, у виняткових випадках, дотації та субсидії.

Таким чином, необхідність ресурсозбереження, насамперед, обумовлюється вимогами конкурентоспроможності і, внаслідок цього, є об'єктивною для учасників ринку. Ресурсозбереження в даному випадку виступає як елемент механізму ринкового саморегулювання, який неминуче вимагає управління.

Управління ресурсозбереженням має являти собою комплексний процес, пов'язаний з управлінням якістю продукції, транспортуванням і зберіганням, а також з екологією, оскільки джерелом усіх ресурсів, у тому числі матеріальних, є природа.

З проблемою підвищення якості продукції проблема управління ресурсозбереженням пов'язана безпосередньо. По-перше, підвищення якості продукції є одним з резервів економії ресурсів у сфері її споживання завдяки поліпшенню споживчих властивостей товару.

По-друге, якість виробу характеризується в загальному випадку здатністю реалізації його основних функцій. Функціональні показники якості продукції, що характеризують її відповідність призначенню являють собою критерії оцінки витрат усіх видів, оскільки їх співвідношення визначає ефективність створеної і експлуатованої техніки. Це, у свою чергу, накладає обмеження на вибір раціональних ресурсозберігаючих інженерних рішень, прийнятих щодо конструкції в період дослідно-конструкторських робіт. Наприклад, вимоги до надійності виробу спрямовані на забезпечення заданих функцій в експлуатації шляхом збереження в часі встановлених значень усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати ці функції.

Реалізація таких вимог у конструкції виробу тягне за собою певні трудові, матеріальні та енергетичні витрати у виробництві і використання за призначенням виробу, підтримку і відновлення його працездатності в процесі технічного обслуговування і ремонту. У зв'язку з цим, слід приймати рішення з ресурсозбереження спільно із забезпеченням показників надійності продукції, які характеризують її безвідмовність, ремонтпридатність, збережність властивостей і довговічність. Необхідно враховувати безпосередній зв'язок показників надійності з ресурсозберігаючими показниками, бо низький рівень показників надійності тягне за собою збільшення витрат матеріальних ресурсів у сфері споживання в процесі експлуатації продукції.

Надання продукції ергономічних і естетичних властивостей пов'язано з пошуком оптимального поєднання раціональних форм виробу і його технологічно раціонального конструктивного виконання, що також визначає рішення задач ресурсозбереження.

Фактори, що визначають транспортабельність продукції, істотно впливають на витрати праці, матеріалу та енергії при заданих умовах виконання робіт у всіх сферах прояву цих витрат, що, безсумнівно, впливає на вирішення проблеми ресурсозбереження.

Рівень шкідливих впливів продукції підприємства на навколишнє середовище і людину, що виникають при виробництві, експлуатації та ремонті, залежить від прийнятих

при розробленні конструкції виробу інженерних рішень, технологічних рішень при виготовленні продукції, а також обсягу інвестицій в основний капітал, спрямованих на охорону навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Такі рішення впливають на витрати всіх видів ресурсів у всіх сферах прояву властивостей виробу, тому забезпечення ресурсозбереження слід також розглядати як комплексну задачу створення виробу високої якості.

Таким чином, найважливішими компонентами стратегії поведінки підприємств на ринку є стратегії ресурсозбереження, підвищення якості товарів і технічного розвитку.

Насамперед зусилля підприємства мають бути спрямовані на забезпечення ресурсоспоживання на рівні, що забезпечує конкурентоспроможність виробленої продукції. Дану вимогу має задовольняти відповідний організаційно-економічний механізм та діяльність усіх підрозділів і служб підприємства.

Відповідальні за організацію ресурсозбереження підрозділи і посадові особи повинні здійснювати оперативний контроль з метою запобігання можливих відхилень від намічених умов, параметрів, термінів їх виконання.

У період розроблення заходів з ресурсозбереження і після завершення їх реалізації відповідні структури, відповідно до покладених на них функцій, мають дати оцінку доцільності та ефективності даних заходів, на підставі чого можуть бути прийняті різні технічні, управлінські та інші рішення з проведення або скасування конкретних заходів, коригування програми в цілому, а також проводяться аналітичні дослідження, необхідні для початку нового циклу робіт з ресурсозбереження.

У даний час мало вітчизняних підприємств, у яких досить оборотних коштів, і одночасно мало підприємств, у яких не було б незавершеного виробництва і матеріалів на складах.

Незавершене виробництво і матеріали на складах – це гроші, вилучені з обігу і такі, що не дають можливості оновити обладнання, придбати необхідні комплектуючі, виплатити вчасно заробітну плату і сплатити податки.

Крім того, на багатьох підприємствах є надлишкове обладнання, найчастіше продукція виробляється з великими витратами на старому обладнанні.

Не завжди ефективно здійснюється постачання, – коли визначаються потреби виробництва на рік і здійснюється закупівельна кампанія з надходженням запасів на склади з майже річним випередженням. Постачання не встигає реагувати на постійну зміну виробничої програми, що в результаті призводить до зриву графіків виробництва.

Сьогодні, коли зростання прибутку підприємства вже неможливо забезпечити екстенсивними способами, зниження витрат виробництва стає головним напрямком у збільшенні прибутковості функціонування підприємства. Тому зниження ресурсомісткості продукції та її складових, формування та реалізація ресурсозберігаючої політики на всіх рівнях управлінської ієрархії має стати одним із ключових векторів підвищення ефективності виробництва.

Найважливішою складовою виробництва є матеріальні ресурси, використання яких призводить до зростання матеріальних витрат у собівартості продукції. Однак у більшості вітчизняних підприємств вони становлять понад 50 % собівартості продукції, тому зниження матеріальних витрат є вкрай актуальною проблемою управління підприємством. Насамперед підприємствам з високою часткою матеріальних витрат у структурі собівартості продукції доцільно оптимізувати управління матеріальними потоками. Ефективні рішення в даній сфері можуть принести солідний ефект щодо оптимізації витрат, для чого необхідно проводити аналіз логістики закупівель, виробництва, збуту, внутрішніх пересувань матеріалів, виявити «вузькі місця» в управлінні запасами, забезпечити необхідні зміни.

Оскільки матеріальні витрати складають значну питому вагу витрат на виробництво промислової продукції, перевага на ринку буде належати підприємствам, які більш активно проводять політику ресурсозбереження. Тому ресурсозбереження є одночасно і фактором, і результатом розвитку ринкової економіки – конкуренція змушує підприємства незалежно від форми власності знижувати витрати виробництва, проводити активну політику зниження собівартості продукції, раціонально використовувати всі види ресурсів з метою збільшення прибутку. Отже, раціональне використання матеріальних ресурсів є однією

з найважливіших конкурентних переваг підприємств промисловості, а основні завдання реалізації ресурсозберігаючої політики полягають у такому:

- забезпечення конкурентоспроможності виробленої продукції;
- охорона природи і дотримання екологічних вимог;
- забезпечення раціонального використання матеріальних ресурсів на конкурентоспроможному рівні;
- ліквідація непродуктивних витрат матеріальних ресурсів, пов'язаних з випуском низькоякісної, технічно недосконалої і неконкурентоспроможної продукції;
- оптимізація структури ресурсоспоживання на основі впровадження нових проектних, конструкторських і технологічних рішень, що дають змогу підвищити комплектність використання матеріальних ресурсів, застосування економічних і нетрадиційних видів матеріалів та джерел енергії;
- розширення застосування вторинних ресурсів і попутних продуктів, організація повної переробки виробничих відходів і матеріалів, збільшення збору та утилізації побутових відходів;
- скорочення втрат матеріальних ресурсів на всіх етапах виробництва, при транспортуванні і зберіганні;
- прискорення оборотності оборотних коштів, скорочення сукупних запасів, вивільнення частини ресурсів у різних сферах виробництва для використання в подальших виробничих циклах.

Як вже було зазначено, найважливішою складовою виробництва є матеріальні ресурси, які і мають насамперед стати об'єктом управління, що може проявлятися в таких аспектах:

- управління матеріально-технічним забезпеченням відповідно до виробничо-технологічних вимог;
- управління матеріальними ресурсами під впливом економічних вимог, що означає досягнення за допомогою управлінських впливів максимальної віддачі від використаних ресурсів.

Процес підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів, узагальнення результатів техніко-економічного аналізу можуть бути систематизовані і впорядковані за допомогою виявлення і використання резервів ресурсозбереження. Тому ресурсозберігаюча діяльність



підприємства є процесом безперервним і здійснюється в кожному виробничому циклі при запуску вихідних матеріалів – до отримання та реалізації готової продукції.

Кожне підприємство – це складний господарський комплекс, що вимагає ретельного і детального вивчення. Тому ринкову поведінку підприємства не можна сприймати як таку, що має виключно реактивний характер, бо самі реакції обумовлені не тільки зовнішніми факторами, виступаючими подразниками, а й станом внутрішнього середовища підприємства. Разом з тим, наявна в даний час самостійність господарювання підприємств призвела до загострення безлічі управлінських проблем, що обумовлені саме станом внутрішнього середовища і вимагають негайного вирішення. Насамперед це застарілі технології, знос обладнання, низька виробнича дисципліна, інертний попит на інновації, зниження якості управління, зростання соціальної напруженості у трудових колективах, орієнтація на короткострокові цілі, зниження рівня кваліфікації кадрів та ін.

У зв'язку з цим питання про взаємозв'язки між макроекономічним та мікроекономічним рівнями в процесі функціонування підприємства і про механізми прийняття відповідних цьому рішень сьогодні вимагають відповіді. Перш за все, важливо встановити наявність у вітчизняних промислових підприємств необхідного ринкового потенціалу для роботи в умовах загострення конкуренції, виявити фактори, що впливають на виробничий процес, на забезпечення конкурентоспроможного рівня раціонального використання ресурсів, розроблення заходів щодо оздоровлення внутрішнього середовища підприємств і підвищення їх ринкового потенціалу, що в значній мірі визначає ресурсоспоживання і його конкурентоспроможний рівень.

Термін «потенціал» (від франц. Potential – той, що може бути) означає можливості соціально-економічної системи, що визначаються її внутрішніми ресурсами, які можуть бути мобілізовані для досягнення конкретних цілей за певних умов. При кількісній оцінці потенціалу демонструється рівень його фактичного використання при досягненні мети, який буде дорівнювати відношенню застосованих ресурсів до всього потенціалу.

У даному контексті доречно керуватися методикою Г.Б. Клейнера і розглядати ринковий потенціал підприємства як комплексне явище, що містить такі складові: потенціал споживчого попиту на продукцію підприємства; інвестиційний потенціал, що виражається в інвестиційній привабливості підприємства як об'єкта інвестицій; інноваційний потенціал як основа інвестиційної привабливості; соціальний потенціал у вигляді характеристики привабливості підприємства для ймовірної робочої сили.

Потенціал споживчого попиту, в цілому, залежить від особистого споживання людей, яке становить основу споживчого попиту (близько 63-64 %), оскільки придбання товарів та послуг є невід'ємною частиною повсякденного життя мешканців будь-якої країни. Крім того, є теорії споживчого попиту, засновані на поведінковому підході та аналізі чутливості споживача до ціни.

Під ціновою чутливістю покупця слід розуміти максимальне підвищення ціни, яке він приймає, не віддаючи перевагу товарам конкурентів і не відмовляючись від покупки. Чутливість споживача до ціни підвищує задоволеність покупця придбаною продукцією. Практична значимість для виробника такого підходу полягає в пошуку способів підвищення цієї чутливості.

Існує кілька важливих змінних цінової чутливості покупця: його задоволеність якістю товару та обслуговування, кількість альтернатив покупки, необхідність і можливість зміни постачальників, особлива зацікавленість споживача в продукті, оптимальна ціна. Наприклад, У.Е. Демінг приділяв увагу ще й такому фактору споживчого попиту, як очікування споживача. Споживач, порівнюючи між собою придбані продукти, навіть при своїй задоволеності може переключитися на іншого продавця, якщо він бачить пряму вигоду від даного переходу.

У цьому зв'язку характеристика мікроекономічної системи підприємства щодо ринкового потенціалу має базуватися на аналізі можливостей досягнення такої ключової внутрішньої мети, як сталий розвиток, узгоджений з динамікою зовнішнього середовища. Формування стратегії розвитку – це завжди питання змін, найчастіше, навіть радикальних. Пошук перспективних ідей і напрямів діяльності формує необхідну базу для прийняття оптимального рішення, будь то вибір товарного асортименту для

виробництва в майбутньому або перспективних методів і технологій управління та виробництва.

Тут передбачається не тільки реакція на коливання попиту, але й участь у забезпеченні зростання його потенціалу, а також облік інших аспектів взаємодії підприємства із зовнішнім оточенням, які впливають на споживчий попит.

Таким чином, у даний час проблема управління ресурсозбереженням на промислових підприємствах ускладнюється індивідуалізацією всіх товарно-ресурсних компонентів економіки, коли кожен значущий компонент виявляється індивідуально відмінним від інших, унікальним і певною мірою незамінним, а вирішальною умовою для розвитку підприємств є можливість координації та узгодженості розглянутих вище складових ринкового потенціалу, які є взаємопов'язаними і взаємозалежними.

## **2.2 Проблеми ресурсозбереження в Україні**

Україна належить до числа індустріально-аграрних країн. До недавнього часу частка важкої промисловості складала близько 60 % валового внутрішнього продукту країни, що значно вище, ніж у західноєвропейських країнах, де цей показник досягає 35 %. Наявність і концентрація підприємств чорної і кольорової металургії, теплоенергетики, хімії та нафтохімії, гірничодобувної промисловості і цементних заводів, на яких зношення устаткування і комунікацій досягає 50-70 %, впливає на екологічну ситуацію багатьох міст. За статистикою, до 90 % газоподібних, рідких і твердих відходів утворюється в містах і близько 10 % – у сільській місцевості. У зв'язку з чим сьогодні гостро стоїть питання захоронення виробничих і побутових відходів. Причому встановлено, що складність проблеми пропорційна чисельності населення і промислового потенціалу міста. У металургії і теплоенергетиці для складування відходів використовується до 40 % території підприємства. Площі, зайняті кар'єрами, розрізами, місцями складування промислових і побутових відходів у вигляді відвалів, шлаконакопичувачів, териконів, звалищ до кінця ХХ сторіччя склали близько 8 % від загальної території України. З огляду на те, що відходи

виробництв, що забруднюють навколишнє природне середовище, можуть бути використані в народному господарстві, дуже актуальною у даний час є проблема їхньої утилізації.

### **2.2.1 Утилізація промислових відходів як вирішення енергетичних та екологічних проблем**

За рахунок використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів можна вирішити ряд таких важливих завдань, як економія сировини, запобігання забрудненню водою, ґрунту і повітряного басейну, збільшення обсягів виробництва деталей і виробів, освоєння випуску нових для підприємств товарів. Розвиток промисловості і зростання урбанізації в будь-якій країні неминуче призводить до екологічних проблем. За останні 15 років як у промислово розвинених, так і в країнах, що розвиваються, стратегія у галузі використання відходів піддалася істотним змінам. Головними причинами, що викликали необхідність такої зміни, стали забруднення навколишнього природного середовища та його негативний вплив на здоров'я населення, зміна екологічної політики і законодавства, вплив суспільного руху на захист навколишнього середовища. У промислово розвинених країнах політика у сфері використання відходів, головним чином, орієнтована на зменшення кількості відходів, що утворюються, і на розвиток методів їхньої утилізації, що може до 40 % знизити потік відходів, які направляються на захоронення, при порівняно невеликих витратах. Тому сьогодні у світі глобальним напрямком у сфері використання відходів є перехід від захоронення і спалювання до промислової переробки для подальшого використання. Згідно з чинним законодавством України, утилізація відходів – це використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів. Питання утилізації відходів виробництва і споживання останніми роками набувають вирішального значення для зниження антропогенного впливу на середовище проживання людини, а також у зв'язку із зростанням цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.

### **2.2.2 Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу**

У цій галузі відходи утворюються при видобутку, збагаченні і спалюванні вугілля. Відходи видобутку залежно від розробки називають розкривними або шахтними і вони складають значні обсяги, а тому і відвали займають великі площі земель, піддаються водній та вітровій корозії, забруднюючи прилеглу територію. Значну втрату завдає середовищу загоряння териконів, тому навколо відвалів влаштовують захисні зони, що призводить до збільшення площі відчужуваних земель. Тверді відходи вуглевидобутку використовують як низькосортне паливо. У світовій практиці відходи вуглевидобутку використовують для закладки вироблених шахтних просторів. Відходи вуглезбагачення утворюються при збагаченні вугілля для коксування, енергетичних та інших цілей і являють собою суміш осадових порід, часток вугілля і вугільно-мінеральних зростків. Відходи вуглезбагачення використовують як енергетичну сировину шляхом спалювання або газифікації, направляють на перезбагачення, отримують сірку, будівельні матеріали, при влаштуванні насипів, закладці підземних виробок, рекультивації земель. Золошлакові відходи утворюються при спалюванні твердого палива в топках теплових електростанцій при температурі 1200 – 1700 °С. Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для легких бетонів. У даний час золошлакові відходи широко використовуються в дорожньому будівництві, де їх застосовують як засипку при влаштуванні основи для асфальтобетонних покриттів. Золу використовують і як наповнювач для виробництва рулонних покрівельних матеріалів.

### **2.2.3 Утилізація відходів металургійного комплексу**

Основну масу відходів цього комплексу становлять породи видобутку, відходи збагачення руд, металургійні шлаки. Відходи видобутку залізної руди являють собою породи попутного видобутку, що, поряд з розробкою залізної руди, витягають і

складують у відвали. Основним напрямком утилізації цих відходів є використання їх для будування дамб, гребель, насипів, основ доріг, а також для виробництва будівельних матеріалів (як заповнювачі у важких і особливо важких бетонах). Відходи збагачення руди, так звані «хвости», утворюються при одержанні залізного концентрату методами електромагнітної чи магнітної сепарації і займають величезні площі. При цьому підтоплюються прилеглі території, забруднюються підземні води, що явно суперечить законодавству України. Основним напрямком використання «хвостів» є використання їх як вторинної сировини для виробництва будівельних матеріалів. Піски з відходів збагачення можуть використовуватися в штукатурних розчинах, при приготуванні бетонів, одержанні силікатної цегли.

Металургійні шлаки утворюються при виплавці металів і являють собою продукти високотемпературної взаємодії руди, порожньої породи, флюсів, палива. Основним споживачем шлаків є цементна промисловість. Ці шлаки також використовують для виробництва шлакової вати. З розплавлених металургійних шлаків відливають камені для бруківки доріг, бордюрний камінь, жаростійкі плити, труби та інші вироби.

#### **2.2.4 Утилізація відходів хімічного виробництва**

Через достатню різноманітність відходів цього виробництва розглянемо способи утворення і утилізації відходів виробництва і споживання пластмас, а також відходів виробництва і споживання гуми.

Відходи виробництва та споживання пластмас утворюються при приготуванні сировини у вигляді зливків, брил, бракованих волокон і при формуванні виробів у вигляді обрізків і браку. Відходи використовуються для виробництва того ж продукту або у виробі менш відповідального призначення. При утилізації без поділу за типами пластмас відходи подрібнюють, відокремлюють домішки, гранулюють і використовують для виробництва тари, підстилки, сувенірів, іграшок. Відходи синтетичних матеріалів легкої та інших галузей промисловості у вигляді волокон, пряжі, обрізків можуть використовуватися для очищення промислових

стічних вод. Пластмасові відходи відрізняються підвищеною стійкістю і довговічністю.

Відходи виробництва та споживання гуми утворюються в процесі виробництва гумотехнічних виробів, товарів народного споживання, у шинній промисловості й у процесі споживання. До них належать зношені покришки, гумові чоботи, відпрацьовані конвеєрні стрічки, приводні ремені, прогумована тканина. Найбільш цінними компонентами гумових відходів є каучук і тканини.

Відходи виробництва – невулканізовані і вулканізовані – відрізняються за цінністю і складністю переробки. Незважаючи на необмежені можливості переробки відходів виробництва гуми, значну частину їх вивозять на сміттєзвалища і спалюють. Тоді як цілком зношені автопокришки містять близько 75 % каучуку та інших цінних інгредієнтів. При піролізі гумових відходів при температурі 400 – 450 °С отримують гумові масла, що використовуються як кондиціонер при регенерації гумових відходів і в гумових сумішах. Іншим напрямком переробки гумових відходів є розмел їх у крихту.

### **2.2.5 Утилізація відходів переробки деревини**

Відходи деревини утворюються на всіх стадіях її заготівлі і переробки. Одним з основних способів переробки та утилізації відходів деревини є одержання штучної деревини – міцного матеріалу. Наявний далеко не повний перелік напрямків утилізації промислових відходів свідчить про широкі можливості їх використання в народному господарстві. Однак, незважаючи на різноманіття існуючих методів і технологій утилізації відходів, найбільш поширеним, як і раніше, залишається метод складування на спеціальних полігонах. Причина такого становища полягає в існуючому дефіциті бюджетних коштів, що не дає змоги вирішити проблему утилізації відходів виробництва і споживання. Сформована ситуація у сфері утилізації промислових відходів ускладнюється відсутністю спеціальних полігонів для їх захоронення. Найчастіше складування цих відходів здійснюється у не відведених для цього місцях з порушенням вимог санітарних правил, що, безсумнівно, впливає

на середовище існування і зокрема на стан підземних водоносних горизонтів, обумовлюючи тим самим еколого-гігієнічні проблеми утилізації відходів сучасних виробництв. Підвищеної уваги потребують питання використання й утилізації токсичних відходів. Тому при великому різноманітті технологічних рішень пріоритетними способами утилізації небезпечних відходів мають стати технології, що забезпечують: високу екологічну безпеку запропонованого технологічного процесу; утилізацію небезпечних відходів безпосередньо на місці їх скупчення; уніфіковану технологію для утилізації широкого діапазону небезпечних відходів, що мають різний хіміко-мінералогічний склад; максимально низьку енергоємність самого процесу утилізації; безвідходний технологічний процес; отримання вихідних продуктів, що мають комерційну цінність.

Щорічно в Україні утворюється близько мільярда тонн відходів виробництва і споживання, з яких не більше 10 % використовуються як вторинні матеріальні ресурси, а інші надходять на захоронення. На сучасному етапі розвитку людства однією з основних вимог стає бережливе ставлення до природних ресурсів. У зв'язку з чим, утилізація відходів, що утворюються в сфері виробництва і споживання, має найважливіше значення для вирішення екологічних проблем, а також раціонального ресурсоспоживання. Переробка відходів, що є в багатьох випадках цінною сировиною для виготовлення товарної продукції, економічно доцільна, якщо вартість отриманих виробів перевищує витрати на утилізацію. Широке застосування в усіх галузях народного господарства ресурсозберігаючих технологій може стати вирішальним фактором поліпшення екологічного стану в країні. Ці технології, які окупаються в короткий термін, у змозі забезпечити найбільший вихід кінцевого продукту в розрахунку на одиницю вихідної сировини. Однак залучення у виробничий процес вторинних матеріальних ресурсів при всій своїй доцільності сьогодні стримується економічними можливостями суспільства.



## ЛЕКЦІЯ 3

### Порошкова металургія і напрямки її ефективного використання

#### 3.1 Основні поняття в порошковій металургії

*Порошковою металургією* називають галузь техніки, що охоплює сукупність методів виготовлення порошків металів і металоподібних сполук, напівфабрикатів і виробів з них або їх сумішей з неметалевими порошками без розплавлення основного компонента.

З наявних різноманітних способів обробки металів порошковою металургії належить особливе місце, оскільки вона дає можливість отримувати не тільки вироби різних форм і призначень, а й створювати принципово нові матеріали, які іншим шляхом одержати або дуже важко або неможливо. У таких матеріалів можна отримати унікальні властивості, а в ряді випадків істотно підвищити економічні показники виробництва. При цьому способі в більшості випадків коефіцієнт використання матеріалу складає близько 100 %.

Порошкова металургія широко застосовується для різних умов роботи деталей виробів. Методами порошкової металургії виготовляють вироби, що мають спеціальні властивості.

*Основні переваги використання порошкової металургії:*

- знижує витрати на подальшу механічну обробку, яка може бути виключена або істотно зменшена. Отриманий готовий виріб є точним за формою і розмірами. Забезпечує високу якість поверхні виробу;

- використовує енерго- і ресурсозберігаючі технології. Зменшує кількість операцій у технологічному ланцюгу виготовлення продукту. Використовує більш ніж 97 % стартової сировини. Реалізує багато наступних складальних етапів ще на стадії спікання;

- дає змогу отримувати вироби з унікальними властивостями, використовуючи багатокомпонентні суміші, об'єднуючи металеві і неметалеві компоненти. Вироби різної пористості (фільтри) з регульованою проникністю, підшипники ковзання з ефектом самозмащування;

- отримує більш високі економічні, технічні та експлуатаційні характеристики виробів у порівнянні з традиційними технологіями.

- спрощує виготовлення виробів складної форми.

- забезпечує прецизійне виробництво та відповідність розмірів у серії виробів.

Порошки металів застосовували і в прадавні часи. Порошки міді, срібла і золота застосовували у фарбах для декоративних цілей у кераміці, живописі в усі відомі часи. При розкопках знайдено знаряддя із заліза давніх єгиптян (за 3000 років до нашої ери), знаменитий пам'ятник із заліза в Делі зараховується до 300 року нашої ери. До XIX століття не було відомо способів отримання високих температур (близько 1600-1800 °C). Зазначені предмети із заліза були виготовлені кричним методом: спочатку в горнах при температурі 1000 °C відновленням залізної руди вугіллям отримували крицю (губку), яку потім багато разів проковували в нагрітому стані, а завершували процес нагріванням у горні для зменшення пористості. У Київській Русі залізо отримували за 1400 років до нової ери.

З появою доменного виробництва від криці відмовилися і про порошкову металургію забули.

Заслуга відродження порошкової металургії та перетворення її в особливий технологічний метод обробки належить російським ученим П.Г. Соболевському і В.В. Любарському, які в 1826 році, за три роки до робіт англійця Воллстана, розробили технологію пресування і спікання платиного порошку.

Типова технологія виробництва заготовки виробів методом порошкової металургії включає чотири основні операції:

- 1) отримання порошку вихідного матеріалу;
- 2) формування заготовок;
- 3) спікання;
- 4) остаточну обробку.

Кожна із зазначених операцій значно впливає на формування властивостей готового виробу. У даний час використовують велику кількість методів виробництва металевих порошків, що дає можливість варіювати їх властивості та визначає якість і економічні показники.

Умовно розрізняють два способи виготовлення металевих порошків:

- 1) фізико-механічний;
- 2) хіміко-металургійний.

При фізико-механічному способі виготовлення порошків перетворення вихідного матеріалу в порошок відбувається шляхом механічного подрібнення у твердому або рідкому стані без зміни хімічного складу вихідного матеріалу. До фізико-механічних способів відносять дроблення і помел, розпорошення, грануляцію та обробку різанням подрібнюваного матеріалу. При хіміко-металургійному способі змінюється хімічний склад і агрегатний стан вихідного матеріалу. Основними методами при хіміко-металургійному виробництві порошків є: відновлення оксидів, електроліз металів, термічна дисоціація карбонільних сполук.

Для формування виробів з порошків застосовують такі способи: пресування в сталевій прес-формі, ізостатичне пресування, прокатку порошків, мундштучне пресування, шлікерне формування, динамічне пресування.

### 3.2 Перспективи розвитку порошкової металургії

Завдяки структурним особливостям продукти порошкової металургії більш термостійкі, краще переносять вплив циклічних коливань температури і напруги, а також ядерного опромінення, що дуже важливо для матеріалів нової техніки.

Порошкова металургія має і *недоліки*, які гальмують її розвиток:

- 1) порівняно висока вартість металевих порошків;
- 2) необхідність спікання в захисній атмосфері, що також збільшує собівартість виробів порошкової металургії;
- 3) складність виготовлення в деяких випадках виробів і заготовок великих розмірів;
- 4) складність отримання металів і сплавів у компактному стані;
- 5) необхідність застосування чистих вихідних порошків для отримання чистих металів.

Недоліки порошкової металургії і деякі її переваги не можна розглядати як постійно діючі фактори: значною мірою вони залежать від стану і розвитку як самої порошкової металургії, так і інших галузей промисловості.

У міру розвитку техніки порошкова металургія може витіснитися з одних галузей і, навпаки, завойовувати інші. Розвиток дугового, електронно-променевого, плазмового плавлення і електроімпульсного нагріву надав можливість отримувати недосяжні раніше температури, внаслідок чого питома вага порошкової металургії у виробництві дещо знизилася.

Разом з тим прогрес техніки високих температур ліквідував такі недоліки порошкової металургії, як, наприклад, труднощі приготування порошків чистих металів і сплавів: метод розпилення дає можливість з достатньою повнотою і ефективністю видалити в шлак домішки і забруднення, що містяться в металі до розплавлення. Завдяки створенню методів всебічного обтиску порошків при високих температурах в основному подолані і труднощі виготовлення безпористих заготовок великих розмірів.

У той же час ряд основних переваг порошкової металургії – постійно діючий фактор, який, ймовірно, збереже своє значення і при подальшому розвитку техніки (таблиця 1).

Розрахунки показують, що при виготовленні 1 тис. т порошкових виробів замість тих, що одержуються з литих заготовок:

1) вивільняється від 2 – 3 тис. т прокату, економічний ефект становить від 1 до 10 млн. дол. США. В основному це досягається за рахунок скорочення втрат металів до 5 – 7 %. (При металообробці лиття та навіть прокату в стружці втрачається до 60 – 70 % металу);

2) збільшується коефіцієнт використання металу у 2 – 3 рази;

3) вивільняється до 100 металорізальних верстатів і 150 – 200 робітників;

4) знижується трудомісткість виробництва. Замість 30 – 40 виробничих операцій виконується 4 – 6.

5) значно, на 50 – 90 %, зменшуються енерговитрати на випуск одиниці продукції.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика способів виробництва за показниками енерго- та матеріаловитрат

Спосіб виробництва	Коефіцієнт використання матеріалу	Енерговитрати, МДж/кг
Порошкова металургія	95 %	29
Точне лиття	90 %	30 – 38
Холодне штампування	85 %	41
Гаряче штампування	75 – 80 %	46 – 49
Обробка різанням	40 – 50 %	66 – 82

У соціальному аспекті порошкова металургія сприяє зниженню забруднення навколишнього середовища газами, шкідливими викидами, шлаками, тобто забезпечує більшу екологічну чистоту виробництва. Порошкова металургія практично не має альтернативи при отриманні нового покоління керамічних композиційних матеріалів.

Застосування порошкової металургії, її розвиток має важливе значення для всього світу. Передові країни світу, такі як США і Японія, щорічно інвестують і розширюють цю галузь промисловості (таблиця 2).

Таблиця 2 – Динаміка інвестицій у порошкову металургію

Країна	1964 р.	1974 р.	1984 р.	1994 р.
США	47 тис. т	118 тис. т	812 тис. т	2045 тис. т
Японія	4 тис. т	17 тис. т	106 тис. т	455 тис. т

Тобто виробництво спечених металів за період з 1964 по 1994 рр. у США збільшилось у 43,5 разу, а в Японії – в майже у 114 разів.

Нам необхідно вибрати такі технології, які ми візьмемо із собою у майбутнє. Безсумнівно, що порошкова металургія буде стояти однією з перших у цьому списку. В умовах глобального зростання населення, коли на світ з'явився шестимільярдний житель планети, порошкова металургія, яка дає найбільший

економічний ефект при досить масовому виробництві, має отримати потужний поштовх у розвитку.

Зі збільшенням масштабів випуску і вдосконаленням методів виготовлення порошків вирішуватимуться такі проблеми порошкової металургії, як, наприклад, дорожнеча вихідних матеріалів. При масовому виробництві витрати, пов'язані з необхідністю виготовлення індивідуальних пристроїв (прес-форм) для кожного виду деталей, скоротяться до мінімуму. З дослідженням і використанням на виробництві отримання чистих порошків розпиленням розплавленого заліза вирішені такі проблеми, як необхідність отримання достатньо чистих вихідних матеріалів. Щорічний приріст виробництва порошкової металургії може становити до 5 %.

Все це свідчить про те, що ідеї, закладені на початку ХІХ століття в роботах П.Г. Соболевського, отримують гідне втілення у столітті ХХІ.

## **ЛЕКЦІЯ 4**

### **Технологія утилізації відходів виробництва як вторинних енергетичних та матеріальних ресурсів**

У літературі до теперішнього часу немає єдиних визначень термінів «відходи» та «вторинні ресурси», «попутні і побічні продукти», «утиль» та ін.

Термін «відходи промисловості» (сільського, міського господарства) щодо продуктів, що становлять інтерес як сировинні матеріали, часто піддається критиці. Дійсно, в терміні «відходи» не акцентуються споживчі властивості матеріальної продукції, що утворюється в результаті господарської діяльності людей поряд з основною цільовою продукцією. Разом з тим термін «відходи» є досить загальним. Відходи виробництва та споживання при їх раціональній переробці стають цінними вихідними матеріалами та напівфабрикатами для готових будівельних матеріалів і виробів.

Відповідно до стандартизованих визначень, під вторинними матеріальними ресурсами (ВМР) слід розуміти сукупність відходів виробництва та споживання, що утворюються в

народному господарстві. Використовувані ВМР вважаються вторинною сировиною. Термін «відходи виробництва» при цьому трактується як залишки матеріалів і напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції і частково або повністю втратили свої вихідні споживчі властивості. З таким трактуванням поняття «відходи виробництва» в загальному випадку погодитися не можна. При видобутку, наприклад, корисних копалин розкриті породи можна розглядати як відходи виробництва. Разом з тим ці відходи мають певні споживчі властивості і можуть розглядатися в багатьох випадках як сировинні ресурси.

Під вторинними ресурсами часто розуміють також використані матеріали, що втратили свою первісну цінність. На таку вторинну сировину припадає 7-8 % загальної кількості відходів.

Деякі відмінності, хоча, часто досить умовні, можуть мати також терміни «попутні продукти» і «побічні продукти». До перших зазвичай відносять відходи, які можуть використовуватися в народному господарстві без додаткової переробки, до других – відходи, що вимагають додаткової переробки.

Все більш широко застосовується знаходить термін «техногенна сировина». До нього відносять відходи, що утворилися в результаті технічної діяльності підприємств, які становлять інтерес як сировинні матеріали для різноманітної продукції.

Техногенна сировина часто має ряд техніко-економічних переваг у порівнянні зі звичайною. Вона може бути технологічно більш підготовленою, ніж звичайна (частково обпаленою, диспергованою та ін.). До групи техногенної сировини не входять, однак, відходи споживання і, зокрема, багато відходів міського господарства.

У даний час немає всебічної класифікації промислових відходів, що зумовлено їх різним хімічним складом, властивостями, технологічними особливостями отримання та умовами утворення.

Усі відходи промисловості і міського господарства можна розділити на дві групи: мінеральні (неорганічні) і органічні.

Найбільше значення для виробництва будівельних матеріалів мають мінеральні продукти, які складають більшу частину всіх відходів, вироблених видобувними та переробними галузями промисловості. Ці продукти в більшій мірі вивчені, ніж органічні.

П.І. Боженів запропонував класифікувати побічні промислові продукти в момент виділення їх з основного технологічного процесу на три класи: А – продукти, що не втратили природних властивостей; Б – штучні продукти, отримані в результаті глибоких фізико-хімічних процесів; В – продукти, що утворилися при тривалому зберіганні у відвалах.

Продукти класу А (кар'єрні залишки і залишки після збагачення на корисну копалину) мають хіміко-мінералогічний склад і властивості відповідних гірських порід. Галузь їх застосування обумовлена агрегатним станом, фракційним і хімічним складом, фізико-механічними властивостями. Переважно мінеральні продукти класу А застосовують як заповнювачі бетонів, а також як вихідну глинисту, карбонатну або силікатну сировину для отримання різноманітних штучних будівельних матеріалів (кераміки, вапна, автоклавних матеріалів та ін.).

Продукти класу Б отримують у результаті фізико-хімічних процесів, що відбуваються при звичайних або частіше високих температурах. Діапазон їх можливого застосування ширший, ніж продуктів класу А. Особливо ефективним є використання цих відходів там, де продуктивно реалізуються витрати паливно-енергетичних ресурсів та робочої сили на їх отримання. Застосування продуктів цього класу є раціональним насамперед при виробництві цементів, матеріалів автоклавного твердіння, де підвищена реакційна здатність вихідної сировини дає високий економічний ефект. Так, при використанні доменного шлаку для виготовлення шлакопортландцементу майже у два рази знижуються паливно-енергетичні витрати на одиницю продукції, а собівартість зменшується на 25-30 %.

Продукти класу В утворюються в результаті фізико-хімічних процесів, що протікають у відвалах (самозаймання, розпад шлаків і утворення порошку та ін.). Типовими представниками сировинних матеріалів цього класу є горілі породи.



Наведена вище класифікація вимагає обов'язкового обліку хімічних характеристик побічних продуктів. Залежно від переважаючих в їх складі хімічних сполук, мінеральні відходи можна розділити на такі групи: силікатні, карбонатні, вапняні, гіпсові, залізисті. У межах кожної групи можлива більш детальна класифікація. Наприклад, силікатні відходи можна розділити на основні і кислі залежно від процентного вмісту основних і кислих оксидів, карбонатні – на кальцієві і магнеєві. У деяких випадках при хімічній характеристиці провідне місце відводиться сполукам, що містяться в порівняно невеликій кількості, але мають вирішальне значення при виборі способу утилізації (наприклад, лужно-, цинко-, алюмінійвмісних та ін.).

Велика частина природних і штучних мінеральних відходів промисловості складається переважно з кремнезему, силікатів і алюмосилікатів кальцію та магнею. Це пояснюється тим, що вони є відходами видобутку і переробки природних силікатних матеріалів, на частку яких припадає 86,5 % маси земної кори. Силікатні відходи промисловості можна розділити на чотири групи залежно від структури та хімічного складу.

Першу групу складають мінеральні сировинні матеріали, в яких кремнезем пов'язаний у силікати або алюмосилікати кальцію, що перебувають переважно у склоподібному стані. Вони мають гідравлічну активність при лужній і сульфатній активації. Залежно від вмісту  $\text{CaO}$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  такі матеріали тверднуть у нормальних умовах або при тепловологій обробці. При високотемпературному випаленні з карбонатом кальцію з них можна отримати портландцементний клінкер. Типовими представниками цієї групи є гранульовані доменні і фосфорні шлаки, а також паливні шлаки, утворені при підшихтуванні вугілля вапняком.

До другої групи належать відходи, в яких кремнезем пов'язаний у силікати або алюмосилікати, що перебувають у кристалічному стані. Вони не проявляють активності при нормальних температурно-вологісних умовах. У цю групу входять, наприклад, повільно охолоджені відвальні металургійні шлаки і електротермофосфорні шлаки, а також побічні продукти гірничодобувної промисловості.

У відходах, що належать до третьої групи, кремнезем перебуває переважно у вільному стані у вигляді кварцу. Представниками цієї групи силікатних продуктів є хвости збагачення різних руд, сировини для хімічної промисловості, розкриті породи.

Відходи другої і третьої груп утилізуються в будівництві як нерудні будівельні матеріали, як сировина для виробництва автоклавних матеріалів, кераміки, скла.

У четверту групу можна виділити сировину, що містить в основному силікати кальцію як у негідратованому, так і в гідратованому стані, наприклад шлами металургійних виробництв (нефелінові, бокситові, сульфатні, білі та ін.). Ці побічні продукти застосовують для виробництва так званих шламових цементів, портландцементу, виробів автоклавного твердіння.

Більш докладні класифікації розроблені для окремих силікатних продуктів, особливо шлаків і зол. Наприклад, А.В. Волженським ці продукти залежно від умов утворення поділяються на групи швидкого і повільного охолодження в результаті твердофазових реакцій та взаємодії твердих фаз з розплавом. У свою чергу, кожна група залежно від хімічного і мінералогічного складу ділиться на окремі різновиди. Така класифікація дає змогу прогнозувати рекомендовані умови твердіння в'язучих на основі шлаків і зол, а також оптимальний спосіб їх активізації.

Для систематичного розгляду відходів промисловості і міського господарства є зручною їх класифікація залежно від галузі промисловості, де вони, в основному, утворюються. За цим принципом можна виділити такі групи:

1 Відходи металургії: доменні, феросплавні і сталеплавильні шлаки; шлаки, що утворюються при плавленні руд кольорових металів; продукти збагачення руд; нефелінові та інші шлами.

2 Відходи теплової енергетики і паливної промисловості: зола, паливні шлаки, золошлакові суміші, шахтні породи, відходи вуглезбагачення та ін.

3 Відходи хімічної промисловості: залістисті, вапно- і гіпсовмісні відходи; соле- і гідроксидвмісні шлами і содопродукти; фосфорні шлаки, вторинні полімерні продукти та ін.

4 Відходи гірничодобувної промисловості: розкриті і породи, що попутно видобуваються.

5 Відходи виробництва будівельних матеріалів: пил різного хімічного складу, керамічний і скляний бій, відсів, утворені при дробленні та ін.

6 Відходи переробки деревини та іншої рослинної сировини: кора, обрізки, стружка, тирса, лігнін та ін.

7 Відходи міського господарства: зношені автопокришки, ганчір'я, паперова макулатура, будівельне сміття, використані полімерні матеріали та ін.

Проблеми ліквідації та переробки відходів виробництва – одне з важливих завдань сучасної промисловості. Значна їх частина припадає на частку хімічної промисловості, в тому числі і на виробництво хлоровмісних продуктів.

При виробництві металіхлориду газофазним хлоруванням ізобутилену поряд з цільовою йдуть побічні реакції, в результаті яких утворюються хлорорганічні сполуки (до 240 кг на тонну металіхлориду). На кінцевій стадії процесу вони являють собою речовини, які в даний час не мають промислового використання і йдуть на спалювання.

Знищення відходів таким способом, як спалювання, є неприпустимим з екологічної точки зору, оскільки при цьому утворюються високонебезпечні з'єднання – так звані «супертоксианти» – діоксани, фосген, фурані тощо. Тому актуальною проблемою є пошук нових, безпечних способів утилізації хлорорганічних відходів.

Одним із напрямків у вирішенні цих завдань є розробка продуктів малотоннажної хімії на основі відходів промислових виробництв. Дослідження минулих років показали ефективність використання четвертинних амонійних солей для пригнічення росту бактерій СВБ на нафтопромислах при нафтовидобутку. Враховуючи те, що СВБ у водних середовищах швидко адаптуються до бактерицидних реагентів доводиться постійно оновлювати їх асортимент. У цьому зв'язку стає актуальним отримання нових реагентів, для пригнічення росту СВБ і інгібування сірководневої корозії, що викликається їх життєдіяльністю, а також розроблення технології синтезу

реагентів комплексної дії на основі відходів хімічних виробництв.

## ЛЕКЦІЯ 5

### Механічна обробка і напрямки її маловідходності та ресурсозбереження

#### *Класифікація відходів*

Відходи, що утворюються при виробництві виливків і їх подальшій механічній обробці, контролі та випробуванні, можна розділити на три класи:

1-й клас – металеві відходи;

2-й клас – змішані відходи;

3-й клас – неметалеві відходи.

**Металеві відходи** поділяються на п'ять груп:

**1-ша група** (рисунок 1) – брак виливків, виявлений на стадії механічної обробки і випробувань:

Брак виливків на стадії випробувань.

Брак виливків по раковинах, тріщинах, геометрії, засмічення тощо.

Брак механічної обробки виливків, стружка, шліфвідходи, шлами.

Брак термічної обробки виливків, окалина.

Відходи зачищення, шлами.

Брак лиття за зовнішнім виглядом (неспаї і т.д.).

Відходи дробоструминної (піскоструминної) обробки.

Відходи галтування.

Елементи ливникової системи.

Горіла формувальна і стержнева суміш, брукт виливків, брукт керамічних форм.

Бій футеровок плавильних печей.

**2-га група** (рисунок 2) – брак лиття, виявлений у ливарному цеху за хімічним складом, недоливом, тріщинами тощо;

**3-тя група** (рисунок 3) – елементи ливникової системи;

**4-та група** (рисунок 4) – сплески, заливи, ківшеві залишки;

**5-та група** (рисунок 5) – стружка.

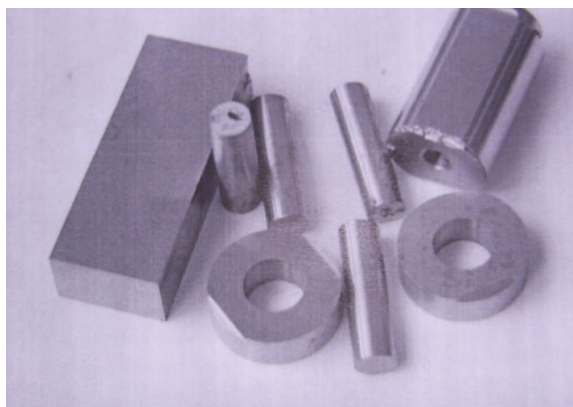


Рисунок 1 – Металеві відходи 1-ї групи: брак виливків, виявлений на стадії механічної обробки та випробувань



Рисунок 2 – Металеві відходи 2-ї групи: брак виливків, виявлений у цеху лиття (за хімічним складом, недоливами, тріщинами тощо)

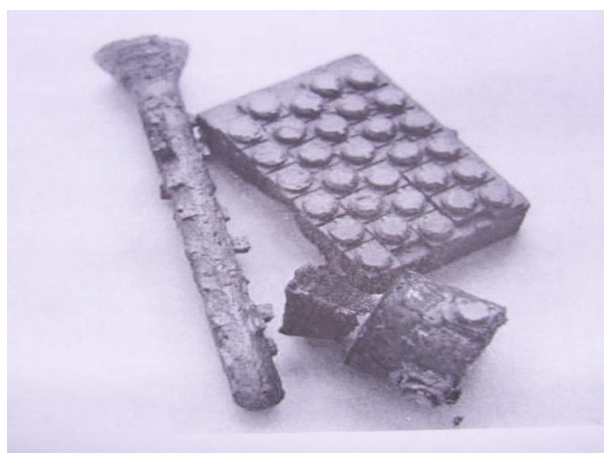


Рисунок 3 – Металеві відходи 3-ї групи: елементи ливникової системи



а



б

Рисунок 4 – Металеві відходи 4-ї групи: сплески, заливи (а), ківшеві залишки (б)



Рисунок 5 – Металеві відходи 5-ї групи: стружка

Металеві відходи 1-ї групи (брак виливків, виявлений на стадії механічної обробки та випробувань) завжди мають заданий хімічний склад сплаву, поверхня їх іноді буває трохи окислена або замаслена мастильно-охолоджувальною рідиною. Ці відходи можуть бути використані як компонент шихти без будь-якої спеціальної підготовки. Іноді потрібне лише галтування відходів або дробоструминна обробка поверхні.

Металеві відходи 2-ї групи (брак лиття, виявлений у ливарному цеху) часто мають відхилення від заданого хімічного складу, поверхня їх може бути забруднена рештками матеріалу ливарної форми, пригаром і оксидами. Перед використанням поверхню цих відходів необхідно очищати (галтування,

дробоструминна, піскоструминна обробка), а самі відходи переплавляти у великій печі для усереднення хімічного складу сплаву.

Металеві відходи 3-ї групи (елементи ливникової системи), забруднені домішками, розчинними і нерозчинними, мають окислену поверхню, на якій можливий пригар та налиплий матеріал ливарної форми. Є відкриті і закриті усадкові порожнини, поверхня яких окислена. Пряме використання цього виду відходів як компонента шихти не рекомендується. Потрібне обов'язкове очищення поверхні (галтування, піскоструминна обробка тощо) та усереднювально-рафінувальна переплавка з подальшою паспортизацією отриманого сплаву.

Оцінка забрудненості металевих відходів 3-ї групи проводиться візуально, а також за допомогою методів хімічного, газового і металографічного аналізів.

Металеві відходи 4-ї групи (сплески, заливи, ківшеві залишки), як правило, мають окислену поверхню, містять неметалеві включення, замішані у сплав механічним шляхом, а також налипи на поверхні контакту сплаву з розливним ковшем. Зазвичай налиплі включення легко відділяються від поверхні сплаву при галтуванні. Хімічний склад сплаву відходів 4-ї групи зазвичай відповідає заданому. Перед використанням цих відходів як компонентів шихти рекомендується ретельне очищення їх поверхні галтуванням і обдуванням стисненим повітрям, а також рафінувальна переплавка з подальшою паспортизацією отриманого сплаву.

Металеві відходи 5-ї групи (стружка) часто мають окислену поверхню. Стружка, утворена при знятті перших поверхневих шарів вилівка, може містити неметалеві включення і домішки, що потрапили у сплав шляхом дифузії з матеріалу ливарної форми (вуглець понад допустимих меж, фосфор). Стружка часто буває замаслена або забруднена мастильно-охолоджувальною рідиною, що містить органічні речовини. Хімічний склад стружки за основними елементами зазвичай відповідає заданому. Перед використанням як компонента шихти стружку рекомендується брикетувати.

**Змішані відходи** являють собою механічну суміш металевої та неметалевої складових відходів виробництва вилівоків і виробів з них.



Змішані відходи можна розділити на три групи:

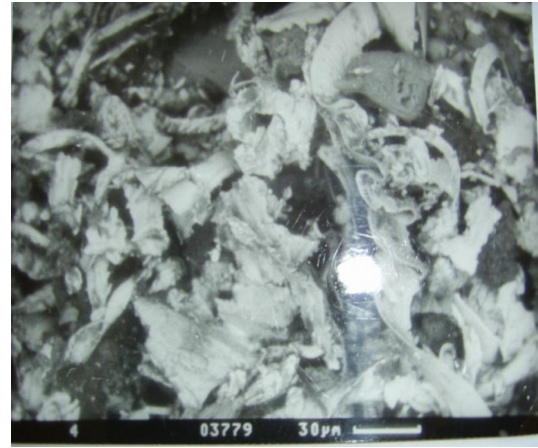
**1-ша група** – пічні вишкреби;

**2-га група** – відходи дробоструминної обробки виливків, пил, шлами;

**3-тя група** (рисунок 6) – шліфвідходи.



а



б

Рисунок 6 – Змішані відходи 3-ї групи: відходи зачищення сухим шліфуванням виливків, РЕМ, x150 (а), та відходи мокрого шліфування виливків, РЕМ, x500 (б)

Змішані відходи 1-ї групи (пічні вишкреби) являють собою шлакометалеву суміш, що складно розділяється і утворюється в результаті чищення стінок плавильного тигля після плавки і скидання кераміки, шлаків, останніх порцій розплаву, що обсипаються при цьому в пічний приямок.

Для того щоб корисно використовувати такі відходи, їх спочатку піддають дробленню (іноді помелу) і відділенню металеві складові від неметалевої. Останнє зазвичай робиться методом магнітної сепарації.

Отриманий сплав не має стабільного хімічного складу, окислений і сильно забруднений домішками. Для того щоб його використовувати як компонент шихти, потрібна рафінувальна переплавка з подальшою паспортизацією отриманого сплаву за основними елементами і домішками.

Змішані відходи 2-ї групи (відходи дробоструминної обробки, шлами, пил) являють собою сухі сипкі суміші металевих і неметалевих частинок. Поділ цих частинок зазвичай

виконують методами магнітної сепарації (сухої або мокрої), а також відцентровими та гравітаційними методами.

Металеву складову відходів зазвичай пресують або формують спільно з в'язучим рафінувальним складом (цемент, флюс, рідке скло) і в такому вигляді переплавляють на паспортну шихту. Якщо металева складова відходів сильно окислена, то виконують додатковий окислювальний випал для повного окислення всієї металевої складової, потім отриманий оксид змішують з відновником (вугільний пил), шлакоутворювальною сумішшю і пресують у брикети. Ці брикети обпалюють при температурі 800-1000 °С і потім використовують для отримання паспортної шихти.

Хімічний склад металевої складової відходів 2-ї групи, як правило, неоднорідний (за винятком дробу, що входить до складу відходів дробоструминної обробки). Поверхня металевих частинок може бути окисленою.

Змішані відходи 3-ї групи (шліфвідходи) утворюються при обробці (шліфуванні, заточенні, зачищенні) литих виробів абразивними кругами і являє собою суміш частинок сплаву і кераміки (найчастіше це корунд). При мокрому шліфуванні до складу змішаних відходів 3-ї групи входять також органічні компоненти мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

Ці компоненти після висихання МОР склеюють частинки між собою і роблять суміш несипкою. При сухому шліфуванні (зачищенні, заточенні) виливків шліфвідходи являють собою сипку суміш металевих частинок сплаву і кераміки неметалевих частинок. Металеві частинки шліфвідходів мають нестабільний хімічний склад, слабоокислені і містять відносно невелику кількість шкідливих домішок. Розмір металевих частинок у відходах сухого шліфування (заточування і т. д.) може досягати 500 мкм, у відходах мокрого шліфування – 50 мкм. До складу відходів сухого шліфування може входити більше 40 % об. кераміки, до складу відходів мокрого шліфування – не більше 20 % об.

Переробка цього виду відходів полягає в їх окислювальному випалюванні, магнітній сепарації і металотермічному відновленні окислених металевих частинок. Металеву складову відходів сухого шліфування (заточування тощо) можна переробляти також

шляхом їх брикетування з цементом і водою з подальшою переплавою брикетів на паспортну шихту.

**Неметалеві відходи** виробництва виливків можна поділити на п'ять груп:

**1-ша група** (рисунок 7) – відпрацьовані формувальні і стержневі суміші;

**2-га група** (рисунок 8) – брухт футеровок плавильних печей, міксерів та металургійних ковшів;

**3-тя група** – брухт футеровок термічних, випалювальних, прожарювальних, нагрівальних печей;

**4-та група** – металургійні шлаки;

**5-та група** – окалина.



Рисунок 7 – Неметалеві відходи 1-ї групи: відпрацьовані формувальні і стержневі суміші

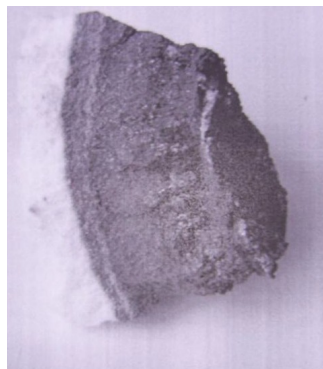


Рисунок 8 – Неметалеві відходи 2-ї групи: брухт футеровки плавильної індукційної печі

Неметалеві відходи 1-ї групи являють собою відпрацьовані (горілі) формувальні і стержневі суміші. Це огрудковані спечені суміші мінералів з поганою сипкістю і поганою здатністю до формування, що містять у своєму складі частково вигорілі і

прореаговані органічні речовини-добавки. Для відновлення робочих характеристик ці суміші піддають випалу та дезінтеграції, після чого їх знову можна використовувати в технології виробництва виливків як основи формувальних і стержневих сумішей.

Неметалеві відходи 2-ї групи являють собою спечені, частково або повністю металізовані шматки футеровки плавильних печей, міксерів, металургійних ковшів. Металізація футеровок відбувається тому, що оксиди металів, що входять до складу розплаву, змочують матеріал футеровки і проникають в її пори. Ці оксиди можуть вступати в хімічну взаємодію з матеріалом футеровки і утворювати нові хімічні сполуки, тим самим послаблюючи футеровку і, в кінцевому рахунку, призводячи до її руйнування. Утилізація цього виду відходів, як правило, передбачає їх дроблення, помел, при необхідності випал і використання у виробництві будівельних матеріалів і виробів з них.

Неметалеві відходи 3-ї групи являють собою спечені, частково оплавлені або, навпаки, роз'їдені, такі, що частково обсіпалися шматки футеровки термічних, випалювальних, прожарювальних та інших печей, експлуатація яких не передбачає прямого контакту футерування з металевим розплавом.

Цей вид відходів практично не містить шкідливих домішок, добре прожарений і стабільний за фазовим складом. Утилізація цього виду відходів полягає в дробленні, помелі та класифікації (розсіювання по фракціях), після чого він є товаром і реалізується підприємствам, що виготовляють вогнетриви та вироби з них.

Неметалеві відходи 4-ї групи являють собою металургійні шлаки. Це каменеподібні утворення, що складаються із затверділого розплаву оксидів, фторидів, хлоридів та інших сполук, який спеціально утворюється на поверхні металевого розплаву за допомогою флюсів з метою його рафінування від шкідливих домішок (неметалевих включень, розчинних домішок, газів) або з метою захисту від газонасичення. Шлаки можуть і самостійно утворюватися на поверхні металевого розплаву внаслідок окислення його компонентів.

Шлакові і металеві розплави – це рідини, що не змішуються. Затверділий шлак являє собою кристалічне або аморфне

утворення. Склад шлаку визначають методом кількісного рентгенофазового аналізу за допомогою спеціальних приладів – рентгенівських дифрактометрів. Дослідження складу шлаків виконують також методами стереометричної оптичної металографії, методами петрографії, методами растрової електронної мікроскопії, методами локального мікрорентгеноспектрального аналізу тощо. Типовий склад вапняно-глиноземистого шлаку, що широко застосовується при виплавці різних сплавів на основі заліза, містить до 50 % CaO, до 60 % SiO<sub>2</sub> і до 15 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Відпрацьовані шлаки можуть у великій кількості містити у своєму складі: сірку, фосфор, оксиди важких металів. Даний вид відходів використовують для виробництва будівельних матеріалів (шлакобетон, шлакоцемент) і виробів з них, для виготовлення каменелитих виробів (кислотостійкі труби, контейнери для захоронення радіоактивних відходів, радіаційно стійкі будівельні блоки, шламоводи та ін.), для компонентів флюсів, каталізаторів, адсорбентів.

Неметалеві відходи 5-ї групи (окалина) являють собою дрібнодисперсні або пухкі порошкоподібні оксиди металів, що входять до складу сплаву вилівка (ливої заготовки). Цей вид відходів утворюється, як правило, не в ливарних, а в термічних, ковальсько-пресових і прокатних цехах. Неметалеві відходи 5-ї групи, як правило, складаються з дуже чистих слабких оксидів (оксидів заліза, нікелю, кобальту, міді, цинку), вони вільні від органіки, не містять газоутворювальних домішок (вуглецю, сірки). Склад цього виду відходів визначають методами кількісного фазового аналізу за допомогою рентгенівського дифрактометра. Про наявність малої кількості домішок судять за даними мас-спектрометричного аналізу.

Неметалеві відходи 5-ї групи можуть бути утилізовані методами металотермічного відновлення металу з його оксиду. За допомогою цих методів може бути отримана паспортна шихта, яку використовують для виплавки сплаву заданого складу.

Ці відходи можна застосовувати і безпосередньо у вигляді оксидів. Для цього їх змішують з цементом, вугільним пилом і брикетують. Брикети можна використовувати як компонент шихти при виплавці чавунів у вагранці.

## ЛЕКЦІЯ № 6

### Концепція Третьої промислової революції

Експертне співтовариство все виразніше усвідомлює, що подальший розвиток цивілізації історично сформованим шляхом неможливий, оскільки зараз виникли нові глобальні проблеми, які загрожують існуванню цієї цивілізації. Вперше в історії людства зрушили зі стаціонарних рівнів найважливіші показники стану біосфери.

До таких показників можна віднести: різке погіршення якості повітря і води; глобальне потепління; виснаження озонового шару; зменшення біорізноманіття; досягнення межі харчових, сировинних і енергетичних можливостей біосфери; втрату моральних орієнтирів значною частиною людської спільноти (так званий «феномен аморальної більшості»).

Перша промислова революція на базі вугілля і Друга промислова революція на базі нафти і газу фундаментально змінили життя і працю людства і змінили вигляд планети. Однак ці дві революції призвели людство до межі розвитку. Серед головних викликів, які кинуті людству, – проблеми екології, виснаження біоресурсів і традиційних джерел енергії. І на ці виклики людство має відповісти ТРЕТЬОЮ ПРОМИСЛОВОЮ РЕВОЛЮЦІЄЮ.

«Третя промислова революція» (Third Industrial Revolution – TIR) – це концепт розвитку людства, автором якого є американський вчений – економіст і еколог – Джеремі Ріфкін (Jeremy Rifkin).

#### **Ось основні положення концепції TIR:**

1 Перехід на відновлювані джерела енергії (сонце, вітер, водні потоки, геотермальні джерела).

Хоча «зелена» енергія все ще не зайняла у світі великого сегмента (не більше 3-4 %), інвестиції в неї зростають величезними темпами. Так, у 2008 р. було витрачено 155 млрд дол. на виконання «зелених» енергетичних проєктів (52 млрд дол. – енергія вітру, 34 млрд дол. – сонячна енергія, 17 млрд дол. – біопаливо та ін.), і вперше це були більше, ніж інвестиції у викопне паливо.

Тільки за період 2009–2011 рр. сумарна потужність встановлених у світі сонячних станцій потроїлася (з 13,6 ГВт до 36,3 ГВт). Якщо ж говорити про всі відновлювані джерела енергії (ВДЕ) (вітрова, сонячна, геотермальна і морська енергетика, біоенергетика та мала гідроенергетика), то встановлена потужність електростанцій у світі, що використовують ВДЕ, вже в 2010 р. перевищила потужність усіх АЕС і склала близько 400 ГВт.

На кінець 2011 року ціна в Європі одного кВт·год «зеленої» енергії для споживачів становила: гідроенергії – 5 євроцентів, вітрової – 10 євроцентів, сонячної – 20 євроцентів (для порівняння: звичайної теплової – 6 євроцентів). Однак очікувані науково-технологічні прориви в сонячній енергетиці дадуть змогу до 2020 отримати різке падіння цін на сонячні панелі і знизити ціну «під ключ» 1 Вт сонячної потужності з 2,5 до 0,8 – 1 дол., що надасть можливість генерувати «зелену» електроенергію за ціною меншою за найдешевші зараз ресурси від вугільних ТЕС.

2 Перетворення існуючих і нових будівель (як промислових, так і житлових) у міні-заводи з виробництва енергії (за рахунок обладнання їх сонячними батареями, міні-вітряками, теплонасосами). Наприклад, у Євросоюзі є 190 млн будівель, кожна з них може стати маленькою електростанцією, що черпає енергію з дахів, стін, теплих вентиляційних і каналізаційних потоків, сміття. Необхідно поступово розпрощатися з великими постачальниками енергії, породжених Другою промисловою революцією – заснованих на вугіллі, газі, нафті, урані. Третя промреволюція – це міріади малих джерел енергії від вітру, сонця, води, геотермії, теплових насосів, біомаси, включаючи тверді побутові і «каналізаційні» міські відходи та ін.

3 Розвиток та впровадження технологій енерго- і ресурсозбереження (як виробничого, так і «домашнього») – повна утилізація залишкових потоків і втрат електроенергії, пари, води, будь-якого тепла, повна утилізація промислових і побутових відходів та ін.

4 Переведення всього автомобільного (легкового та вантажного) і всього громадського транспорту на електротягу на основі водневої енергетики (плюс розвиток нових економічних

видів вантажного транспорту, таких як дирижаблі, підземний пневмотранспорт та ін.).

У даний час у світі експлуатується понад один мільярд ДВЗ – двигунів внутрішнього згоряння (легкові та вантажні автомобілі, трактори, сільськогосподарська і будівельна техніка, військова техніка, кораблі, авіація та ін.), які щорічно спалюють близько півтора мільярда тонн моторного палива (бензину, авіагасу, дизпалива) і спричиняють гальмівну дію на навколишнє природне середовище.

За даними International Energy Agency, більше половини споживаної у світі нафти йде на потреби транспорту. У США на транспорт припадає близько 70 % всієї споживаної нафти, в Європі – 52 %; не дивно, що 65 % нафти споживається у великих містах (у сумі – 30 млн барелів нафти на день!).

Вольфганг Шрайберг, один з керівників Volkswagen, навів цікаву статистику: велика частина міського комерційного транспорту в більшості країн проїжджає за день не більше 50 км, а середня швидкість руху цих автомобілів – 5-10 км/год; проте з такими мізерними показниками ці автомобілі споживають у середньому (10 (легкові) – 15 (пікапи, мікроавтобуси) – 25 (автобуси)) літрів моторного палива на 100 км! Більша частина цього палива згоряє на світлофорах, у заторах або при дрібному навантаженні-розвантаженні (або на зупинках – для громадського транспорту) з невимкненим мотором.

National Renewable Energy Laboratory (США) у своїх розрахунках використовувала середню дальність пробігу легкового автомобіля 12000 миль на рік (19200 км), споживання водню – 1 кг на пробіг 60 миль (96 км). Тобто одному легковому автомобілю на рік потрібно 200 кг водню, або 0,55 кг на день. Середній ККД ДВЗ невисокий – у середньому 25 %, тобто при спалюванні 10 л бензину 7,5 л іде «на вітер». Середній ККД електропривода – 75 %, втричі вищий (а термодинамічний ККД паливного елемента – близько 90 %); вихлопи воднемобіля – тільки  $H_2O$ . Важливо зазначити, що якщо для руху традиційного автомобіля необхідна нафта (бензин, дизель), яка є далеко не у кожній країні, то водень отримують з води (навіть морської) за допомогою електроенергії, яку, на відміну від нафти, можна



отримувати з різних джерел (вугілля, газ, уран, водні потоки, сонце, вітер і ін).

5 Перехід від промислового до локального і навіть «домашнього» виробництва більшості побутових товарів завдяки розвитку технології 3D-принтерів.

3D-принтер – пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта на основі віртуальної 3D-моделі. На відміну від звичайних принтерів, 3D-принтери друкують не фотографії і тексти, а «речі» – промислові та побутові товари. В іншому вони дуже схожі. Як і в звичайних принтерах, застосовуються дві технології формування шарів – лазерна і струменева. У 3D-принтера теж є «друкувальна» головка і «чорнило» (точніше, робочий матеріал, що їх замінює). Фактично, 3D-принтери – це ті самі спеціалізовані промислові верстати з числовим програмним управлінням, але на абсолютно новій науково-технічній базі XXI століття.

6 Перехід від металургії до композитних матеріалів (особливо наноматеріалів) на основі вуглецю, а також заміна металургії на технологію 3D-друку на основі селективної лазерної плавки (SLM – Selective Laser Melting).

Наприклад, новітній американський «Boeing-787-Dreamliner» – перший у світі літак, виготовлений на 50 % з композитних матеріалів на основі вуглецю. У новому авіалайнері з композитних полімерів виготовлені в тому числі крила і фюзеляж. Широке використання вуглепластику в порівнянні з традиційним алюмінієм дало змогу значно зменшити вагу літака і скоротити використання палива на 20 % без втрат у швидкості. Америко-ізраїльська компанія «ApNano» створила наноматеріали – «неорганічні фулерени» (inorganicfullerene - IF), які багаторазово міцніші і легші за сталь. Так, у досліджах зразки IF на основі сульфіду вольфраму зупиняли сталеві снаряди, що летять на швидкості 1,5 км/сек, а також витримували статичне навантаження в 350 т/см<sup>2</sup>. Ці матеріали можуть бути використані для створення корпусів ракет, літаків, морських суден і морських субмарин, хмарочосів, автомобілів, бронемашин та в інших цілях.

NASA вирішила використовувати технологію 3D-друку на основі селективної лазерної плавки як заміну металургії. Нещодавно складну деталь для космічної ракети зробили за

допомогою лазерного тривимірного друку, в процесі якого лазер сплавляє металевий пи́л у деталь будь-якої форми – без жодного шва або гвинтового з'єднання. Виготовлення найскладніших деталей за технологією SLM із застосуванням 3D-принтерів забирає лічені дні замість місяців, крім того, SLM-технології роблять виробництво на 35-55 % дешевшим.

7 Відмова від тваринництва, перехід до виробництва «штучного м'яса» з клітин тварин з використанням 3D-Біопринтера.

Американська компанія Modern Meadow винайшла технологію «індустріального» виготовлення м'яса тварин і натуральної шкіри. Процес створення таких м'яса та шкіри буде включати в себе кілька етапів. Спочатку вчені відбирають мільйони клітин у тварин-донорів. Це може бути як худоба, так і екзотичні види, яких часто вбивають тільки заради їхньої шкіри. Потім ці клітини будуть розмножені в біореакторах. Клітини шкіри сформують колагенові волокна, а клітини «м'яса» утворюють справжню м'язову тканину. Цей процес забиратиме кілька тижнів, після чого м'язова і жирова тканина може бути використана для виробництва харчових продуктів, а шкіра – для взуття, одягу тощо. Для отримання м'яса у 3D-Біопринтері енергії буде потрібно втричі менше, води – в 10 разів менше, ніж на виробництво тієї ж кількості свинини, а викиди парникових газів знизяться у 20 разів у порівнянні з викидами при вирощуванні худоби на забій (адже в даний час для виробництва 15 г тваринного протеїну потрібно згодувати худобі 100 г рослинного протеїну, таким чином, ККД традиційного методу отримання м'яса становить лише 15 %). Штучний «м'ясозавод» вимагає набагато менше землі (займе всього 1 % землі в порівнянні із звичайною фермою з тією ж продуктивністю по м'ясу).

8 Переведення частини сільського господарства в міста на базі технології «вертикальних ферм» (Vertical Farm).

Можна уявити в центрі міста-мільйонника 30-поверховий хмарочос без вікон з площею основи один гектар (100x100 м). На кожному його поверсі розміщені п'ять рядів гідропонних контейнерів, тобто з кожного поверху можна знімати урожай із загальної площі 5 гектарів, а всього з хмарочоса –  $30 \times 5 = 150$  гектарів. Оскільки в «сільськогосподарському

хмарочосі» температура і вологість є завжди постійними, можна знімати урожай 3-4 рази щорічно (навіть якщо ця вертикальна ферма розташована на Північному полюсі!). Із середнім урожаєм пшениці 50 ц від одного гектара (такі врожаї мають у Євросоюзі), повний щорічний врожай для "сільськогосподарського хмарочоса" складатиме  $150 \times 50 \times 3 = 22,500$  ц/р. Збір урожаю буде повністю автоматизований. Крім того, сільськогосподарські хмарочоси, ізольовані від навколишнього середовища, будуть захищені від паразитів і хвороб, і надасть змогу повністю відмовлятися від будь-яких хімічних гербіцидів. Дуже важливим є і те, що сільське господарство переміщується безпосередньо в міста, де більшість споживачів і мешкають – у результаті транспортні витрати різко знизяться.

Щоб знайти на це кошти, важливо робити капіталовкладення в те, у чого є майбутнє, а не в підтримку життя таких інфраструктур, технологій, галузей чи систем, які приречені на вимирання.

Отже, є сподівання, що «всесвітня TIR» трапиться набагато раніше того моменту, коли людство вичерпає всі наявні в природі запаси вугілля, нафти, газу та урану, а заодно остаточно занапастить навколишнє природне середовище.

## **ЛЕКЦІЯ 7**

### **Енергозберігаючі технології. Вітроенергетика**

З кожним роком на побутові потреби витрачається все більша частка електроенергії, газу, тепла, води; у величезних масштабах збільшується застосування побутової електрифікованої техніки. Між тим, багато родовищ в обжитих місцях вже вичерпані, а нові доводиться шукати і облаштовувати у важкодоступних районах Сибіру і Далекого Сходу. Обходиться все це дуже недешево. Тому саме економія стає найважливішим джерелом зростання виробництва. Розрахунки показали, а практика підтвердила, що кожна одиниця грошових коштів, витрачених на заходи, пов'язані з економією енергії, дає такий самий ефект, як у два рази більша сума, витрачена на збільшення її виробництва. На тлі економічної (і енергетичної) кризи цей факт слід узяти до уваги.

Простота і доступність енергії породили в багатьох людей уявлення про невичерпність наших енергетичних ресурсів, притупили почуття необхідності її економії. Тимчасом як енергія сьогодні дорожчає. Тому старий заклик «Економте електроенергію!» стає ще більш актуальним. Розглянемо, як і за рахунок чого це можна зробити.

Одним з виходів на сьогоднішній день є застосування альтернативних джерел енергії. Вітряні генератори, сонячні батареї, вакуумні колектори з кожним роком стають все більш доступними, а для тих, хто ще не може дозволити собі їх придбання, доступний великий вибір енергозберігаючих приладів і пристроїв.

Однією з найбільш глобальних проблем ХХІ століття є розроблення нових енергозберігаючих технологій з використання енергії нетрадиційних відновлюваних джерел. Існуючі енергоресурси не здатні забезпечити запит всього населення земної кулі. До того ж дана проблема загострюється і екологічною ситуацією.

В останні десятиліття багато вчених зайнялися вивченням даної проблеми. Технології енергозбереження потрібно розглядати не тільки в глобальному масштабі, але і на індивідуальному рівні. Темпи зростання ціни на енергоресурси з кожним роком стають все вище і вище. У такій ситуації споживач шукає більш вигідні рішення.

Умовно сучасні енергозберігаючі технології можна поділити на кілька видів, залежно від сфер використання:

- енергозберігаючі технології на виробництві;
- енергозберігаючі технології на транспорті;
- енергозберігаючі технології індивідуального споживання;
- енергозберігаючі технології загального споживання.

*Найбільш ефективними, сучасними енергозберігаючими технологіями є:*

а) системи денного освітлення з ККД 99,7 % для цілорічного задоволення потреб людини в освітленні всіх типів приміщень у денний час безпосередньо від сонця;

б) електропривод з частотно-регульованою функцією. Принцип роботи даної технології полягає в тому, що частота подачі напруги залежить від реальних навантажень. Практика

показує, що за допомогою даного електропривода можна економити до 45 % споживаної енергії;

в) енергозберігаючі технології освітлення – використовуючи дану технологію, можна знизити витрати електроенергії у сім разів;

г) системи опалення з автоматичним регулюванням і функцією рекуперації тепла;

д) теплоізоляційні матеріали: скловолокно, пінополістирол і т. д.;

е) мінераловатні матеріали – матеріали, які виготовляються з каменю і шлаків.

Слід зазначити, що ринок сучасних енергозберігаючих технологій величезний. Проблема полягає в тому, що багато хто не готовий переходити на нову альтернативну систему подачі та витрачання енергоресурсів.

Енергозбереження – реалізація правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних та економічних заходів, спрямованих на ефективне (раціональне) використання (і економне витрачання) паливно-енергетичних ресурсів і на залучення в господарський оборот відновлюваних джерел енергії.

Вітроенергетика – галузь енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або в будь-яку іншу форму енергії, зручну для використання в народному господарстві. Таке перетворення може здійснюватися такими агрегатами, як вітрогенератор (для отримання електричної енергії), вітряк (для перетворення в механічну енергію), вітрило (для використання у транспорті), та іншими.

Енергію вітру відносять до відновлюваних видів енергії, оскільки вона є наслідком діяльності сонця. Вітроенергетика бурхливо розвивається галуззю, так, у кінці 2010 року загальна встановлена потужність усіх вітрогенераторів склала 196,6 ГВт. У тому ж році кількість електричної енергії, виробленої всіма вітрогенераторами світу, склала 430 ТВт·год (2,5 % всієї виробленої людством електричної енергії). Деякі країни особливо інтенсивно розвивають вітроенергетику, зокрема, на 2009 рік у Данії за допомогою вітрогенераторів вироблялося 20 % всієї електрики, в Португалії – 16 %, в Ірландії – 14 %, в Іспанії – 13 %

і в Німеччині – 8 %. У травні 2009 року 80 країн світу використовували вітроенергетику на комерційній основі.

Великі вітряні електростанції включаються в загальну мережу, більш дрібні використовуються для постачання електрики у віддалені райони. На відміну від викопного палива, енергія вітру практично невичерпна, повсюдно доступна і більш екологічна. Однак спорудження вітряних електростанцій пов'язане з деякими труднощами технічного та економічного характеру, що сповільнюють поширення вітроенергетики. Зокрема, непостійність вітрових потоків не створює проблем при невеликій пропорції вітроенергетики в загальному виробництві електроенергії, проте при зростанні цієї пропорції зростають також і проблеми надійності виробництва електроенергії. Для вирішення подібних проблем використовується інтелектуальне управління розподілом електроенергії.

Потужність вітрогенератора залежить від площі, захопленої лопатями генератора, і висоти над поверхнею. Наприклад, турбіни потужністю 3 МВт виробництва датської фірми Vestas мають загальну висоту 115 метрів, висоту вежі 70 метрів і діаметр лопатей 90 метрів.

Повітряні потоки біля поверхні суші і моря є ламінарними – нижні шари гальмують розташовані вище. Цей ефект помітний до висоти 1 км, але різко знижується вже на висотах більше 100 метрів. Висота розташування генератора вище цього прикордонного шару одночасно дає змогу збільшити діаметр лопатей і звільняє площі на землі для іншої діяльності. Сучасні генератори (2010 рік) вже вийшли на цей рубіж, і їх кількість різко зростає у світі. Вітрогенератор починає виробляти струм при вітрі 3 м/с і відключається при вітрі більше 25 м/с. Максимальна потужність досягається при вітрі 15 м/с. Потужність, що віддається, пропорційна третьому ступеню швидкості вітру: при збільшенні вітру удвічі, від 5 м/с до 10 м/с, потужність збільшується у вісім разів.

У серпні 2002 року компанія Enercon побудувала прототип вітрогенератора E-112 потужністю 4,5 МВт. До грудня 2004 року турбіна залишалася найбільшою у світі. У грудні 2004 року німецька компанія Repower Systems побудувала свій вітрогенератор потужністю 5,0 МВт. Діаметр ротора цієї турбіни

– 126 м, маса гондоли – 200 т, висота вежі – 120 м. У кінці 2005 року Enercon збільшив потужність свого вітрогенератора до 6,0 МВт. Діаметр ротора склав 114 м, висота вежі – 124 м. У 2009 році турбіни класу 1,5 – 2,5 МВт займали 82 % у світовій вітроенергетиці.

Найбільшого поширення у світі набула конструкція вітрогенератора із трьома лопатями і горизонтальною віссю обертання, хоча подекуди ще зустрічаються і дволопатеві. Найбільш ефективною конструкцією для територій з малою швидкістю вітрових потоків визнані вітрогенератори з вертикальною віссю обертання, так звані роторні, або карусельного типу. Зараз все більше виробників переходять на виробництво таких установок, оскільки не всі споживачі живуть на узбережжях, а швидкість континентальних вітрів зазвичай перебуває в діапазоні від 3 до 12 м/с. У такому вітрорежимі ефективність вертикальної установки набагато вища. Слід зазначити, що у вертикальних вітрогенераторів є ще кілька суттєвих переваг: вони практично безшумні і не вимагають абсолютно ніякого обслуговування, при терміні служби більше 20 років. Системи гальмування, розроблені останніми роками, гарантують стабільну роботу навіть під час періодичних шквальних поривів до 60 м/с.

Найбільш перспективними місцями для виробництва енергії з вітру вважаються прибережні зони. Але вартість інвестицій порівняно із сушею вища у 1,5 – 2 рази. У морі, на відстані 10-12 км від берега (а іноді й далі), будуються вітряні електростанції. Вежі вітрогенераторів встановлюють на фундаменти з палів, забитих на глибину до 30 м.

Можуть використовуватися й інші типи підводних фундаментів, а також плаваючі основи. Перший прототип плаваючої вітряної турбіни побудований компанією H Technologies BV у грудні 2007 року. Вітрогенератор потужністю 80 кВт встановлений на плаваючій платформі на відстані 10,6 морської милі від берега Південної Італії на ділянці моря глибиною 108 м.

5 червня 2009 компанії Siemens AG і норвезька Statoil оголосили про встановлення першої у світі комерційної

плаваючої вітроенергетичної турбіни потужністю 2,3 МВт виробництва Siemens Renewable Energy.

Запаси енергії вітру більш ніж у сто разів перевищують запаси гідроенергії всіх річок планети.

Потужність висотних потоків вітру (на висотах 7-14 км) приблизно в 10-15 разів вище, ніж у приземних. Ці потоки постійні, майже не змінюються протягом року. Можливе використання потоків, розташованих навіть над густонаселеними територіями (наприклад, містами), без шкоди для господарської діяльності.

Німеччина планує до 2020 року виробляти 19,6 % електроенергії з відновлюваних джерел енергії, в основному з вітру.

Данія планує до 2020 року 50 % потреби країни в електроенергії забезпечувати за рахунок вітроенергетики.

У Китаї прийнятий Національний План Розвитку. Планується, що встановлені потужності Китаю мають збільшитися до 5 тис. МВт до 2010 року і до 30 тис. МВт до 2020 року. Однак бурхливий розвиток вітроенергетичного сектора дозволив Китаю перевищити поріг у 30 ГВт установленій потужності вже у 2010 році.

Венесуела за п'ять років з 2010 року планує побудувати вітряних електростанцій на 1500 МВт.

Франція планує до 2020 року побудувати вітряних електростанцій на 25 000 МВт.

*Економічні аспекти вітроенергетики.* Основна частина вартості вітроенергії визначається початковими витратами на будівництво споруд вітроенергетичних установок (ВЕУ) (вартість 1 кВт встановленої потужності ВЕУ ~1000 дол.).

Вітряні генератори у процесі експлуатації не споживають викопного палива. Робота вітрогенератора потужністю 1 МВт за 20 років дає можливість заощадити приблизно 29 тис. т вугілля або 92 тис. барелів нафти.

Собівартість електрики, виробленої вітрогенераторами, залежить від швидкості вітру.



## ЛЕКЦІЯ 8

### Енергетичні установки на базі паливних елементів

Глобальним завданням, що стоїть перед цивілізованим людством, є виробництво енергії екологічно безпечним і економічним способом. Традиційні методи виробництва енергії у двигунах внутрішнього згоряння, на теплових, атомних і гідроелектростанціях пов'язані із серйозними екологічними проблемами. В результаті хімічних процесів горіння палива в парогенераторах електростанцій і двигунах внутрішнього згоряння відбуваються викиди шкідливих компонентів у навколишнє середовище. Крім того, виробництво електроенергії традиційними способами проходить через кілька послідовних ступенів (спалювання палива, передача тепла через пар на турбіну, перетворення механічної енергії в електричну в електрогенераторі) і характеризується невисоким ККД ~ 20-40 %.

Разом з тим давно відомі електрохімічні способи прямого перетворення енергії палива, висловлені ще В. Оствальдом у 1894 році, практично позбавлені зазначених недоліків. Електрохімічний спосіб перетворення енергії здійснюється в паливних елементах (fuel cells – FC), в яких хімічна енергія палива та окислювача, що безперервно підводяться до електродів, перетворюється в електричну.

У FC енергія палива (водню, природного або генераторного газу, бензину тощо) перетворюється в електричну безпосередньо, виключаючи стадію горіння, тому ККД, у принципі, може набувати більш високих значень, досягаючи ~ 70-90 %. Основним джерелом енергії в промисловості і транспорті в даний час є граничні вуглеводні, наприклад, природний газ (метан  $\text{CH}_4$ ) або бензин.

Процес горіння є окислювально-відновною реакцією, в якій паливо (відновник) віддає електрони, а кисень (окислювач) приймає електрони. У топці при «гарячому» окислюванні цей процес здійснюється спонтанно, обмін електронами між молекулами відновника і окислювача хаотичний. Від наукової ідеї до перших лабораторних і, тим більше, діючих промислових FC пройшли багато десятиліть.

Прогрес у створенні FC стримувався відсутністю матеріалів з потрібними властивостями, недостатнім рівнем і великою вартістю технології виготовлення окремих елементів і батарей FC. Тільки у 1958 році в Англії Ф. Беконом був створений порівняно працездатний зразок батареї воднево-кисневих FC, яка мала електричну потужність 5 кВт/год. Слідом за демонстрацією працюючої батареї FC Ф. Бекона в усьому світі різко підвищився інтерес до проблеми FC, почалися інтенсивні дослідження в цій галузі.

Обсяг таких робіт значно збільшився після того, як, починаючи з 1965 року, FC вперше почали застосовуватися як автономні джерела електричної енергії на космічних кораблях «Союз», «Джеміні» і «Аполлон».

Паливні елементи являють собою дуже ефективний, надійний, довговічний і екологічно чистий спосіб отримання енергії.

Спочатку застосовували лише в космічній галузі, в даний час паливні елементи все активніше використовуються у різних сферах – як стаціонарні електростанції, автономні джерела тепла електропостачання будівель, двигуни транспортних засобів, джерела живлення ноутбуків і мобільних телефонів. Частина цих пристроїв є лабораторними прототипами, частина проходить передсерійні випробування або використовується в демонстраційних цілях, але багато моделей випускаються серійно і застосовуються в комерційних проектах.

#### **Переваги паливних елементів:**

- це безшумні джерела енергії (паливний елемент сам по собі не має рухомих частин);
- можливість використання різних видів палива;
- широкий діапазон потужностей – від 1 до 10000 кВт;
- швидка реакція на змінні навантаження;
- висока надійність і безпека низькотемпературних пристроїв;
- екологічна чистота;
- модульна конструкція, що дає змогу відносно легко нарощувати потужність вже наявних енергетичних установок з паливними елементами;
- можливість паралельної генерації тепла;

- за необхідності можна використовувати воду, яка є продуктом хімічної реакції.

З практичної точки зору паливний елемент нагадує звичайну гальванічну батарею. Відмінність полягає в тому, що спочатку батарея заряджена, тобто заповнена «паливом». У процесі роботи «паливо» витрачається і батарея розряджається. На відміну від батареї паливний елемент для виробництва електричної енергії використовує паливо, що подається від зовнішнього джерела (рисунок 9).



Рисунок 9 – Загальна схема паливного елемента

Основні типи воднево-кисневих FC, які отримали широкий розвиток після 1960 року:

1 *Лужні паливні елементи* (Alkaline Fuel Cells – AFC); електроліт – 40-70 мас.% розчин KOH, робоча температура – від 60 до 240 °C. Такі елементи вперше були використані на американських космічних кораблях проекту "Аполлон" у 1967 році (пристрої з потужністю 1,5 кВт). AFC використовуються досі на космічних кораблях США і мають напрацювання 65000 годин протягом 87 польотів.

2 *Мембранні паливні елементи* (Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells – PEMFC); електроліт – полімерна іонообмінна мембрана, робоча температура – в інтервалі 60-100 °C. Саме такі елементи були вперше використані в батареї

для американського космічного апарата "Джеміні" в 1965 році (пристрої з потужністю в 1 кВт). Ці елементи, що працюють на метанолі, особливо важливі при створенні малогабаритних FC невеликої потужності, призначених для живлення електронних пристроїв (персональних комп'ютерів, мобільних телефонів тощо).

3 *Фосфорнокислі паливні елементи* (Phosphoric Acid Fuel Cells – PAFC); електроліт – 85-95 об. % розчин фосфорної кислоти, робоча температура – 180-200 °С; такі елементи використовувалися для створення численних автономних енергоустановок потужністю 250 кВт, а також електростанцій потужністю до 4 МВт. PAFC є єдиним видом паливних елементів, які з 1980-х років випускаються в порівняно великому масштабі. Вони застосовуються в поєднанні з установками для конверсії природного газу та нафтопродуктів у численних локальних енергетичних агрегатах потужністю в сотні кіловатів. Найбільша установка з PAFC – електростанція поблизу Токіо потужністю 11 МВт, побудована в 1991 році працювала 40 тис. год до капітального ремонту.

4 *Карбонатно-розплавні паливні елементи* (Molten Carbonate Fuel Cells MCFC); електроліт – розплав суміші карбонатів натрію, калію і літію з робочою температурою близько 650 °С; на основі таких елементів у США і Японії створені дослідні стаціонарні установки потужністю до 0,5 МВт. Найбільшою установкою з MCFC була електростанція потужністю 2 МВт, побудована в 1990 році у місті Санта Клара (Каліфорнія). Ця станція пропрацювала до капремонту трохи більше 4 тис. год.

5 *Твердооксидні паливні елементи* (Solid Oxides Fuel Cells SOFC); електроліт – тверді киснепровідні оксиди ( $ZrO_2-Y_2O_3$ ,  $CeO_2-Gd_2O_3$  та ін.) з робочою температурою в інтервалі 600-1000 °С. На основі таких елементів створені дослідні установки потужністю до 100 кВт. SOFC застосовані, головним чином, для енергоустановок великої потужності, в яких можливо звести до мінімуму відносну частку теплових втрат у навколишнє середовище. Однією з головних переваг цього типу паливних елементів є відсутність рідкого електроліту і можливість створення мініатюрного одиничного елемента, що складається з тонких шарів електродів і електроліту.

Паливні елементи типу SOFC продемонстрували дуже високу надійність. Наприклад, прототип паливного елемента виробництва «Siemens Westinghouse» (рисунок 10) напрацював 16 600 годин і продовжує працювати, що стало найтривалішим безперервним терміном експлуатації паливного елемента у світі.

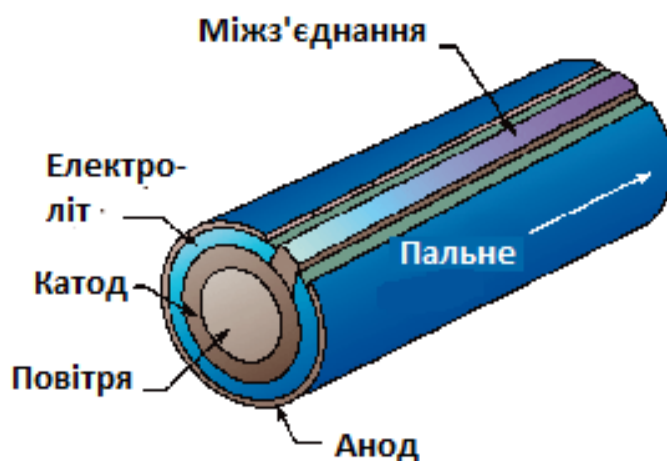


Рисунок 10 – Схема окремої комірки твердотілого оксидного паливного елемента (SOFC) трубчастої топології виробництва компанії «Siemens Westinghouse Power Corporation»

Вибір вихідного палива, використовуваного в енергетичних установках, визначається його вартістю, доступністю, екологічними характеристиками, хімічною активністю і питомою енергією на одиницю маси.

На жаль, з прийнятною швидкістю в паливних елементах може окислюватися тільки водень і лише в SOFC і MCFC – суміш водню і монооксиду вуглецю ( $H_2 + CO$ ) так званий «синтез газ». Це викликано тим, що в реальних умовах при прямій подачі палива на анод можлива реакція крекінгу метану, яка може протікати на металевих поверхнях нікелю і заліза з виділенням вуглецю (сажі). Саме в цьому криється головна причина різкого підвищення перенапруги на аноді, його блокування та неможливості використання безпосередньо природного газу як палива.

У даний час розробляються сучасні мембранні технології конверсії шляхом дозованого окислення природного газу в суміш  $H_2$  і  $CO$  (так званий «синтез газ»). У результаті виникла можливість розроблення SOFC третього покоління, в яких як

паливо можна використовувати безпосередньо природний газ, метанол і бензин.

В Україні паливні елементи пов'язують з ім'ям автора першої у світі книги про паливні елементи (1946 р.) – Оганеса Карапетовича Давтяна, який почав відповідну діяльність в Одеському університеті ім. І.Мечникова в 1953 році. Там же в 1962 році була заснована лабораторія, де була створена серія генераторів потужністю від 100 Вт до 5 кВт, і разом з Черкаським "Ротором" почала працювати над створенням гібридного автомобіля на паливних елементах. У 80-х роках перспективні роботи в цьому напрямку були повністю закриті, а лабораторія розформована.

У незалежній Україні цілеспрямована діяльність у сфері паливних елементів розпочалася лише останнім часом.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України і ТОВ «Цирконій України» виготовили першу українську модель твердооксидного паливного елемента.

Україна володіє єдиним в Європі, найбільшим у всій Північній півкулі і одним з найбільших у світі родовищем піску-циркону і наявним науковим потенціалом, який вміє виготовляти цирконієву кераміку, і має всі підстави стати одним з провідних експортерів енергетичних установок на паливних елементах.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Остапчук М.В., Тимофеева Л.А., Геворкян Е.С. Нові матеріали, технології та методи неруйнуючого контролю. - Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 89 с.

2 Крыжний Г.К. Стратегический технологический менеджмент: Учеб. пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 448 с.

3 Грабченко А.И. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении: Учеб. пособие. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 215 с.

4 Пупань Л.И., Кононенко В.И. Перспективные технологии получения и обработки материалов: Учеб. пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 261 с.

5 Болдырев А.С., Люсов А.Н., Алёхин Ю.А. Использование отходов в промышленности строительных материалов. – М.: Знание, 1983. – 63 с.

6 Бернадинер М.И., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 302 с.

7 Звягинцев Г.Л. Промышленная экология и технология утилизации отходов. – Харьков: Вища школа, 1986. – 144 с.

8 Михайлов В.И., Кривоносова Н.Т. Технология производства керамических изделий на основе отходов промышленности. – К.: Будівельник, 1983. – 80 с.

9 Резниченко П.Т. Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности: Справочник. – Днепропетровск: Промінь, 1979. – 173 с.

10 Лотар Штарке, Михайлов В.В., Брагинский В.А. Использование промышленных и бытовых отходов. – Ленинград: Химия, Ленинградское отделение, 1987. – 347 с.