

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ОСНОВИ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ В ЕКОЛОГІСТИЧНОМУ АСПЕКТІ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр», «Магістр»
за освітніми програмами «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних
систем», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів»
спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
144 «Теплоенергетика»

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Укладачі: **Бойченко С.В.**, доктор технічних наук, професор
Максименко О.Е., асистент
Яковлева А.В., кандидат технічних наук
Хрутьба В.О., доктор технічних наук, професор
Зюзюн В.І., кандидат технічних наук, доцент
Данілін О.В., кандидат технічних наук, доцент

Рецензент **Вовк О.О.**, доктор технічних наук, професор
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра геоінженерії НН ІЕЕ

Відповідальний редактор **Розен В.П.**, доктор технічних наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 24.06.2022 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту енергозбереження
та енергоменеджменту (протокол № 10 від 31.05.2022 р.)*

Основи енерготехнологій в екологістичному аспекті. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр», «Магістр» за освітніми програмами «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика» / С.В. Бойченко, О.Е. Максименко, А.В. Яковлева, В.О. Хрутьба, В.І. Зюзюн, О.В. Данілін; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 229 с.

Містить основні теоретичні засади енергоефективних екологічно чистих технологій, екологістиків енергетичній та транспортній галузях. Енерготехнологія та екологістика – два міждисциплінарних напрями, що доповнюють один одного у контексті Концепції декарбонізації економіки та Доктрини Сталого розвитку суспільства. Приділено увагу систематизації та розширенню знань про техногенний вплив на довкілля, а також містить методологічні основи сучасних технологічних енергоефективних процесів, процесів утилізації та рециклінгу відходів енергетичної та транспортної галузей, що створює необхідні та достатні умови для отримання знань, умінь та навичок у студентів, які навчаються за спеціальностями: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика». Буде корисним для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища», 101 «Екологія» та інших, де передбачено вивчення освітніх компонентів, пов'язаних енергоефективними технологіями, енергоощадністю, раціональним використанням експлуатаційних матеріалів, поводженням з відходами, екологістикою, гарбалогією.

Призначений для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр» і «Магістр», які опановують освітні компоненти «Енерго - та ресурсоощадні установки», «Машини та обладнання енергоємних виробництв», «Промислова екологія», «Енерго- і ресурсозбереження в енергетиці», «Екологічно чисті енерготехнології», «Основи інженерії та технології сталого розвитку» та інші.

Реєстр. № НП 21/22-632. Обсяг 11 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

УДК 502.335:620.97:628.477(075.8)
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

Розділ 1. Вступ до технічної термодинаміки	5
1.1. Основні терміни, поняття та визначення.....	6
1.2. Термодинамічні параметри стану робочого тіла.....	9
1.2.1. Тиск	9
1.2.2. Температура.....	11
1.2.3. Питомий об'єм	12
1.3. Рівняння стану ідеального газу.....	15
1.4. Газові суміші	20
1.5. Теплоємність газів	23
1.6. Термодинамічні процеси.....	26
Завдання для самостійної роботи	28
Розділ 2. Основи енерготехнології.....	30
2.1. Енерготехнологічні схеми використання палив	31
2.2. Комплексна переробка вугілля.....	36
2.2.1. Технологічні схеми комплексної переробки вугілля.....	36
2.2.2. Технологічні схеми енерготехнологічних комплексів	38
2.3. Ядерно-технологічні комплекси.....	40
2.3.1. Схеми ядерно-технологічних комплексів	40
2.3.2. Термодинамічна ефективність установок ядерно-технологічних комплексів.....	48
Завдання для самостійної роботи	50
Розділ 3. Сутність екологічного аспекту в енергетиці та транспорті.....	52
3.1. Екологічний чинник утилізації та рециклінгу відходів транспорту. 66	
3.1.1. Екологізація автомобільного транспорту та нейтралізація токсичних викидів у двигунах внутрішнього згорання.....	66
3.1.2. Технології та обладнання утилізації та рециклінгу транспортних засобів.....	78
3.1.2.1. Розбирання автомобіля та його агрегатів.....	78
3.1.2.2. Очищення агрегатів і деталей автомобілів	80
3.1.2.3. Аналіз стану та сортування деталей з автомобілів, що вийшли з експлуатації	86
3.1.2.4. Техніка безпеки під час утилізації та рециклінгу транспортних засобів	88
3.2. Процеси та апарати, що використовують під час утилізації транспортних засобів	98
3.2.1. Пресування автомобільного металобрухту.....	98
3.2.2. Дроблення автомобільного металобрухту	101
3.2.3. Видова сепарація відходів металів.....	105
3.3. Технології утилізації та рециклінгу пластикових виробів транспортних засобів	110
3.3.1. Утилізація деталей з поліолефінів	111

3.3.2 Утилізація відходів ПВХ матеріалів.....	112
3.3.3. Утилізація деталей з пінополіуретану (ППУ).....	116
3.3.4. Утилізація деталей з полістирольних пластиків.....	118
3.3.5. Утилізація деталей з реактопластів.....	118
3.4. Технології утилізації та рециклінгу амортизованих шин і гумотехнічних виробів	120
3.4.1. Виготовлення та застосування гумової крихти	122
3.4.2. Виробництво регенерату	127
3.4.3. Хімічні способи утилізації гумових відходів.....	130
3.5. Технології утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів.....	134
Завдання для самостійної роботи:	142
Розділ 4. Екологістика як методологічний інструмент підвищення енергоефективності технологічних процесів	144
4.1. Енергоефективність – ключовий інструмент сталого розвитку	144
4.2. Парадигма та концепція реверсивної логістики (логістики ресурсозбереження)	149
4.3. Екологістика в управлінні відходами енергетичного сектору	164
4.4. Методологічні основи оцінки еколого-економічної ефективності транспортної логістики підприємства в системі поводження з відходами.....	180
Завдання для самостійної роботи:	190
Перелік використаних і рекомендованих літературних джерел	191
Додаток 1.....	194
Додаток 2.....	224
Додаток 3.....	225
Додаток 4.....	226
Додаток 5.....	227
Додаток 6.....	228
Додаток 7.....	229

РОЗДІЛ 1

ВСТУП ДО ТЕХНІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Термодинаміка – наука про найбільш загальні властивості макроскопічних фізичних систем в стані термодинамічної рівноваги і процесів переходу між цими станами. Іншими словами, це наука, що вивчає енергію та закони її перетворення з одного виду в інший. Термодинаміка поділяється на загальний, хімічний і технічний.

Загальна (фізична) термодинаміка дає уявлення про загальнотеоретичні основи термодинаміки і закони перетворення енергії.

Хімічна термодинаміка вивчає тепловий вплив хімічних реакцій і процесів.

Технічна термодинаміка – це галузь термодинаміки, що займається застосуванням законів термодинаміки до теплотехніки, що вивчає широкий спектр явищ, що спостерігаються в природі і техніці. Її основним завданням є обґрунтування теорії теплових двигунів, електростанцій і теплотехнічного обладнання.

У термодинаміці, що вивчає закони перетворення енергії в різних процесах і пов'язаному з нею стані фізичних тіл, використовується феноменологічний метод дослідження, в якому не робиться ніяких припущень про молекулярну структуру досліджуваних тіл, що отримані експериментально.

Термодинаміка заснована на трьох основних законах (принципах): **перший**, що є додатком до теплових систем закону перетворення і збереження енергії, **другий**, що характеризує напрям теплових процесів, що відбуваються в природі, і третій, в якому говориться, що абсолютна нульова температура недосяжна.

Отже, ця наука характеризується високим рівнем абстракції об'єкта дослідження. Це, з одного боку, робить термодинаміку і її методи придатними для вирішення багатьох практичних завдань з різних галузей

науки і техніки. Але, з іншого боку, саме тому термодинаміка не дозволяє пояснити причини, характер явищ, що відбуваються. Відповідь на ці питання можна отримати тільки на основі молекулярно-кінетичної теорії газів, в порівнянні з якою термодинаміка має свої переваги і недоліки.

Термодинаміка, основи якої походить від надзвичайно ідеалізованої моделі, застосовується до систем, для яких існують закони, що лежать в її основі.

1.1. Основні терміни, поняття та визначення

Тепловий рух – це випадковий (хаотичний) рух мікрочастинок (молекул, атомів і т.д.), з яких складаються всі тіла.

Передача енергії в результаті обміну хаотичного, ненаправленого руху мікрочастинок називається **теплообміном**, а кількість переданої при цьому енергії – **кількістю теплоти, теплотою процесу або теплом**.

Вивчаючи поведінку речовин (об'єктів), що беруть участь в процесах з обміном енергією, термодинаміка відрізняє їх від сукупності навколишніх тіл. Звідси, з'являється таке важливе поняття як термодинамічна система.

Термодинамічна система – це сукупність макроскопічних тіл, що обмінюються енергією між собою і навколишнім середовищем (всі інші тіла, які не входять в термодинамічну систему).

Термодинамічна система має межі, що відокремлюють її від навколишнього середовища. Ці межі можуть бути як реальними (газ у баку, фазовий інтерфейс), так і умовними (у вигляді контрольної поверхні).

Термодинамічна система, між будь-якими частинами якої немає поверхні розділу, називається **однорідною (гомогенною)**. Якщо ж вона складається з окремих частин, які розмежовані поверхнями розділу – **неоднорідною (гетерогенною)**, однорідна частина яких називається **фазою**.

Навколишнє середовище – це все, що не входить в термодинамічну систему.

Термодинамічна система може енергетично взаємодіяти з навколишнім середовищем та іншими системами, а також обмінюватися з ними речовинами.

Залежно від умов взаємодії з іншими системами існують: **відкрита система** – за наявності обміну енергією й матерією з навколишнім середовищем і **закрита** – за відсутності обміну енергією й матерією з навколишнім середовищем; **адіабатна** – за відсутності теплообміну з іншими системами; **ізолювана** – за відсутності обміну енергією та речовиною з іншими системами.

Існують рівноважні та нерівноважні стани термодинамічної системи. **Рівноважний термодинамічний стан** – це стан тіла, що не змінюється в часі без зовнішнього енергетичного впливу. При цьому всі макроскопічні зміни (дифузія, теплообмін, хімічні реакції) зникають, хоча тепловий (мікроскопічний) рух молекул не припиняється. Стан термодинамічної системи, при якій температура однакова у всіх її частинах, називається **ізотермічним рівноважним станом**.

Ізолювана термодинамічна система, незалежно від її початкового стану, завжди приходить до стану рівноваги з плином часу, з якого вона ніколи не може вийти спонтанно (основним постулатом термодинаміки є нульовий початок).

Стан термодинамічної системи, за якої значення параметрів у всіх її частинах залишаються незмінними з плином часу (через зовнішній вплив потоку матерії, енергії, імпульсу і т.д.) називається **стаціонарним**. Якщо значення параметрів змінюються з плином часу, стан термодинамічної системи називається **нестационарним**.

Тобто, термодинамічною системою називають будь-яку сукупність матеріальних тіл, укладених всередині заданих або довільно вибраних меж. Усе, що перебуває поза межами термодинамічної системи, називається зовнішнім середовищем. Термодинамічні системи підрозділяються на:

– гомогенні – однорідні за складом і фізичними властивостям у всьому

об'ємі;

- гетерогенні – складаються з різнорідних тіл, відділених одне від одного поверхнями розділення;

- відкриті або закриті – мають проникні (непроникні) для речовини межі;

- неізолювані або ізолювані – перебувають (не перебувають) у енергетичній взаємодії із зовнішнім середовищем. Повністю ізолюваних систем у природі не буває. Бувають тільки частково ізолювані системи: теплоізолювані – адіабатні, механічно ізолювані – у твердій оболонці і т.д. Поряд з поняттям термодинамічної системи, часто використовується поняття робочого тіла – це тіло, здатне сприймати теплоту і виконувати механічну роботу (приклад: у теплових двигунах це вода і водяна пара, гази і т.п.). Термодинамічна система характеризується певними значеннями її властивостей. Ці властивості термодинамічного тіла (системи) називаються параметрами стану. Параметри стану – це будь-яка величина, властива тілу, зміна якої визначається тільки початковим і кінцевим станом тіла та не залежить від характеру процесу зміни його стану, за переходу тіла з першого стану в другий. Параметри стану можна розділити на дві групи:

- інтенсивні – що не залежать від кількості речовини і при взаємодії тіл вирівнюються (температура, тиск і т.п.);

- екстенсивні – залежні від кількості речовини (маса, об'єм, внутрішня енергія і т.п.). Вимірювання екстенсивної величини проводиться порівнянням її з такою ж за природою величиною, обраною за одиницю – еталоном (метр, кілограм і т.п.). Вимірювання інтенсивної величини ґрунтується на використанні об'єктивного зв'язку між змінами цієї інтенсивної величини і будь-якої екстенсивної величини. Деякі екстенсивні величини здобувають властивості інтенсивних, якщо їх розглядають стосовно до одиниці маси даної речовини (питомі величини). Термодинамічні параметри не завжди можуть бути виміряні приладами. Ряд параметрів, що не піддаються виміру, введені для зручності розрахунків 9 термодинамічних процесів. Значення цих

параметрів знаходять розрахунковим шляхом. Наприклад, до них відносять ентальпію та ентропію. Такі параметри мають назву енергетичних або калоричних параметрів або функцій стану. Параметри, що можливо виміряти приладами, називаються термічними. Наприклад, до цих параметрів відносяться температура і тиск. Поняття термічних параметрів стану відноситься до таких параметрів, які можуть бути безпосередньо виміряні за допомогою приладів. До основних термічних параметрам стану відносять: питомий об'єм, тиск і температуру.

1.2. Термодинамічні параметри стану робочого тіла

Параметри стану – це фізичні величини, що характеризують стан термодинамічної системи і не залежать від її передісторії.

Основні термодинамічні параметри стану системи, що характеризують макроскопічний стан тіл:

- тиск P ,
- температура T ,
- питомий об'єм v .

1.2.1. Тиск

Тиск – це фізична величина, що чисельно дорівнює нормальному компоненту сили, що діє на одиницю площі поверхні. Тиск можна виміряти висотою стовпа рідини, що врівноважує тиск розглянутого середовища

$$p = h \cdot \rho \cdot g, h = \frac{p}{\rho g}.$$

Для вимірювання тиску використовуються барометри, манометри й вакуумні датчики. Відповідно відрізняють атмосферний (барометричний тиск), абсолютний тиск, манометричний (надлишковий), розрідження (вакуум):

$P_{\text{бар}}$ – барометричний тиск (атмосферний, вимірюється барометром);

$P_{\text{абс}} > P_{\text{бар}}$: $P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}}$ – абсолютний тиск з урахуванням надмірного (калібрувальної) тиску;

$P_{\text{абс}} < P_{\text{бар}}$: $P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{ман}}$ – абсолютний тиск у випадку вакууму (вакууму).

У термодинаміці параметром стану тіла є тільки абсолютний тиск, вимірюваний з нуля (абсолютний вакуум), що характеризує стан термодинамічної системи.

У СІ одиниця тиску має назву Паскаль: $\left[\frac{H}{M^2} \right] = \left[\frac{кг}{м / с^2} \right] = [Па]$

Ньютон на квадратний метр – рівномірно розподілений тиск, за якого на 1 м^2 діє нормально до поверхні сила, що дорівнює 1 Н. Для практичного вживання одиниця тиску $1 \left[\frac{H}{M^2} \right]$ дуже мала. Тому в техніці тиск вимірюється у мегапаскалях [МПа]:

$$1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па.}$$

Позасистемною одиницею тиску є ще бар:

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па.}$$

У технічній системі одиниця тиску є кілограм-сила на квадратний метр $\left[\frac{кгс}{M^2} \right]$.

Позасистемні одиниці виміру (таблиця 1.1):

міліметр водяного стовпа [мм вод ст], $1 \text{ мм вод ст} = 9,80665 \text{ Па}$;

міліметр ртутного стовпа [мм рт ст], $1 \text{ мм рт ст} = 133,322 \text{ Па}$;

$1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ мм вод ст} = 98066,5 \text{ Па} = 0,981 \text{ бар} = 735,1 \text{ мм рт ст}$;

$1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Н/м}^2$; $1 \text{ бар} = 1,0197 \text{ кгс/см}^2 = 750,1 \text{ мм рт ст}$.

Таблиця 1.1 – Співвідношення між одиницями тиску

Одиниці	кгс/см ²	Па	ат техн атм	атм фіз атм	бар	мм рт ст	мм вод ст
кгс/см ²	1	9,81	$1 \cdot 10^{-4}$	$0,97 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^{-5}$	$735,5 \cdot 10^{-4}$	1
Па	0,102	1	$0,102 \cdot 10^{-4}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$750 \cdot 10^{-5}$	0,102
Ат	$1 \cdot 10^4$	$9,8 \cdot 10^4$	1	0,9678	0,98	735,55	$1 \cdot 10^4$
Атм	$1,033 \cdot 10^4$	$1,013 \cdot 10^5$	1,033	1	1,01	760	$1,033 \cdot 10^4$

Бар	10197	$1 \cdot 10^5$	1,01972	1,01972	1	750	10197
мм рт ст	13,595	133,322	$13,56 \cdot 10^{-4}$	$13,16 \cdot 10^{-4}$	0,00133	1	13,595
мм вод ст	1	9,81	$1 \cdot 10^{-4}$	$0,97 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^{-5}$	$735,5 \cdot 10^{-4}$	1

Молекулярно-кінетична теорія газу дозволяє встановити зв'язок між тиском і кінетичною енергією теплового руху молекул газу, пари або рідини. Тиск, згідно з цією теорією – це статистично усереднене значення імпульсу, що переноситься хаотичним (тепловим) рухом молекул за одиницю часу через одиницю площі поверхні, що обмежує обсяг системи.

$$p = n \frac{m \cdot \overline{w^2}}{3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{N_A}{M_\theta} \cdot \frac{(m \cdot \overline{w}) \overline{w}}{2}, \quad (1.1)$$

де n – кількість молекул в 1 м^3 ; m – маса молекули, кг; w – середня квадратна швидкість молекул, м/с; $N_A = 6,02 \cdot 10^{26}$ – число Авогадро; M_θ – молекулярний об'єм речовини газу, $\text{м}^3/\text{кмоль}$; вираз $\frac{m \cdot w^2}{2}$ визначає середню кінетичну енергію поступового руху однієї молекули.

1.2.2. Температура

Молекулярно-кінетична теорія газів встановлює пряму пропорційність між середньою кінетичною енергією поступового руху молекул і абсолютною температурою.

$$\frac{2}{3} m \frac{w^2}{2} = k \cdot T, \quad (1.2)$$

де m – маса молекули, кг; T – абсолютна температура, k – стала Больцмана, що дорівнює $1,3806 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$.

Тоді, абсолютна температура є мірою середньої кінетичної енергії трансляційного руху молекули і відноситься до всієї маси молекул, що рухаються з різною швидкістю.

З рівнянь (1.1), (1.2) випливає вираз, що називається основним рівнянням кінетичної теорії газів:

$$m = n \cdot k \cdot T, \quad (1.3)$$

Із рівняння (1.3) видно, що чим більше тиск P , тим вища абсолютна температура T і тим більше молекул в одиниці об'єму. Крім того, тиск має не тільки механічне, але й статистичне значення, так як пов'язаний з температурою.

Температура характеризує ступінь нагрівання тіла, що визначає напрям переносу теплоти (теплопередачі). Якщо два тіла A і B мають відповідно температури T_1 і T_2 і $T_1 > T_2$, то тепло переходить від тіла A до тіла B . У даному випадку температура тіла A знижується, а температура тіла B підвищується.

Числове значення термодинамічної абсолютної температури можна визначити з рівняння (1.2):

$$T = \frac{2}{3 \cdot k} m \frac{w^2}{2}, \quad (1.4)$$

Таким чином, в термодинаміці температура розглядається як середня статистична величина, що характеризує систему, що складається з величезного (але скінченного) числа молекул в хаотичному (тепловому) русі. Тому поняття температури не поширюється на поодинокі молекули.

Однак безпосередньо виміряти кінетичну енергію молекул газу практично неможливо. Температуру вимірюють за допомогою різних термометричних приладів – термометрів. Вони засновані на явищі залежності властивостей речовини (теплове розширення, електричний опір, ЕРС, теплове випромінювання і т.д.) від температури, за величиною зміни якої судять про зміну температури.

1.2.3. Питомий об'єм

Питомий об'єм робочого середовища (речовини) – це об'єм, що займає одиниця маси цієї речовини, $\text{м}^3/\text{кг}$:

$$\nu = \frac{V}{M}, \quad (1.5)$$

де V – об'єм тіла, M – його маса.

Значення обернене до конкретного об'єму, що визначає кількість речовини на одиницю об'єму – **густина робочого середовища**:

$$\rho = \frac{1}{\nu} = \frac{M}{V}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (1.6)$$

$$M = \rho \cdot V \quad (1.7)$$

$$\nu \cdot \rho = 1. \quad (1.8)$$

Питомий об'єм і густина також є статистичними середніми показниками, оскільки вони характеризують розподіл маси матерії по об'єму системи через тепловий рух молекул.

Густина і питомий об'єм залежать від температури і тиску. Зазвичай в довідковій літературі наводяться їх значення за **нормальних фізичних умов**: $P = 101,325 \text{ кПа}$ (760 мм рт ст) і $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Міри властивостей, що проявляються через взаємодію системи з іншими системами або компонентами даної системи один з одним (на макроскопічному рівні), називаються **теплофізичними характеристиками**. До них відносяться:

- ізобарна та ізохорна теплоємності (C_p та C_v);
- ізотермічний коефіцієнт стиснення $\beta = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$;
- коефіцієнт об'ємного теплового розширення $\beta_T = \frac{1}{T}$;
- коефіцієнт адіабатного стиснення (термічний коефіцієнт тиску)

$$K_S = -V \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S \text{ і т.д.}$$

Серед теплофізичних характеристик, що проявляються через взаємодію на мікроскопічному рівні (кінетичні явища), тобто не діючих як

термодинамічні параметри стану можна віднести коефіцієнти: теплопровідності λ , в'язкості μ , дифузії D і т. д.

Будь-яка зміна параметрів стану є причиною (умовою) виникнення (наявності) термодинамічних процесів.

Термодинамічний процес – це послідовна зміна стану тіла, що відбувається в результаті енергетичної взаємодії робочого тіла з навколишнім середовищем, що характеризується обов'язковою зміною хоча б одного параметра стану. Процес називається **рівноважним**, якщо в системі в будь-який час встановлюється рівноважний стан. Процес називається **нерівноважним** за умови, якщо він протікає з кінцевою швидкістю і викликає появу скінченних перепадів тиску, температур, густини і т.д.

Основні параметри стану системи в термодинамічній рівновазі взаємопов'язані, а кількість незалежних параметрів стану системи завжди дорівнює числу її термодинамічних ступенів свободи:

$$P = f_P(\vartheta, T), \vartheta = f_\vartheta(P, T), T = f_T(P, \vartheta). \quad (1.9)$$

Таким чином, рівноважний стан термодинамічної системи цілком визначається значеннями двох незалежних змінних. При цьому термодинамічна система називається **простою системою** або **простим тілом**, наприклад, гази, пари, рідини і багато твердих тіл в термодинамічній рівновазі.

Слід зазначити, що, в більш загальному випадку, термодинамічні параметри стану поділяються на інтенсивні та екстенсивні. **Інтенсивні** – не залежать від розмірів і маси системи. До них відносяться: тиск, температура, питомий і молярний об'єми, питома й молярна внутрішня енергія, питома та молярна ентальпія і ентропія. **Екстенсивні** – пропорційні кількості речовини або масі даної термодинамічної системи: об'єм, маса, внутрішня енергія, ентальпія, ентропія і т.д. Як видно, основні параметри стану інтенсивні. Крім того, термодинамічні параметри можна розділити на величини, що мають термодинамічне і механічне значення (тиск, температура, об'єм) і величини, що мають тільки статистичне значення (температура).

У загальному випадку рівноважний стан термодинамічної системи визначається поєднанням зовнішніх і внутрішніх параметрів. Зовнішні параметри характеризують положення системи в зовнішніх полях і її швидкість, внутрішні параметри – досліджувану систему. Наприклад, для газу в циліндрі об'єм є зовнішнім параметром, а тиск газу на стінках циліндра – внутрішній. Якщо система переходить із одного стану в інший, змінюються як зовнішні, так і внутрішні параметри.

Нарешті, термодинамічні параметри, крім поділу на екстенсивні та інтенсивні параметри, можна розділити на теплові і калоричні величини (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Термодинамічні параметри

Термодинамічні параметри					
<i>термічні</i>			<i>калоричні</i>		
P	абсолютний тиск	Па	U	внутрішня енергія	кДж
			u		кДж/кг
v	питомий об'єм	м ³ /кг	H	ентальпія	кДж
			h		кДж/кг
T	абсолютна температура	К	S	ентропія	кДж/К
			s		кДж/кг·К

1.3. Рівняння стану ідеального газу

Рівняння стану ідеального газу виражає взаємозв'язок між параметрами рівноважного стану простої термодинамічної системи, що в цілому має вигляд:

$$f(P, v, T) = 0 \quad (1.10)$$

Рівноважний стан термодинамічної системи однозначно визначається шляхом зазначення двох параметрів стану, наприклад, тиску P і конкретного об'єму v . Температура T в цьому випадку є функцією P і v , тобто $T = f(P, v)$.

У термодинамічних системах ідеальний газ часто розглядається як робоче тіло, що є теоретичною моделлю й не враховує взаємодію частинок газу – молекул, що являють собою матеріальні точки, що не мають об'єму і

сил міжмолекулярного зчеплення. Це дає можливість кожен газ, в якому можна нехтувати силами зчеплення й об'ємом молекул, називати **ідеальним газом**. Таким чином, будь-який газ, що існує в природі в граничному стані за тиску, що має тенденцію до нуля ($P \rightarrow 0$), а конкретний обсяг до нескінченності ($V \rightarrow \infty$), тобто за густини ($\rho \rightarrow 0$), можна розглядати як ідеальний газ.

У просторовій системі координат, на осях якої відкладаються значення P , v , і T , рівняння стану відповідає термодинамічній поверхні, що є індивідуальною для кожної речовини. Для зображення термодинамічних станів і процесів використовують пласкі діаграми

У технічній термодинаміці розглядаються наступні основні процеси:

- ізохорні – за постійного об'єму;
- ізобарні – за постійного тиску;
- ізотермічні – за постійної температури;
- адіабатні – без зовнішнього теплообміну;
- політропні – відбувається за будь-якого, але постійного значення теплоємності (за певних умов можна розглядати як узагальнений термодинамічний процес).

За низького тиску й порівняно високих температур, коли відстань між молекулами реального газу значна, а сили міжмолекулярної взаємодії невеликі, властивості реальних газів близькі до властивостей ідеального газу.

Основні закони ідеального газу, встановлені експериментом:

- закон Бойля-Марріотта: при $T = \text{const}$,

$$pv = \text{const}$$

$$P_1 v_1 = P_2 v_2 \quad (1.11)$$

- закон Гей-Люсака: при $P = \text{const}$, $v/T = \text{const}$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{T_1}{T_2}; \frac{m_2}{m_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1.12)$$

При цьому всі гази під час нагрівання на 1 К збільшують відносний об'єм на таку ж суму, рівну $\beta_0 = 1/273,16$, тобто $\nu = \nu_m (1 + \beta_m \cdot t)$.

На основі цих законів можна встановити взаємозв'язок між параметрами двох довільних станів ідеального газу.

Розглянемо рисунок 1.1:

процес 1–4:

$$T_1 = T_4$$

$$P_1 \nu_1 = P_4 \nu_4$$

$$P_4 = P_3$$

процес 4–3:

$$\frac{\nu_4}{T_4} = \frac{\nu_3}{T_3}.$$

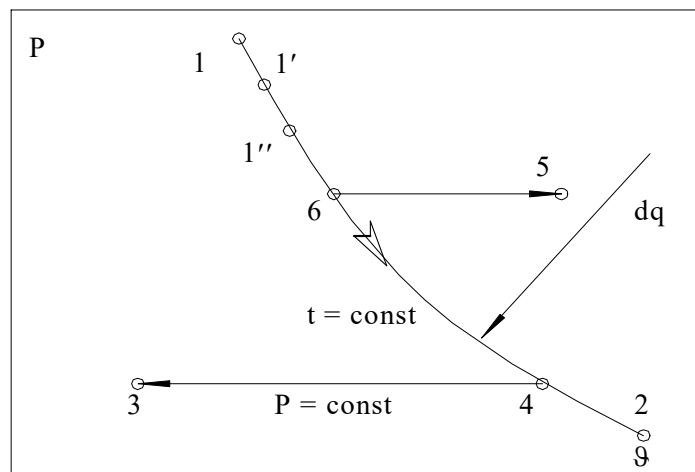


Рисунок 1.1 – Діаграма стану

Виключаючи параметри т.4 з наведених вище рівнянь, отримаємо

$$\frac{m_1 \cdot \nu_1}{T_1} = \frac{m_3 \cdot \nu_3}{T_3}. \quad (1.13)$$

Подібний перехід від стану 1 до стану 5 з проміжним т.б дасть співвідношення

$$\frac{m_1 \cdot \nu_1}{T_1} = \frac{m_5 \cdot \nu_5}{T_5}. \quad (1.14)$$

З (1.13) і (1.14) випливає, що

$$\frac{m_1 \cdot \nu_1}{T_1} = \frac{m_3 \cdot \nu_3}{T_3} = \frac{m_5 \cdot \nu_5}{T_5} = \dots = \text{const} \quad (1.15)$$

або

$$\frac{m \cdot \nu}{T} = \text{const} = R, \quad (1.16)$$

де R – газова постійна характеристика кожного газу, кДж/(кг·К).

Фізичне значення газової сталої полягає в тому, що саме робота виконується 1 кг газу в процесі за постійного тиску і зміні температури на 1°. Адже в цьому випадку для будь-яких двох станів робочого тіла рівняння стану можна записати у вигляді:

$$m \cdot \nu_1 = R \cdot T_1, \quad (1.17)$$

$$m \cdot \nu_2 = R \cdot T_2, \quad (1.18)$$

Віднімаючи рівняння (1.18) з рівняння (1.17), отримуємо

$$m \cdot (\nu_2 - \nu_1) = R \cdot (T_2 - T_1), \quad (1.19)$$

отже

$$R = \frac{m \cdot (\nu_2 - \nu_1)}{T_2 - T_1}, \quad (1.20)$$

де $m \cdot (\nu_2 - \nu_1) = l$ – робота, що виконується газом у цьому процесі.

Знаючи параметри стану газу, легко визначити газову сталу.

Таким чином, за **нормальних фізичних умов** ($P = 101325$ Па і $T = 273,15$ К):

$$R = \frac{m_0 \cdot \nu_0}{T_0} = \frac{101325 \cdot \nu_0}{273,15} = 371 \cdot \nu_0, \quad (1.21)$$

або

$$R = \frac{371}{\rho_0}, \quad (1.22)$$

де v_0 і ρ_0 – це відповідно питомий обсяг і густина газу за нормальних фізичних умов.

Рівняння (1.16) називається характеристичним рівнянням Клапейрона або термічним рівнянням стану ідеальних газів. Воно отримано на основі кінетичної теорії газів при припущенні, що молекули газу – матеріальні точки, взаємне тяжіння між якими відсутнє, тобто ідеальний газ строго підкоряється рівнянню Клапейрона.

Поняття ідеального газу і його закони корисні як межа законів реального газу.

Використовуючи закон Авогадро, згідно з яким однакові об'єми різних ідеальних газів з однаковими P і T містять однакову кількість молекул, отримуємо рівняння Клапейрона-Менделєєва. Якщо μ ми є молекулярною масою газу, то множимося на μ обидві частини рівняння (1.15), отримаємо

$$m \cdot v_\mu = R_\mu \cdot T, \quad (1.23)$$

де $v_\mu = v \cdot \mu$ знаходиться молярний об'єм робочого середовища, $\text{м}^3/\text{моль}$.

За нормальних фізичних умов об'єм одного кіломолю для всіх газів відповідає $v_\mu = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$; $R = R_\mu \cdot \mu$ – універсальна газова константа, $R_\mu = 8314 \text{ Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$. Отже, газова константа конкретного робочого середовища $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$:

$$R = \frac{R_\mu}{\mu} = \frac{8314}{\mu}, \quad (1.24)$$

Універсальна газова константа у фізичному сенсі також є роботою розширення, але 1 кмоль ідеального газу, в процесі, що відбувається за постійного тиску й зміни температури на 1° .

У цьому випадку рівняння Клапейрона-Менделєєва має вигляд:

$$m \cdot \nu = \frac{8314}{\mu} T. \quad (1.25)$$

На основі характеристичного рівняння можна отримати вираз для визначення будь-якого основного параметра стану під час переходу системи з одного стану в інший, якщо відомі значення інших параметрів:

$$\left. \begin{aligned} \frac{m_1 \cdot \nu_1}{T_1} &= \frac{m_2 \cdot \nu_2}{T_2}; & \frac{m_1 \cdot V_1}{T_1} &= \frac{m_2 \cdot V_2}{T_2}; \\ \frac{m \cdot V}{T} &= \frac{m_n \cdot V_n}{T_n}; & \frac{m_1}{\rho_1 \cdot T_1} &= \frac{m_2}{\rho_2 \cdot T_2}. \end{aligned} \right\} \quad (1.26)$$

У таблиці 1.3 наведені фізичні константи для деяких газів.

Таблиця 1.3 – Фізичні газові константи

Газ	Хімічна формула	Маса 1 кмоль, кг/моль	Газова стала, Дж/кг·К	Густина за нормальних фізичних умов, кг/м ³
Кисень	O ₂	32	259,8	1,429
Водень	H ₂	2,016	2124,3	0,090
Азот	N ₂	28,02	296,8	1,250
Чадний газ	CO	28	296,8	1,250
Повітря	-	28,96	287,04	1,293
Водяна пара	H ₂ O	18,016	461,6	0,804
Гелій	He	4,003	207,72	0,178
Аргон	Ar	39,944	208,2	1,784
Аміак	NH ₃	17,031	488,2	0,771

1.4. Газові суміші

При розгляді сумішей газів передбачається, що суміш ідеальних газів, що хімічно не взаємодіють один з одним, також є ідеальним газом і підкоряються законам ідеального газу.

Основним законом, що регулює поведінку газової суміші, є закон Дальтона: кожен окремий газ, включений в газову суміш, має такий тиск, за

якого цей газ займав би увесь обсяг газової суміші за даної температури. Цей тиск називається **парціальним тиском** даного газу.

Математично закон Дальтона, що описує загальний тиск суміші декількох газів, виглядає наступним чином:

$$m_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n m_i, \quad (1.27)$$

де $P_{\text{сум}}$ – тиск газової суміші; P_i – це парціальний тиск i -го компонента, що входить до складу суміші; N – кількість компонентів, що утворюють суміш.

Молекулярна маса суміші:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{сум}} &= \frac{m_{\text{сум}}}{M_{\text{сум}}}; \\ \mu_{\text{сум}} &= \sum_{i=1}^n r_i \cdot \mu_i \end{aligned} \quad (1.28)$$

де $m_{\text{сум}}$ – маса суміші; $M_{\text{сум}}$ – загальна кількість молей компонентів.

Газова стала суміші

$$\begin{aligned} P_{\text{сум}} \cdot V_{\text{сум}} &= m_{\text{сум}} \cdot R_{\text{сум}} \cdot T_{\text{сум}}; \\ R_{\text{сум}} &= \sum_{i=1}^n m_i \cdot R_i; \\ P_{\text{сум}} \cdot V_{\text{сум}} &= T_{\text{сум}} \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot R_i; \\ R_{\text{сум}} &= \frac{8314}{\mu_{\text{сум}}} = \frac{8314}{\sum_{i=1}^n r_i \cdot \mu_i}. \end{aligned} \quad (1.29)$$

Визначення парціального тиску:

$$\begin{aligned} P_i &= r_i \cdot P_{\text{сум}}; \\ P_i &= m_i \frac{R_i}{R_{\text{сум}}} P_{\text{сум}}; \\ P_{\text{сум}} &= P_1 + P_2 + \dots + P_n; \end{aligned} \quad (1.30)$$

$$\begin{aligned}
P_1 &= r_1 \cdot P_{\text{сум}}; \\
P_2 &= r_2 \cdot P_{\text{сум}}; \\
P_n &= r_n \cdot P_{\text{сум}}.
\end{aligned}
\tag{1.31}$$

Об'ємна r і масова m фракція газу:

$$\begin{aligned}
r_n &= \frac{V_n}{V_{\text{сум}}}; \\
m_n &= \frac{M_n}{M_{\text{сум}}};
\end{aligned}
\tag{1.32}$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{сум}} &= M_1 + M_2 + \dots + M_n; \\
m_1 + m_2 + \dots + m_n &= 1; \\
V_{\text{сум}} &= V_1 + V_2 + \dots + V_n; \\
r_1 + r_2 + \dots + r_n &= 1.
\end{aligned}
\tag{1.33}$$

Густина суміші:

$$\rho_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot \rho_i.
\tag{1.34}$$

Питомий обсяг суміші:

$$\nu_{\text{сум}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n r_i \cdot \rho_i}.
\tag{1.35}$$

Вирази для перекладу:

масові долі в об'ємі:

$$r_i = \frac{\frac{m_i}{\mu_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\mu_i}}
\tag{1.36}$$

об'ємні долі в масові:

$$m_i = \frac{r_i \cdot \mu_i}{\sum_{i=1}^n r_i \cdot \mu_i}.
\tag{1.37}$$

Закон Дальтона широко використовується для опису газових сумішей і справедливо підходить для ідеальних газів. Чим вище тиск суміші, тим більше відхилень спостерігається в поведінці газової суміші від закону Дальтона.

1.5. Теплоємність газів

Зміна температури робочого середовища пов'язана з подачею або відведенням тепла.

Теплоємність тіла – це кількість тепла, необхідного для його нагрівання (або охолодження) на один градус. Оскільки одиницею кількості тепла в СІ є джоуль, а температура – градус К, то одиницею теплоємності буде Дж/ К.

Теплоємність одиниці кількості речовини, тобто відношення тепла dq , отриманого одиницею кількості речовини з нескінченною зміною її стану, до елементарної зміни температури dt , називається питомою теплоємністю тіла в цьому процесі:

$$C_X = \frac{dq}{dt}. \quad (1.38)$$

Значення c_X залежить не тільки від температурного діапазону, але і від типу процесу підводу теплоти, що характеризується деяким постійним параметром X , який може бути об'ємом тіла, тиском і т.д.

Загальна кількість тепла, отримана в даному процесі, визначається наступним виразом:

$$q_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} C_X dt \quad (1.39)$$

в якому інтеграл береться від початкового стану 1 до даного кінцевого стану 2 (рисунок 1.1).

Теплоємність речовини залежить від його температури. За цією особливістю розрізняють середні і справжні теплові потужності.

Якщо q_{1-2} – це кількість тепла, що подається (або віддається) одиниці речовини в процесі нагрівання (охолодження) від температури t_1 до температури t_2 :

$$c_m = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} \quad (1.40)$$

Межа цього співвідношення, коли різниця температур прямує до нуля, називається **справжньою теплоємністю**, тобто

$$c = \frac{dq}{dt}. \quad (1.41)$$

Теплоємність газів, близьких за своїми властивостями до ідеалу, залежить не тільки від їх температури, але і від їх атомності і характеру процесу.

Теплоємність реальних газів залежить від їх природних властивостей, характеру процесу, температури і тиску.

Різні значення теплоємностей відповідають зміні стану за постійного об'єму або за постійного тиску. Ці теплові потужності називаються ізохорними C_v і ізобарними C_p .

У термодинаміці розрізняють масову, об'ємну і мольну теплоємності. Теплоємність, віднесена до одиниці маси робочого тіла, називається масовою і позначається: за постійного об'єму C_v і C_{vm} і постійному тиску C_p і C_{pm} . Одиницею вимірювання теплоємності є Дж/кг·К. Масову теплоємність також називають питомою теплоємністю.

Теплоємність, віднесена до одиниці об'єму робочого тіла, називається об'ємною і позначається: за постійного об'єму C_v' і C_{vm}' і постійного тиском C_p' і C_{pm}' . Одиниця вимірювання – Дж/м³·К.

Теплоємність, віднесена до 1 кмоль газу, називається мольною і позначається за постійного об'єму μC_v і μC_{vm} і постійного тиску μC_p і μC_{pm} . Одиниця вимірювання – Дж/моль·К.

Масова і мольна теплоємність пов'язані наступним співвідношенням:

$$c = \frac{\mu \cdot c}{\mu} = \frac{c_{\mu}}{\mu}, \quad (1.42)$$

де μ – молекулярна маса.

Об'ємна теплоємність виражається через мольну як:

$$c' = \frac{\mu \cdot c}{\nu_{\mu}} = \frac{c_{\mu}}{22,4}, \quad (1.43)$$

де $\nu_{\mu} = 22,4 \text{ м}^3/\text{моль}$ – це об'єм молю газу за нормальних фізичних умов.

Зв'язок між об'ємною і масовою теплоємністю виражається співвідношенням

$$c' = c \cdot \rho_{\mu}$$

де $\rho_{\mu} = \mu/22,4$ – густина газу за нормальних фізичних умов.

Існує зв'язок між ізобарною та ізохорною теплоємностями, що визначається рівнянням Майєра:

$$c_P - c_V = R. \quad (1.44)$$

Якщо обидві частини цього рівняння помножити на молекулярну масу, то воно прийме форму:

$$c_{\mu P} - c_{\mu V} = R_{\mu}, \quad (1.45)$$

де R_{μ} – універсальна газова стала $8,314 \text{ кДж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$.

Тому для ідеального газу різниця між питомими теплоємностями C_v і C_p є постійною і дорівнює питомій газовій сталій, а різниця мольних теплоємностей $c_{\mu P}$ і $c_{\mu V}$ – універсальною газовою сталою. Величина газової сталої R визначається зовнішньою роботою, що відбувається в ізобарному процесі за відсутності внутрішньої.

Для реальних газів, на відміну від ідеальних газів, різниця в теплоємності залежить від температури і тиску, тобто

$$c_P - c_V = f(p, T). \quad (1.46)$$

Співвідношення цих теплоємностей може бути представлено наступним чином:

$$k = \frac{\mu \cdot c_P}{\mu \cdot c_V} = \frac{c_P}{c_V} \quad (1.47)$$

$$k = \frac{c_V + R}{c_V} = 1 + \frac{R}{c_V} \quad (1.48)$$

Приблизні значення мольних теплоємностей наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Приблизні значення мольних теплоємностей

Газ	Теплоємність, кДж/(кмоль·К)		K
	μ_{cv}	μ_{cp}	
Одноатомний	12,56	20,93	1,67
Двоатомний	20,93	29,31	1,4
Три- і багатоатомний	29,31	37,68	1,29

Вищесказане дає змогу визначити питому кількість тепла, витраченого під час нагрівання газу в температурному діапазоні від t_1 до t_2 за постійного об'єму або за постійного тиску:

$$q_V = c_{Vm2} \cdot t_2 - c_{Vm1} \cdot t_1, \quad (1.46)$$

$$q_m = c_{Pm2} \cdot t_2 - c_{Pm1} \cdot t_1. \quad (1.47)$$

Якщо в процесі бере участь M (кг) або V_H (м³) газу, то

$$Q_V = M(c_{Vm2} \cdot t_2 - c_{Vm1} \cdot t_1) = V_H(c'_{Vm2} \cdot t_2 - c'_{Vm1} \cdot t_1), \quad (1.48)$$

$$Q_P = M(c_{Pm2} \cdot t_2 - c_{Pm1} \cdot t_1) = V_H(c'_{Pm2} \cdot t_2 - c'_{Pm1} \cdot t_1). \quad (1.49)$$

1.6. Термодинамічні процеси

Рівноважний – це процес переходу термодинамічної системи від одного рівноважного стану до іншого, настільки повільний, що усі проміжні стани можна розглядати як рівновагу. Ці процеси можуть бути представлені графічно, наприклад, у вигляді ізотерм.

Нерівноважний процес – це процес, що не піддається графічному представленню, оскільки робоче тіло системи, що бере участь в процесі, одночасно має кілька різних значень параметрів в різних частинах.

Оборотний – це процес, що може відбуватися як в прямому, так і в зворотному напрямку, і при поверненні в початковий стан система проходить через усі рівноважні стани прямого процесу, але в зворотному порядку.

Необоротний – це процес, що може спонтанно протікати тільки в одному напрямку. Для повернення системи в початковий стан необхідний додатковий зовнішній вплив. Кожен необоротний процес зміни стану робочого тіла є нерівноважним процесом.

Кілька послідовних термодинамічних процесів, таких як 1D2 і 2C1 (рисунок 1.2), що складають замкнутий термодинамічний процес 1D2C1, утворюють круговий процес або цикл.

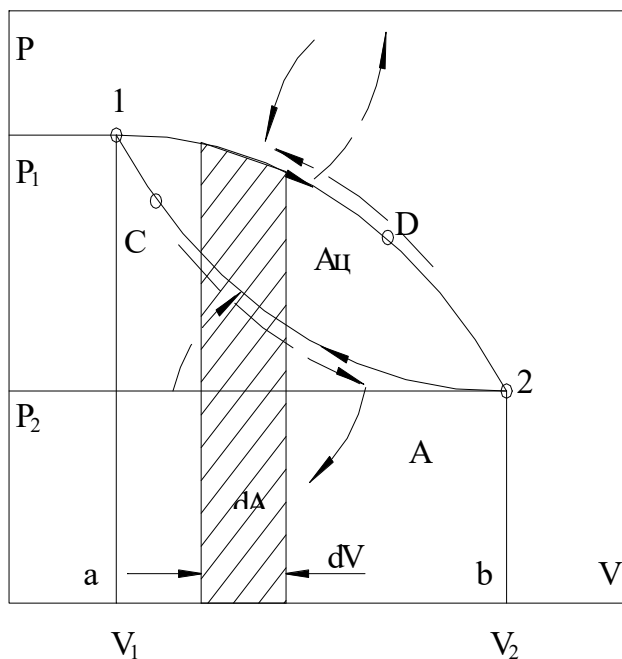


Рисунок 1.2 – Зображення термодинамічних процесів

Термодинамічний цикл – це круговий процес, що здійснюється термодинамічною системою. Може бути як оборотним, так і необоротним.

Завдання для самостійної роботи

1. Термодинаміка, основний зміст, форми передачі енергії, механічний еквівалент теплоти.
2. Розділи термодинаміки. Які закономірності перетворення енергії у явища вивчаються у кожному розділі?
3. Поняття робочого тіла і термодинамічної системи.
4. Класифікація термодинамічних систем залежно від умов їх взаємодії з іншими системами.
5. Поняття про термодинамічні параметри стану робочого тіла.
6. Термічне рівняння стану робочого тіла, поняття про рівноважний термодинамічний процес.
7. Поняття оборотних і необоротних процесів.
8. Поняття ідеального газу.
9. Визначення температури. Шкала термодинамічної температури, шкала міжнародної практичної температури.
10. Поняття питомого об'єму газу. Поняття тиску газу. Нормальні умови стану ідеального газу.
11. Визначення тиску за молекулярно-кінетичною теорією газів, їх взаємозв'язки з об'ємом і температурою.
12. Математичні вираження взаємозв'язку тиску, об'єму і температури для 1 кг газу.
13. Закон Бойля-Маріотта.
14. Визначення числа Авогадро.
15. Закон Гей-Люссака.
16. Рівняння Менделєєва-Клапейрона для 1 кг газу.
17. Рівняння Менделєєва-Клапейрона для n кг газу. Що відображають термічні (характеристичні) рівняння стану газу?
18. Математичне вираження рівнянь Менделєєва-Клапейрона для стану ідеального газу (для 1 кг, m кг, 1 кмоль).
19. Математичне вираження рівнянь Менделєєва-Клапейрона для суміші реальних газів.
20. Яка енергія називається внутрішньої? Від чого залежить внутрішня енергія?
21. Чи залежить внутрішня енергія ідеального газу від об'єму, що займає газ?
22. Чи залежить внутрішня енергія реального газу від об'єму, що він займає?
23. Яким чином можна визначити внутрішню енергію одноатомного ідеального газу?
24. Якими способами можна змінити внутрішню енергію газу?
25. Яким чином можна розрахувати роботу газу за ізобарного розширення?
26. Як змінюється внутрішня енергія газу при його стисканні або розширенні?
27. Що таке кількість теплоти? Чому вона рівна та у яких одиницях вимірюється?
28. Від чого залежить питома теплосмність речовини?
29. Що називають питомою теплотою пароутворення?
30. Як розрахувати кількість теплоти під час пароутворення та конденсації?
31. Що називають питомою теплотою плавлення?
32. Як підрахувати кількість теплоти, необхідну для плавлення?
33. Поясніть фізичну суть фундаментальних процесів.
34. Рівняння ізохорного ($V = \text{const}$), ізобарного ($P = \text{const}$), ізотермічного ($T = \text{const}$), адіабатного ($dq = 0$) і політропного процесів та їх зображення на PV - і TS -діаграмах.
35. Як змінюється температура газу під час ізобарного та адіабатного розширення? Відповідь проілюструйте графіками процесів на PV - і TS -діаграмах.
36. Яке значення має показник політропи у ізобарному, ізохорному і у ізотермічному процесах?

37. Який процес називається політропним?
38. Лінія якого процесу, адіабатного або ізотермічного, іде крутіше у координатах P - V ?
39. У яких межах змінюється теплоємність політропного процесу?
40. Що таке рівноважний стан газу?
41. Чому рівна частка тепла, що витрачається на зміну внутрішньої енергії у різних термодинамічних процесах?

РОЗДІЛ 2

ОСНОВИ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Сучасна структура споживання паливно-енергетичних ресурсів в економіці характеризується наступними приблизними даними: освітлення 0,5%; силові процеси 25%; високотемпературні процеси (вищі за 673K) 25%; середньо- та низькотемпературні процеси (відповідно 373–673 та 373–423K) 49,5%. Витрата енергії на освітлення і приводи механізмів і машин (електродвигуни) визначає потребу в електричній енергії. Витрати енергії на високотемпературні потреби формують необхідну витрату палива, електроенергії та пари. Для низькотемпературних процесів як енергоносіїв, як правило, використовується гаряча вода.

Розрізняють енергетичне (пов'язане з отриманням енергоносія – водяної пари) і технологічне або промислове (пов'язане із виробництвом металу, будівельних матеріалів, хімічної сировини і т. д.) використання палива. Тверді, рідкі та газоподібні види палива в основному є джерелом теплоти. Разом з тим, паливо – це унікальна невідновлювана сировина для хімічної, нафтохімічної, фармацевтичної, мікробіологічної промисловості та ін. Так, переробкою вугілля отримують сотні цінних продуктів. Із нафти та газу виробляється більш ніж 95% продукції органічного синтезу: поліетилен, полікарбонатні пластмаси, поліефірні волокна, різні типи синтетичного каучуку, кормовий білок та ін.

Одним із найбільш дієвих засобів підвищення ефективності споживання палива в економіці є перехід до комплексних енерготехнологічних методів використання палива: до вилучення всіх цінних складових палива при обов'язковому комбінуванні процесу спалювання частини палива для виробництва теплової та електричної енергії з різними технологічними процесами. Енерготехнологічні методи виробництва можливі на базі всіх твердих, рідких і газоподібних палив. Комбінування енергетичного та технологічного процесів дозволяють інтенсифікувати всі основні процеси, які включені в енерготехнологічну схему, значно збільшити коефіцієнт

використання палива, а також з максимальною ефективністю та високим ККД використовувати як органічну так і мінімальну (зольну) складові частини палива. Розробка ефективних методів комплексного використання палива невід’ємно пов’язана із розвитком енерготехнології.

Енерготехнологія – це розділ науки, що базується на глибоких дослідженнях кінетики і механізму відповідних хімічних реакцій, вивченні фізичних процесів переносу теплоти речовини при фазових перетвореннях в реагуючих системах і на дослідженні якісних фізико-хімічних, а також економічних характеристик вихідного палива.

Енерготехнологія займається розробкою основних технічних положень, що дозволяють створювати високоефективні комплексні енерготехнологічні методи використання різних видів палива під час виробництва найбільш важливих видів промислової продукції із палива або з його допомогою. Енерготехнологія має два головних практичних напрями:

1) пошук варіантів підвищення ефективності використання органічної й мінеральної частини палив, що використовуються на електростанціях і в промисловій енергетиці;

2) створення інтенсивних енерготехнологічних методів виробництва важливих видів промислової продукції (сталь, чавун, кольорові матеріали, хімічна сировина і т. д.) під час використання палив (джерел енергії), що мають невелику вартість, і зниженню їх питомих витрат.

2.1. Енерготехнологічні схеми використання палив

У найбільш простій енергетичній схемі підвищення ефективності використання складових частин палива (перший напрям енерготехнології) – паливо перед спалюванням в топці котла піддається термічній обробці за певних умов із отриманням висококалорійного газу й цінних рідких продуктів. Найпростіша схема використовується під час споживання більшості твердих, рідких і газоподібних видів палив, однак її призначення залежить від конкретних умов розвитку району, де розташована електростанція.

Прості схеми призначені для отримання рідких смол, що містять цінні види хімічної сировини, бензину, висококалорійного газу з компонентами зрідженого газу і ненасичених вуглеводнів, цементного клінкеру та інших будівельних матеріалів типу шлаковоїлоку, шлаковати і т. д.

На рисунку 2.1 наведено технологічну схему використання твердого палива, що поєднує його термічну переробку із наступним спалюванням гарячого коксового залишку парових котлів.

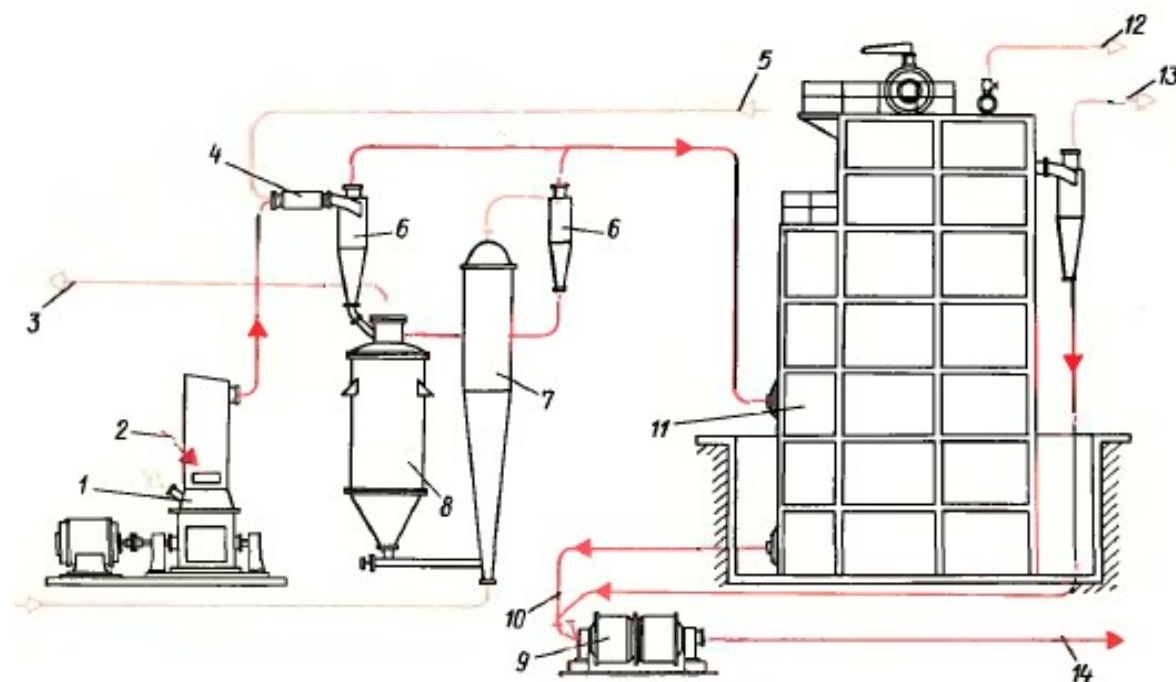


Рисунок 2.1 – Схема енергетичного використання твердого палива

1 – шаховий млин; 2 – тверде паливо; 3 – продукти термічного розкладання на очищення і конденсацію; 4 – реторта нагрівання; 5 – димові газі із котла; 6 – циклон; 7 – технологічна топка; 8 – камера термічного розкладання; 9 – шаровий млин; 10 – зола; 11 – котел; 12 – пара; 13 – димові газі; 14 – цемент.

На сьогодні енерготехнологічні схеми найбільш поширені в хімічній та кольоровій металургії. Так, на рисунку 2.2 наведена технологічна схема виробництва етилену і пропілену.

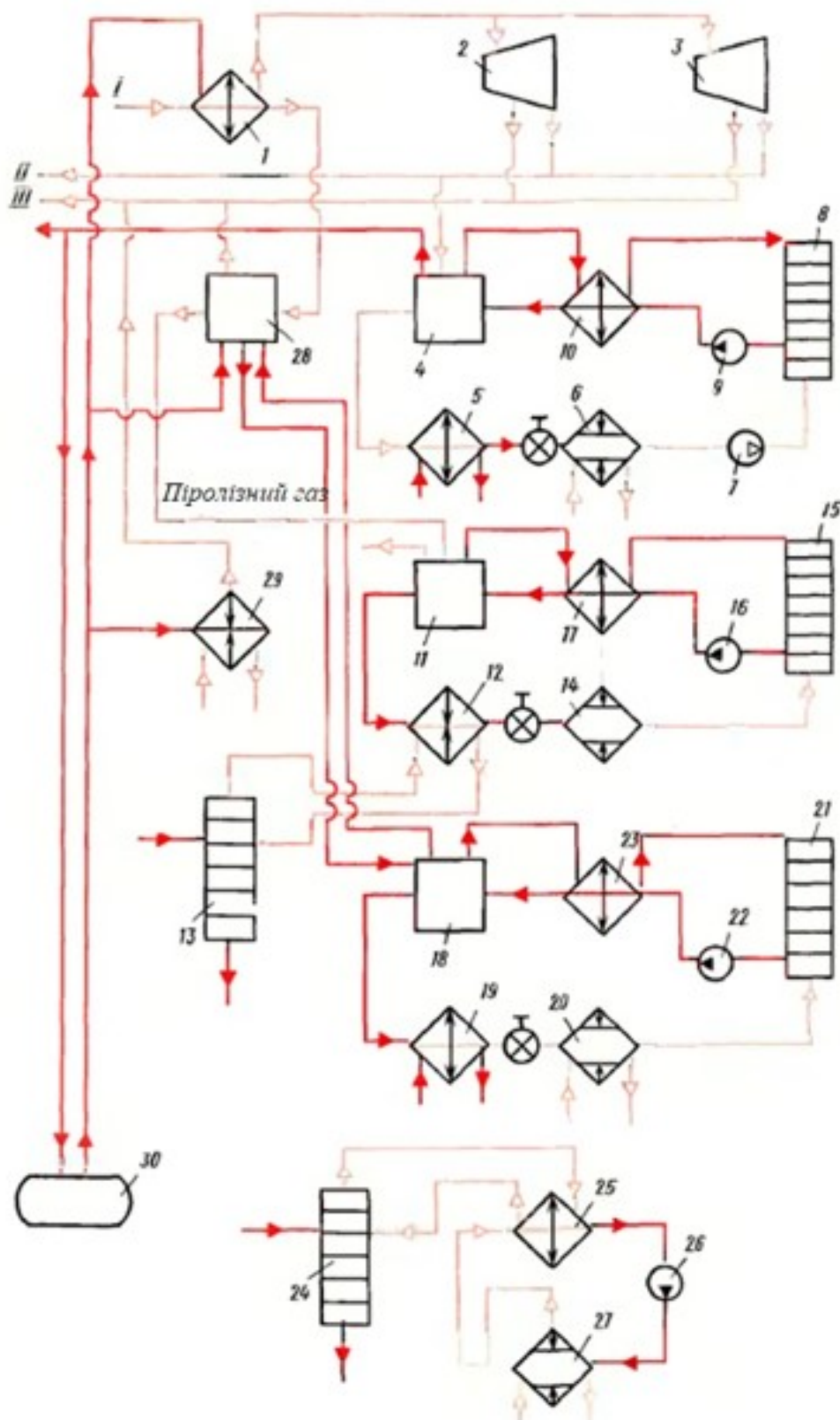


Рисунок 2.2 – Схема енерготехнологічного комплексу виробництва етилену та пропілену

Отриманий в піролізних печах пірогаз I з температурою 1113–1123 К підводиться до котла-утилізатора 1, де під час його охолодження до 673 К

виробляється пара під тиском 9–10 МПа. Пара прямує до турбіни протитиску **2** для приводу компресора пірогазу і аналогічну турбіну **3** для приводу електричного генератора. Пара **11**, що виходить із турбін з тиском 0,25–0,3 МПа, розподіляється на технологічні потреби і частково надходить до генератору **4** абсорбційної холодильної машини для отримання холоду за 236 К. Через теплоту конденсації водяної пари відбувається випарювання холодоагенту із міцного розчину, що із генератора подається в конденсатор **5**, що охолоджується водою, а потім через дросельний вентиль – у випарник **6** до споживачів холоду. Пароподібний холодоагент із випарника всмоктується компресором **7**, де він стискається до тиску абсорбції і прямує до абсорберу **8**, що охолоджується водою; в ньому холодоагент поглинається слабким розчином, що потрапляє із генератора **4**. Міцний розчин, що при цьому утворюється, насосом **9** через теплообмінник **10** повертається в генератор **4**.

Пірогаз **I** з температурою 673 К входить у вузол **28** масляного загартування і промивання пірогазу, де через охолодження пірогазу до 383 К виходить частина технологічного пару **III** тиском 1 МПа. З температурою 383 К пірогаз прямує до генератора **11** іншої абсорбційної холодильної машини для отримання холоду на рівні температури 255 К. Через охолодження пірогазу до 353 К і конденсації водяної пари і смоли, що в ньому міститься, відбувається випарювання холодоагенту із міцного розчину, теплота конденсації холодоагенту передається до кип'ятильнику **12** етанетиленової колони газорозподілення **13** з температурою кипіння етанової фракції 266 К.

Низька температура конденсації дозволяє використовувати для отримання холоду на рівні температури 255 К низькопотенційну теплоту пірогазу і теплоту конденсації водяної пари і смоли, що в ній містяться. Із кип'ятильнику **12** рідкий холодоагент поступає через дросельний вентиль у випарник **14** до споживачів холоду з температурою 255 К. Пароподібний холодоагент із випарника прямує до абсорберу **15**, охолоджуємий водою, де поглинається слабким розчином, що потрапляє із генератора **11**. Міцний розчин, що при

цьому утворюється насосом **16** через теплообмінник **17** повертається в генератор **11**.

Циркулююче масло із вузла **28** промивки пірогазу подається в генератор **18** – третьої абсорбаційної машини. Холодоагент, як і в попередніх абсорбційних машинах, проходить конденсатор **19** з водяним охолодженням і після дроселювання прямує до випарника **20** до споживача холоду із температурою 279К, а потім в абсорбер **21** і далі насосом **22** через теплообмінник **23** повертається в генератор **18**.

Постачання холодом за температури 296 К відбувається з використанням вторинного холоду метанової газорозподільної колони **24** шляхом теплообміну з теплоносієм в теплообміннику **25**. При цьому теплоносієм насосом **26** подається до споживача холоду **27**. Теплота димових газів піролізних печей викривується в котлі-утилізаторі **29**, де отримується технологічна пара тиском 1 МПа. Весь конденсат із технологічних апаратів і конденсат із генератора **4** абсорбаційної холодильної установки збирається у збірнику **30**, звідки розподіляється в котли для отримання технологічної та енергетичної пари. Таким чином, в установці утилізується додаткова кількість теплоти низького потенціалу, що підвищує її енергетичну та економічну ефективність.

Найбільш ефективними енерготехнічними схемами в хімічній промисловості є схеми виробництва аміаку, слабкої азотної кислоти і карбаміду. Так, в результаті використання цих схем у виробництві аміаку питома витрата електроенергії знизилась майже у 8 разів (від 6840 до 900 МДж/кг); у виробництві карбаміду на 40% знизилась витрата пари, на 35–40% скоротились питомі капітальні вклади, на 10% зменшилась собівартість продукції; у виробництві слабкої азотної кислоти в декілька разів скоротилась витрата електроенергії, а крім того виробляється більш ніж 5 ГДж теплової енергії, що може бути передана іншим споживачам.

У кольоровій металургії використовуються енерготехнологічні агрегати на базі існуючих металургійних переробок. Так, агрегат прокалювання нафтового

коксу, що встановлено на одному із алюмінієвих заводів, дозволяє, крім значного економічного ефекту від покращення технології, отримувати щорічно додатково до 200 тис ГДж теплової енергії.

2.2. Комплексна переробка вугілля

Як один із найважливіших заходів забезпечення економіки енергетичними ресурсами і вдосконалення структури енергетичного балансу країни, передбачається значне збільшення видобутку вугілля.

2.2.1. Технологічні схеми комплексної переробки вугілля

Велике значення надається створенню кластеру паливно-енергетичного комплексу з переробки вугілля в облагоджені тверді, рідкі та газоподібні види палива та хімічну сировину, використання продуктів переробки в енергетиці, металургії, хімії та нафтохімії з наступним транспортуванням продуктів переробки і передачею електричної енергії в інші регіони. Комплексне використання вугілля включає в себе три основних ланки:

- 1) великомасштабну термічну переробку вугілля з виробництвом твердого палива, смоли та газу, отриманням на основі смоли синтетичного рідкого палива і транспортуванням його на електростанції;
- 2) використання газів термічної переробки вугілля для виробництва аміаку, метанолу, компонентів моторних палива і мінеральних добрив;
- 3) виробництво водню і оксиду вуглецю і спільне транспортування цих газів і електричної енергії в кріогенних умовах.

Розглянемо принципову схему енергогазохімічного комплексу. Вугілля поступає на установку напівкоксування, де розділяється на напівкокс, смолу і летюче органічне паливо. Основна частина напівкоксу, як бездимне паливо, направляється для видобутку електроенергії, а крупна фракція – подальшим споживачам. Із смоли виготовляється рідке синтетичне паливо. Летюча рідина вугілля в парогазовому стані піддається конверсії з отриманням синтезгазів і водню. Деяка частина синтезгазів і водню може використовуватись

безпосередньо для переробки мазуту в світле моторне паливо, синтезу аміаку і карбаміду, метанолу і прямого відновлення руд. Отримані хімічні продукти транспортуються подальшим споживачам, а енергія – передається в райони споживання.

Водень та оксид вуглецю володіють цінними властивостями енергоносіїв і хімічної сировини. Вони можуть використовуватись для підвищення ефективності традиційних виробництв, а також для створення і розвитку нових технологічних процесів, і водневої енергетики. Глибокий холод рідких водню і оксиду вуглецю використовується для зниження повітря із наступним його розподілом на кисень та азот. Це виключає (в основній частині) традиційну витрату електроенергії на отримання відповідної кількості кисню і азоту. Азот разом з воднем і оксидом вуглецю може бути спрямований для синтезу аміаку, карбаміду та інших продуктів зв'язаного азоту. У результаті із процесу виключається природний газ. Кисень використовується для традиційної інтенсифікації процесу в доменному, конвертерному та інших виробництвах чорної та кольорової металургії.

Водень з оксидом вуглецю у співвідношенні по об'єму 2:1 може бути направлений на отримання метанолу з виробництвом на його базі великої номенклатури хімічних продуктів. Метанол широко використовується для промислового виробництва оцтової та мурашиної кислоти, формальдегіду і термореактивних пластмас на його основі, простих і складних ефірів, хлорметанів і метиламінів. Він є також цінною сировиною для мікробіологічного синтезу кормового білку. Метанол може бути використаний, наприклад, як паливо для автомобільних двигунів (без шкідливих викидів). Крім того водень і оксид вуглецю, як ідеальні гази-відновники, замінюють в доменному виробництві і кольоровій металургії природний газ, що подається в доменні печі, що призведе до збільшення виробництва печі (приблизно на 6–7%). Водень і оксид вуглецю, отримані з вугілля, використовуються як ідеальні газо-відновники для нових виробництв прямого відновлення руд.

Водень необхідний для перетворення важких залишків від перегонки нафти (мазутів) в світле моторне паливо, а також для гідроочищення моторного палива. Частину водню передбачається використовувати в комунально-побутовому газопостачанні.

Наведена загальна схема енергогазохімічного використання промислового потенціалу вугілля ілюструє схему практичної реалізації, якій повинні передувати науково-дослідницькі і дослідно-конструкторські роботи щодо створення нової техніки та технології. Тому доцільна поступова реалізація програми, кінцевим завданням якої є використання фіксованого вуглецю вугілля (у вигляді напівкоксу) як бездимного палива для виробництва електроенергії, а летючої органічної речовини вугілля – як вихідної сировини, здатної замінити природний газ і нафту в різних виробництвах. Дане використання програми призводить до початкової спрощеної технологічної схеми, що включає в себе деякі традиційні технологічні рішення, дозволить поетапно доповнювати технологічну схему по мірі розроблення нової техніки. Це забезпечить пришвидшену віддачу засобів витрачених на наукові дослідження і дослідно-конструкторські розробки, дозволить перевірити належність нової техніки на практиці й буде сприяти реалізації наступних етапів програм.

Комплексне рішення розглянутих завдань дозволить покращити структуру енергетичного балансу країни: знизити частку нафти, що використовується в якості палива, замінити її газом та вугіллям, а також покращити системи природокористування і забезпечити захист оточуючого середовища.

2.2.2. Технологічні схеми енерготехнологічних комплексів

Одним із перспективних методів є енерготехнологічний метод високошвидкісного піролізу вугілля, що дозволяє замінити використання теплоелектростанцій (ТЕС), що розраховані на пряме спалювання вугілля, на енерготехнологічні комплекси з устаткуванням з термічної переробки вугілля і енергетичні блоки з виробництва електричної та теплової енергії. Продукцією

установок з термічної переробки вугілля можуть бути формований кокс, вугільні брикети для побутових потреб, газ-відновники для металургійних підприємств, високоякісні смоли, із яких можна отримати синтетичне рідке моторне паливо, а на базі золи – будівельні та інші матеріали.

Схема енерготехнологічного комплексу на базі магнітогідродинамічного електричної станції (МГДЕС) наведена на рисунку 2.3.

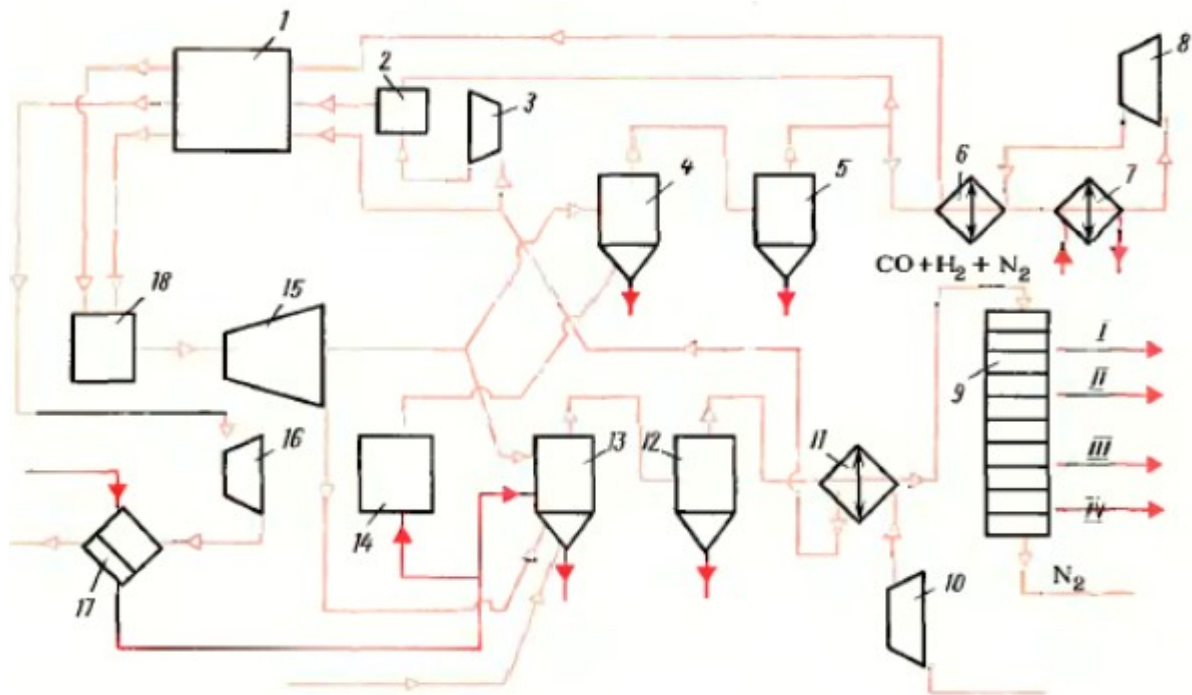


Рисунок 2.3 – Схема енерготехнологічного комплексу на базі МГДЕС

1 – каупер; 2, 8 – камери згорання; 3, 16 – газові турбіни; 4, 13 – циклон-газифікатори; 5, 12 – циклони; 6, 7, 11 – теплообмінники; 8, 10 – компресори; 14 – каталітичний генератор теплоти; 15 – МГД-генератор; 17 – сушарка палива; I – бензин; II – моторне паливо; III – олива.

Робочим тілом магнітогідродинамічного генератора (МГД-генератора) 15 слугують продукти згорання оксиду вуглецю у підігрітому повітрі. Для створення високоефективного МГД-генератора з низькою середньомасовою температурою (2200–2500 К) робочого тіла передбачається використовувати МГД ефект Т – шару.

Замість однофазної течії іонізованого газу в МГД-генераторах буде створюватись пульсуючий режим з плазовими згустками (Т-шарами), що періодично виникають і мають температуру $(10-12) \cdot 10^3$ К. У процесі проходження Т-шару через канал з поперечним магнітним полем 2–3 Тл за тиску робочого тіла 2,9–4,9 МПа генерується струмовий імпульс. Така схема дозволяє отримати змінний електричний струм.

Робоче тіло після МГД-генератора надходить в циклони-газифікатори **4** і **13**. У газифікаторі **4** відбувається відновлення на напівкокси вуглекислого газу до оксиду вуглецю та відділення рідкого шлаку. Після цього, частина потоку оксиду вуглецю через циклон **5** надходить до камери згорання **2**, а друга частина – після теплообмінників **6** і **7** та компресора **8** використовується як джерело теплоти для підігріву в кауперах **1** повітря і основного потоку палива і подається до камери згорання **18**.

У другому циклоні-газифікаторі **13** газовий потік взаємодіє з підсушеним вугіллям і водяною парою, в результаті чого отримується СО-воднева суміш (з деяким вмістом азоту), що є вихідною сировиною для хімічного виробництва.

У даній схемі відсутні паросилові установки по виробництву електроенергії, додаткова утилізація відпрацьованих газів відбувається в газових турбінах **3** і **16**. Це дозволяє зекономити паливо. Крім того, у вихідних газах практично немає шкідливих домішок, що є дуже суттєвим.

2.3. Ядерно-технологічні комплекси

На базі ядерного реактора можуть бути створені енерготехнологічні комплекси по виробництву, наприклад, водню, аміаку, синтез-газу, метанолу, а також енергозабезпечення підприємств.

2.3.1. Схеми ядерно-технологічних комплексів

Найбільшу зацікавленість викликає використання теплоти високотемпературних ядерних реакторів з газовим охолодженням під час виробництва аміаку та метанолу (рисунк 2.4).

Природний газ піддається паровій каталітичній конверсії під тиском по каскадній схемі 4 з виводом через металеві водневопроникні мембрани водню із конвертованого газу між ступенями конверсії. Водень високої чистоти після змішування його з азотом із хвостових газів виробництва азотної кислоти використовується як сировина для виробництва аміаку.

Непродифундовані гази після четвертого дифузійного апарату 6 піддаються конверсії метану, що залишився в четвертому ступені трубчатой печі 4. Видалення водню та дозування пари перед конверсією метану сприяють більш глибокому протіканню реакції і зменшенню концентрації інертів, зокрема, остаточного метану в свіжому газі виробництва метанолу. Конвертований газ після четвертого ступеня трубчатой печі 4 охолоджується в котлі-утилізаторі 13 до температури 723 К, після чого частина його піддається середньотемпературній конверсії оксиду вуглецю.

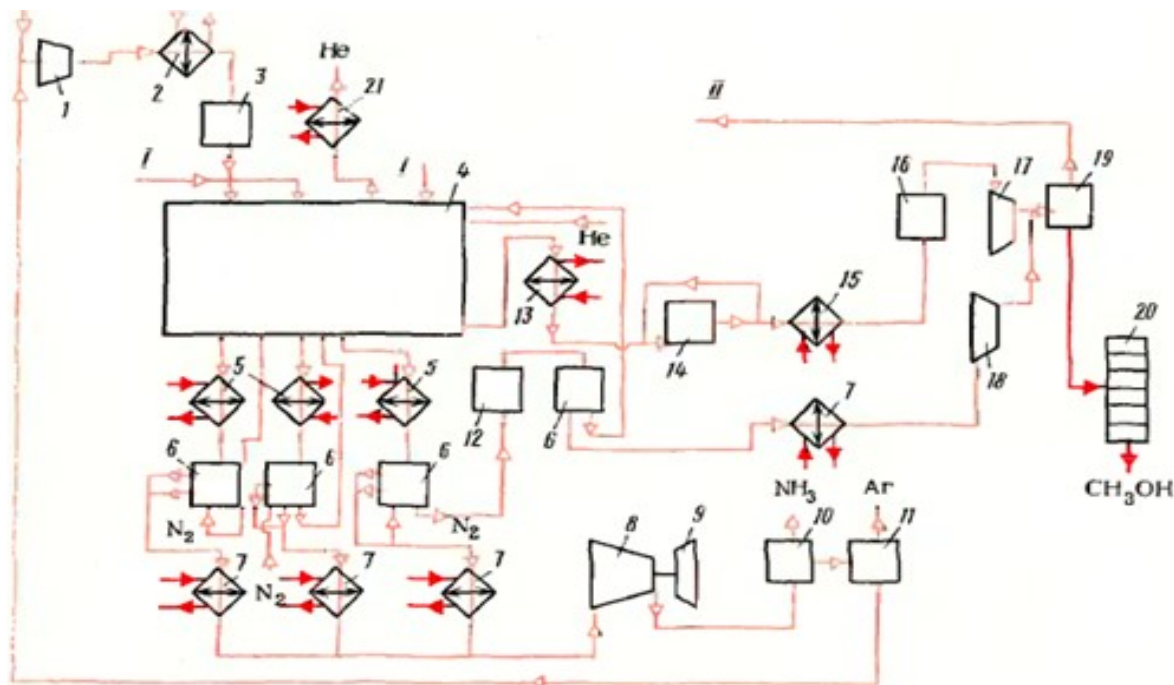


Рисунок 2.4 – Інтегральна схема установки виробництва аміаку та метанолу з дифузійним виділенням водню на стадії конверсії метану

1 – компресор; 2 – підігрівник; 3 – сіроочисник; 4 – трубчаста піч; 5, 7, 13, 15

і 21 – котли-утілізатори; 6 – дифузійний апарат; 8 – турбокомпресор; 9 – парова турбіна; 10 – синтез NH_3 ; 11 – розподільовач продувних газів; 12 і 14 – реактори; 16 – пропилен-карбонатна очистка; 17 і 18 – компресори; 19 – агрегат синтезу метанолу; 20 – установка зміцнення метанолу; I – пара; II – продувні гази.

Газова суміш проходить пропилен-карбонатне очищення до змісту вуглекислого газу в свіжому газі не більш 6%. Водень із четвертого дифузійного апарату 6 стискається компресором 18, а газова суміш – компресором 17 до тиску 5–10 МПа і направляється в агрегат 19 синтезу метанолу.

Продувальні гази 11 синтезу метанолу використовуються частково як палива у підігрівачах природного газу, а частково – повертаються в трубчасту конверсію метану. Метанол-сирець укріплюється в ректифікаційній колоні. Метанол-ректифікат використовується як продукт.

Необхідну для проведення технологічних процесів водяну пару I з тиском 10,4 МПа отримують в системі котлів-утілізаторів технологічних газів, в блоці тепловикористовуваної апаратури трубчатої печі, а також в додатковому котлі. Газові компресори виробництва аміаку та метанолу приводяться в дію від парових конденсаційних турбін. Маслонасоси і живильні насоси парових котлів працюють від електродвигунів. Для покриття ендотермічного теплового ефекту конверсії метану $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2 + \text{CO}$ -206,1 кДж/моль, а також витрати теплоти на енергетичні потреби використовується теплота високотемпературного ядерного реактора з газовим охолодженням.

Ексергетичний аналіз даного процесу показав, що за температури гелієвого теплоносія 2083 К сумарний ексергетичний ККД процесу $\eta_{\text{екс}} = 0,757$; за температури 1473 К $\eta_{\text{екс}} = 0,823$; а за 1223 К $\eta_{\text{екс}} = 0,863$; ці значення більш ніж в 1,5 рази перевищують значення $\eta_{\text{екс}}$ традиційних замкнених схем аміаку та метанолу.

Енергія високотемпературного ядерного реактора може бути ефективно використана в нафтохімічній промисловості для проведення таких енергоємних процесів, як крекінг, піроліз, гідроочищення, конверсія. Так, в нафтопереробному комплексі з ядерним реактором (рисунк 3.5) під дією високопотенційної теплоти в реакторі 8 парової конверсії за 1073 К відбувається парова конверсія важких нафтових залишків.

У технологічному апараті 2 в інтервалі температур до 825 К відбуваються процеси первинної і вторинної переробки нафти з утворенням сировини для нафтогазової промисловості, моторних палив і тяжких нафтових залишків. Ця схема дозволяє ефективно реалізувати низку технологічних процесів з одночасним отриманням електричної енергії, палива, водню та інших цінних продуктів.

Високотемпературні ядерні реактори з гелієвим охолодженням можуть широко використовуватись в нафтохімічній промисловості для проведення радіаційно-термічних процесів. Унікальні можливості в цьому відношенні являють високотемпературні реактори з газовим охолодженням з шаровими твелями. В установках з такими реакторами можна проводити радіаційно-термічний піроліз з метою отримання етилену.

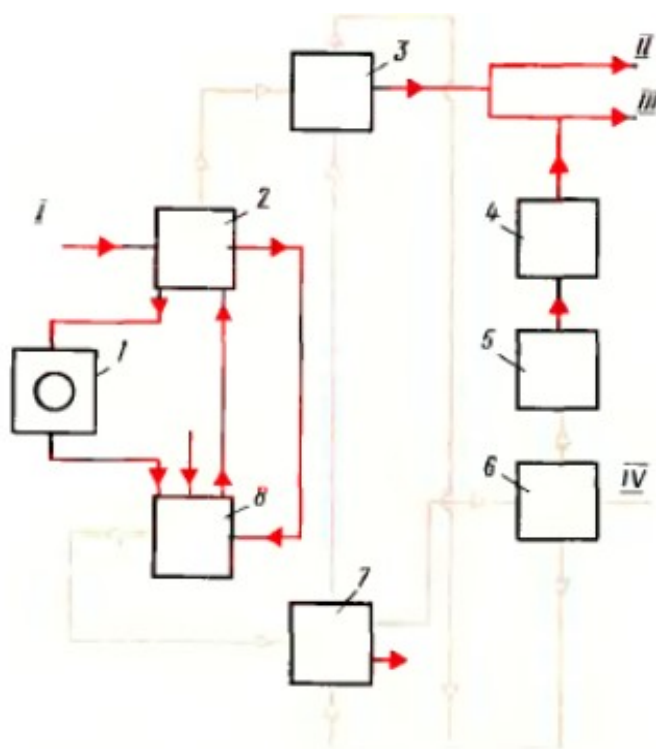


Рисунок 2.5 – Принципова схема нафтопереробного комплексу з ядерним реактором

1 – ядерний реактор; 2 – технологічний апарат; 3 – установки гідроочищення;
4 – реактор конверсії метанолу; 5 – реактор синтезу метанолу; 6 – установка розподілу синтез-газу; 7 – установка утилізації сірководню; 8 – реактор парової конверсії; I – нафта; II – нафтопродукти; III – моторне масло; IV – $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Високотемпературні реактори з гелієвим теплоносієм зручні для отримання рідких і газоподібних синтетичних палив із вугілля. Газифікація вугілля з використанням теплоти атомного реактора дозволяє знизити витрати на виробництво синтетичних рідких палив на 5–10 % і є важливим фактором покращення економічних і екологічних показників роботи вуглепереробних заводів.

Енерготехнологічні комплекси із ядерними реакторами призначені для вироблення електричної енергії і газифікації вугілля з метою отримання вторинних енергоресурсів (водню, метану, та інше), дозволяють вирішити проблему комплексного енергозабезпечення промислових центрів.

Принципова схема такого комплексу представлена на рисунку 3.6.

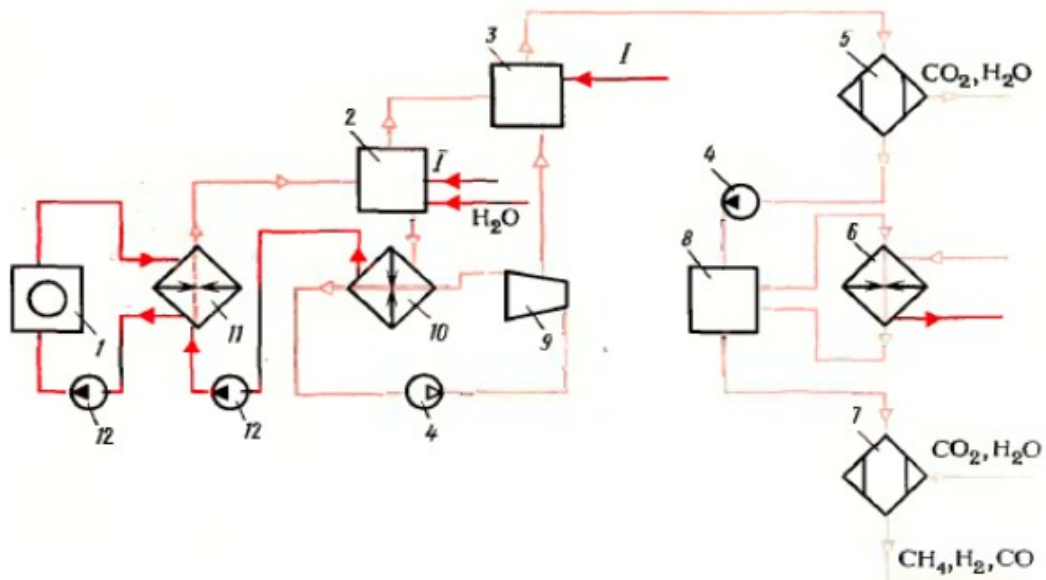


Рисунок 2.6 – Принципова схема енерготехнологічного комплексу з ядерним реактором:

1 – ядерний реактор; 2 – газифікатор; 3 і 8 – регенератор; 4 – компресор;
5 і 7 – системи очищення газів; 6 – реактор-метанатор; 9 – турбіна; 10 – котел;
11 – теплообмінник проміжного контуру; 12 – насос; I – вугілля

Теплота, отримана в реакторі 1 підводиться через проміжний контур з теплообмінником 11 до газифікатору 2 і котла 10 турбіни 9. Газифікують вугілля водяною парою, що подається із відбору турбіни. Попередній підігрів вугілля 1 і водяної пари відбувається в регенераторі 3. Після охолодження і очищення продуктів газифікації в системі 5 горючі гази (H_2 , CO , CH_4) направляються компресором 4 до метанатору 6 в місці споживання. Метанування може відбуватись за температури, доцільної для забезпечення потреб побутових і технологічних споживачів. Підігрівають вихідні продукти реакцією метаноутворення в регенераторі 8. Отриманий метан після охолодження та очищення в системі 7 прямує до споживачів.

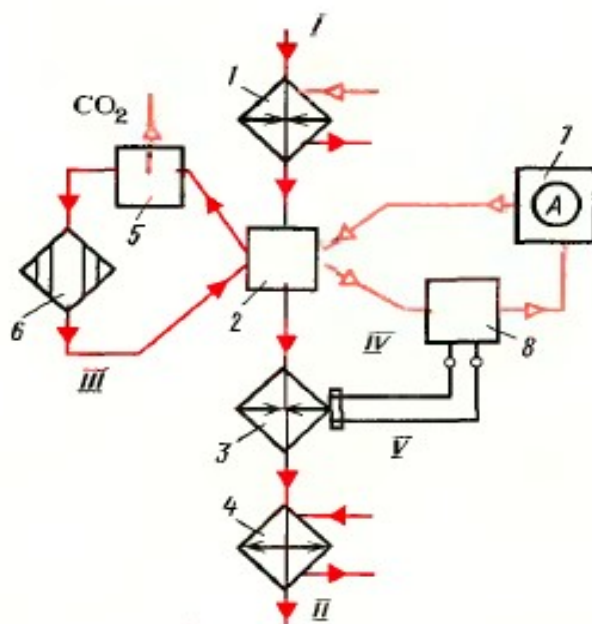


Рисунок 2.7 – Принципова схема низькотемпературної дисоціації карбонатів в спеціальних середовищах (H_2 , H_2O) з використанням теплоти високотемпературного ядерного реактора з гелієвим охолодженням
1 – підігрівач сировини; 2 – апарат низькотемпературної дисоціації; 3 – апарат додаткової термообробки; 4 – охолоджувач продукту; 5 – віддільник CO_2 ;

6 – реактор середовища дисоціації; 7 – високотемпературний ядерний реактор; 8 – енергоустановка; *I* – сировина; *II* – готовий продукт; *III* – середовища дисоціації; *IV* – гелій; *V* – електроенергія.

Теплота атомного реактора може бути використана для проведення ендотермічного процесу дисоціації карбонатів за температури 1173 К (у відповідності з реакцією $\text{CO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 - 173,5 \text{ кДж/моль}$) під час отримання будівельних матеріалів.

На рисунку 2.7 наведена принципова схема низькотемпературної дисоціації карбонатів в апараті 2 в спеціальних середовищах (H_2 , H_2O) з використанням теплоти високотемпературного ядерного реактора 7 з гелієвим охолодженням.

Теплота реактора може застосовуватись також для створення атомних джерел теплопостачання.

Сучасні низько- та середньотемпературні енергетичні реактори конкурентоспроможні з джерелами централізованого теплопостачання на органічному паливі за теплових навантажень 1,2–1,8 ГВт і вище.

Поряд із створенням таких атомних джерел теплопостачання необхідна розробка нових типів енергоджерел і систем теплопостачання, заснованих, у тому числі, на хіміотермічних системах подальшої передачі теплоти. Енергетичним джерелом такої системи є високотемпературний ядерний реактор, тепла енергія якого використовується для здійснення каталітичної парової конверсії метану в конвертері. Отриманий конвертований газ, який складається із водню і оксиду вуглецю, транспортується по газопроводах до центрів споживання теплоти, де в спеціальних установках-метанаторах відбувається каталітична реакція синтезу метану із конвертованого газу, супроводжується виділенням теплоти з температурою 675–975 К.

Принципова схема теплоакumuлюючої частини такої системи (рисунк 3.8) включає парову каталітичну конверсію метану, що здійснюється через підведення теплоти високотемпературного ядерного реактора з гелієвим

теплоносієм; виробництво технологічної пари, необхідної для здійснення процесу конверсії; попередній підігрів газової і парогазової суміші, що надходить на конверсію; охолодження отриманого газу і конденсацію надлишку водяної пари.

Суміш, що містить близько 95% CH_4 , 1% CO_2 та 4% H_2 , попередньо підігрівається в теплообміннику **5** до температури 573 К через утилізацію теплоти конвертованого газу і змішується у необхідному співвідношенні з перегрітою парою. Парогазова суміш догрівається в теплообміннику **4** до температури початку реакції надходить в конвертер **2**. Необхідна для створення конверсії технологічна пара генерується частково за рахунок утилізації теплоти конвертованого газу в теплообмінниках **3** та **7**, частково – через підведення в теплообмінник **10** теплоти від ядерного реактору **1**.

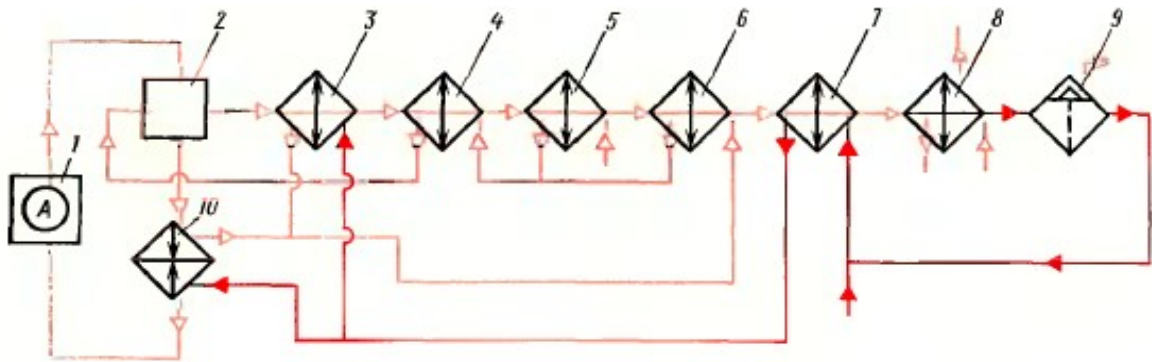
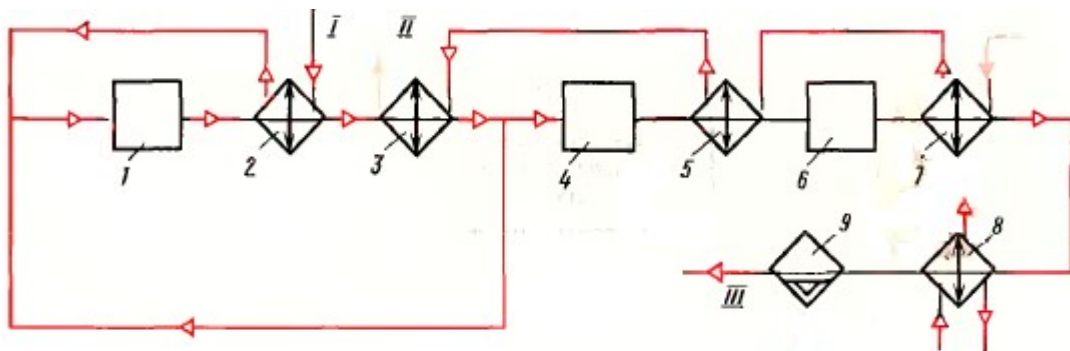


Рисунок 2.8 – Принципова схема теплоакumuлюючої частини:

1 – високотемпературний ядерний реактор; *2* – конвертер; *3, 4, 5, 6, 7*
і *10* – теплообмінники; *8* – повітряний конденсатор; *9* – сепаратор

Принципова схема установки метанування, виділення й використання теплоти представлена на рисунку 2.9.



**Рисунок 2.9 – Принципова схема установки метанування,
виділення та використання теплоти:**

1, 4 і 6 – метанатори; *2, 3, 5 і 7* – теплообмінники; *8* – повітряний конденсатор; *9* – сепаратор; *I* – конвертований газ; *II* – пара або гаряча вода; *III* – газ на конверсію

У залежності від способу організації процесу метанування (кількості ступенів метанування і об'єму рециркулюючого газу) верхній температурний рівень теплоти, що здійснюється в метанаторах *1, 4* та *6*, може змінюватись, що дозволяє здійснювати нагрівання в теплообмінниках *3, 5* та *7* мережевої води або виробництво технологічної пари із необхідними параметрами.

Переваги використання транспортування теплоти в хімічно зв'язаному стані в порівнянні з транспортуванням у вигляді гарячої води проявляються в зниженні металоємності теплопередавальної системи на одиницю переданої теплоти, у відсутності втрат теплоти, пов'язаних з транспортуванням і необхідністю теплоізоляції трубопроводів. Усе це дозволяє значно збільшити дальність передачі теплоти в порівнянні з традиційними системами.

2.3.2. Термодинамічна ефективність установок ядерно-технологічних комплексів

Аналіз термодинамічної ефективності атомних енерготехнологічних установок, що призначені для виробництва електричної енергії, теплоти, водню як вторинного енергоносія, та інших продуктів в ядерно-технологічних (металургійних) комплексах, можливий на основі критеріїв, що єдиним чином оцінюють ефективність виробництва різної, в тому числі і неенергетичної, продукції. Як критерії для цього розглядають абсолютні та відносні показники, що характеризують енерговитрати на виробництво відповідного продукту.

Стосовно неенергетичної продукції використовують поняття теплового та ексергетичного еквівалентів виробництва продуктів, що враховують відповідно витрати теплоти або електроенергії в зворотних процесах отримання продукту за рівноважного стану продуктів реакції з оточуючим середовищем (по

температурі і тиску). Якщо при цьому, крім безпосередньо підведеної теплоти, як технологічної сировини використовується будь-яке паливо, то під час розрахунку еквіваленту необхідно також враховувати теплоту згорання цього палива.

За температури оточуючого середовища T_0 , що відповідає нормальним умовам, тепловий еквівалент виробництва j -го продукту визначається сумою

$$Q_j = \Delta H_{298j}^0 + B_j Q_n^p, \quad (2.1)$$

а ексергетичний еквівалент – різницею

$$E_j = Q_j - T_0 \Delta S_j \quad (2.2)$$

де ΔH_{298j}^0 – тепловий еквівалент зворотною реакції отримання продукту за стандартних умов; B_j – витрата технологічного палива; ΔS_j – зміна ентропії в оборотних хімічних реакціях створення продукту та згорання палива, що використовується.

На основі співвідношень 3.1 та 3.2 може бути отримано рівняння ексергетичного еквіваленту виробництва продукту, визначаємого зміною стандартних значень енергії оборотних реакцій утворення продукту G_{298j}^0 і згорання палива, що використовується ΔG_{298}^0 :

$$E_j = \Delta G_{298j}^0 + B \Delta G_{298}^0 \quad (3.3)$$

Значення теплового та ексергетичного еквівалентів не залежать від засобів і умов отримання продукту. Для продуктів газифікації палив ці величини означають теплоту згорання Q_n^p та ексергію E_j відповідно. Ексергетичні втрати в хімічних реакціях визначаються добутком

$$П_1 = T_0 \Delta S_i \quad (3.4)$$

де ΔS_i – збільшення ентропії в необоротному хімічному процесі.

Завдання для самостійної роботи

1. Що таке енерготехнології? Ресурсозбереження? Енергощадність?
2. Що таке енергоємність?
3. Яка роль енергетики у ВВП країни?
4. Охарактеризуйте використання енергоресурсів в Україні.
5. Охарактеризуйте структуру споживання енергії в Україні.
6. Що таке енергетична еластичність?
7. У чому полягає стратегія зростання енергоефективності?
8. Які варіанти вирішення проблеми енергоефективності?
9. Охарактеризуйте основні засади державної політики з енергоефективності. Які документи регулюють цю сферу?
10. Що таке безвідходна технологія?
11. Систематизація первинної енергії. Закон збереження та перетворення енергії.
12. На яких електростанціях в Україні виробляється найбільше електроенергії? ГЕС, АЕС, ТЕС чи ВЕС?
13. Яка галузь промисловості в Україні споживає найбільше електроенергії? ☐ хімічна та нафтохімічна? Чи ☒ машинобудівна? Чи ☐ харчова та переробна? Чи ☐ металургійна?
14. Наскільки економнішим є використання світлодіодної лампи порівняно з лампою розжарювання, що дає стільки ж світла? ☐ Споживання електроенергії менше у 2 рази? ☐ споживання електроенергії менше у 4–5 разів? ☐ споживання електроенергії менше 8–10 разів? ☒
15. Для чого потрібні прилади обліку споживання енергоресурсів (лічильники)?
16. Що таке умовне паливо? За одиницю умовного палива прийняте паливо, теплота згорання якого дорівнює – 8,31 Дж/моль·К; 29,3 МДж/кг; 46,5 МДж/кг; 298 °С?
17. Що таке тонна нафтового еквіваленту? 1 тне (toe) — еквівалентна кількості енергії, що виділяється під час спалювання однієї тонни сирої нафти, близько 41.868 ГДж. Чи 11.63 МВт·год енергії?
18. Класифікація та види теплових двигунів.
19. Потік випромінювання – ? Щільність потоку випромінювання (енергетична освітленість) – ? Коефіцієнт поглинання – ? Відбивна здатність тіла – ? Альbedo – ? Фотоефект – ?
20. Концепція сонячних елементів 1-го покоління, 2-го покоління, 3-го покоління.
21. Перші фотоелектричні перетворювачі були розроблені ще у 1883 р. американцем Чарльзом Фріттсом, який виготовив фотоелементи із селену, що перетворювали світлове випромінювання у видимому спектрі в електрику і мали ККД – ? Коли був винайдений метод Чохральського, що від дозволяє зробити? Сіменс-процес – ?
22. На даний час широкого поширення отримали 3 види фотоелектричних перетворювачів та сонячних батарей на їх основі: ? Їх ККД.
23. Переваги та недоліки ФЕП.
24. Блок-схема ФЕП. Принцип роботи сонячних батарей.
25. Як працює повітряний сонячний колектор?
26. Екологічність сонячних батарей.
27. Класифікація та характеристика сонячних елементів.
28. Розрахунок параметрів сонячної батареї.
29. Типи сонячних трекерів.
30. Концепція теплових насосів.
31. Схема роботи та конструкція теплового насосу.
32. Джерела низькопотенційного тепла.
33. Абсорбційні теплові насоси. Переваги та недоліки.

34. Класифікація теплогенеруючих установок. Тепловий баланс (на прикладі теплового балансу котлоагрегату).
35. Теплота згорання робочої маси палива.
36. Який принцип роботи реактивного двигуна? Який принцип роботи двигуна внутрішнього згорання? Принцип роботи парової турбіни
37. ККД теплового двигуна. ККД ідеального теплового двигуна.
38. ДСТУ ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».
39. Когенерація. Принцип когенерації. Тригенерація. Переваги та приклади тригенерації.
40. Ексергія. Ексергетичний аналіз. Енергетичний аналіз.
41. Класифікація та характеристика когенераційних установок.
42. Сформулювати передумови впровадження в енергетику когенераційних установок.
43. Класифікація когенераційних технологій. Назвати основні частини когенераційних установок.
44. Показники ефективності когенераційних установок. Порівняти залежно від типу двигуна коефіцієнт корисної дії та електричної потужності (МВт) когенераційної машини.
45. Технології генерування електричної енергії паливними елементами.
46. Технології енергоефективних ізоляційних матеріалів.
47. Технології енергоефективних будівельних матеріалів.
48. Технології енергоефективних віконних технологій.
49. Технології енергоефективної переробки вугілля (процеси Фішера-Тропша тощо).
50. Технології енергоефективної переробки нафти.
51. Технології енергоефективної переробки газу

РОЗДІЛ 3

СУТНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНОГО АСПЕКТУ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

Три важливі взаємозалежні проблеми харчування, енергетики та екологічної безпеки сьогодні особливо гострі для людства. Під час вирішення цих проблем особливе місце належить енергетичному сектору, від розвитку якого залежить економічний добробут суспільства та стан навколишнього середовища. Тому, одним з основних завдань фахівців і відповідних установ є вивчення умов формування шкідливих викидів в процесі виробництва теплової та електричної енергії, їх впливу на навколишнє середовище, розробка методів і пристроїв їх нейтралізації. Актуальність цих проблем визначається як недосконаліми енергетичними технологіями, так і високими темпами використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР).

Майже половина загального кінцевого споживання енергії України припадає на промисловість, що характеризується переважанням енергоємних напрямків. Цим пояснюють величезні витрати на енергоносії в основному в металургійній промисловості. У порівнянні з Великобританією, де «промисловість» і «життя і послуги» споживають 66% SKPE, в Україні це споживання становить 92%. Усе це енергетичне навантаження припадає на промислові регіони і, перш за все – на великі промислові міста. Саме техногенне навантаження і пов'язані з ним екологічні аспекти енергопостачання та енергоспоживання багато в чому визначають екологію великих міст і промислових регіонів.

Охорона навколишнього середовища – це комплексна система заходів, спрямованих на збереження, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, включаючи збереження видового різноманіття (генофонду) флори і фауни Землі, її надр, водних ресурсів, атмосферного повітря і, як наслідок, збереження природного середовища проживання людського суспільства.

Серед найактуальніших проблем сучасної екології особливе місце займають забруднення атмосфери, гідросфери і літосфери, збереження озонового шару, глобальна зміна клімату, закислення природних середовищ внаслідок поширення антропогенних оксидів сірки і азоту, кислотні дощі, радіоактивне забруднення.

На прогресивне погіршення навколишнього середовища багато в чому впливає величезна кількість викидів шкідливих речовин енергетичними об'єктами, транспортними, промисловими та сільськогосподарськими підприємствами. При цьому на енергію припадає понад 40% від загального обсягу викидів пилу, 70% оксидів сірки і більше 50% оксидів азоту (NO_x). Щороку з надр Землі видобувається понад 100 мільярдів тонн різних порід і палива. сотні мільйонів тонн оксидів вуглецю і азоту, вуглекислого газу і сірки, понад 400 мільйонів тонн твердих частинок золи, сажі і пилу викидаються в атмосферу; близько 600 мільярдів тонн промислових і побутових стоків, до 10 мільйонів тонн нафти і нафтопродуктів скидаються в гідросферу; 40% стійких у світі річкових стоків витрачається на розбавлення стічних вод; в ґрунт вводиться близько 100 млн тон мінеральних добрив. Біосфера отримує до 50% металів, 30% хімічної сировини, 67% тепла, що виробляється електростанціями. Щороку створюються сотні тисяч тон хімічних сполук, раніше не знайдених в біосфері, багато з яких не піддаються біологічному і фізичному руйнуванню.

Сучасна технократична цивілізація в процесі свого розвитку змінює обличчя Землі, і ця обставина не може не привернути увагу. Збільшення глобальних катастроф у вигляді кислотних дощів і озону, утворення цунамів та ураганних вітрів, виникнення парникового ефекту та інших подібних явищ змушують людину уважніше придивитися як до місця проживання, так і до його діяльності в ньому. При цьому участь людини і втручання в природу не завжди благотворно впливають як на природу (середовище проживання), так і на саму людину.

Середовище проживання – це не що інше, як частина природи, що оточує

людину і з якою вона безпосередньо взаємодіє. Існує чотири середовища проживання: водне; наземно-повітряне; ґрунт; живі організми.

У цілому вплив людини на навколишнє середовище, що характеризується поєднанням фізичних, хімічних і біологічних факторів, здатних за певних умов мати прямий або непрямий, безпосередній або віддалений вплив на діяльність або здоров'я людини, найбільш зручно розглядати на прикладі практичної діяльності людини.

Відповідно до положень про системний характер людської діяльності кожна з наших свідомих дій переслідує певну мету, тоді як в кожній дії легко побачити її складові частини, менші дії. Наприклад, для вироблення електроенергії необхідно спочатку створити обладнання для її виробництва, потім електростанцію, потім добувати паливо і доставляти його до місця споживання, а тому потрібні транспортні комунікації. Для використання електроенергії необхідно створити строго визначену кількість споживачів і забезпечити їм доставку електроенергії лініями електропередачі і розподільчими засобами. Усі ці компоненти повинні виконуватися не в довільному порядку, а в певній послідовності. Саме ця певна і підпорядкована меті, що взаємозв'язок складових частин є ознакою послідовності.

Однак систематична взаємодія людини з навколишнім середовищем проявляється не тільки в досягненні мети людини. При цьому навколишнє середовище зазнає змін, що, у свою чергу, не завжди сприятливі для людини. У цьому випадку **виникає поняття екологічних систем.**

Людина, переслідуючи власні цілі, організовує виробництво будь-якого продукту (рисунок 3.1). Виробництво споживає ресурси, виробляє необхідну продукцію і робить шкідливий вплив на навколишнє середовище. При цьому під шкідливим впливом розуміється такий процес обміну речовин і енергії, в результаті чого відбуваються кількісні і якісні зміни компонентів природного середовища, що перевищують гранично допустимі норми, що визначаються інтенсивністю, ступенем і небезпекою впливу.

Під інтенсивністю розуміється кількість порушень або забруднення

навколишнього середовища за одиницю часу.

Під **ступенем розуміється** відносне значення надходження забруднюючих речовин в природне середовище від загального обсягу вивільнених речовин у вигляді викидів, а також порушення компонента навколишнього середовища в залежності від його загальної площі і кількості.

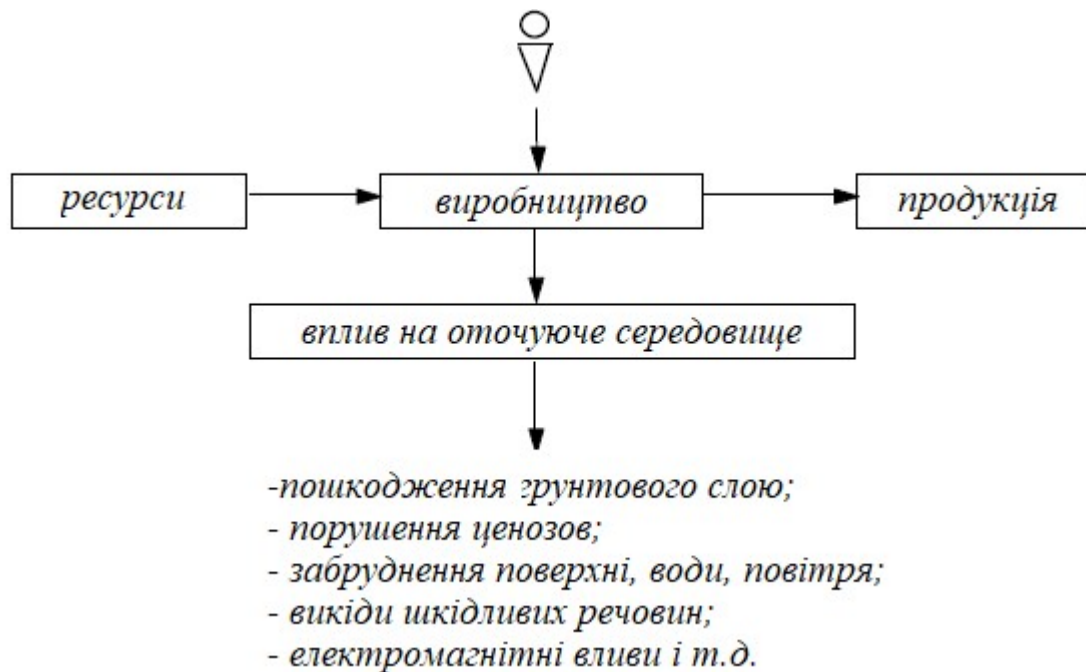


Рисунок 3.1 – Взаємозв’язок людини і оточуючого середовища

Під **небезпекою розуміється** відносна одиниця співвідношення між реальною (фактичною) інтенсивністю впливу і нормативною. Нормативами забруднення є гранично допустимі викиди в атмосферу (ГДВ) і гранично допустимі скиди в гідросферу (ГДС):

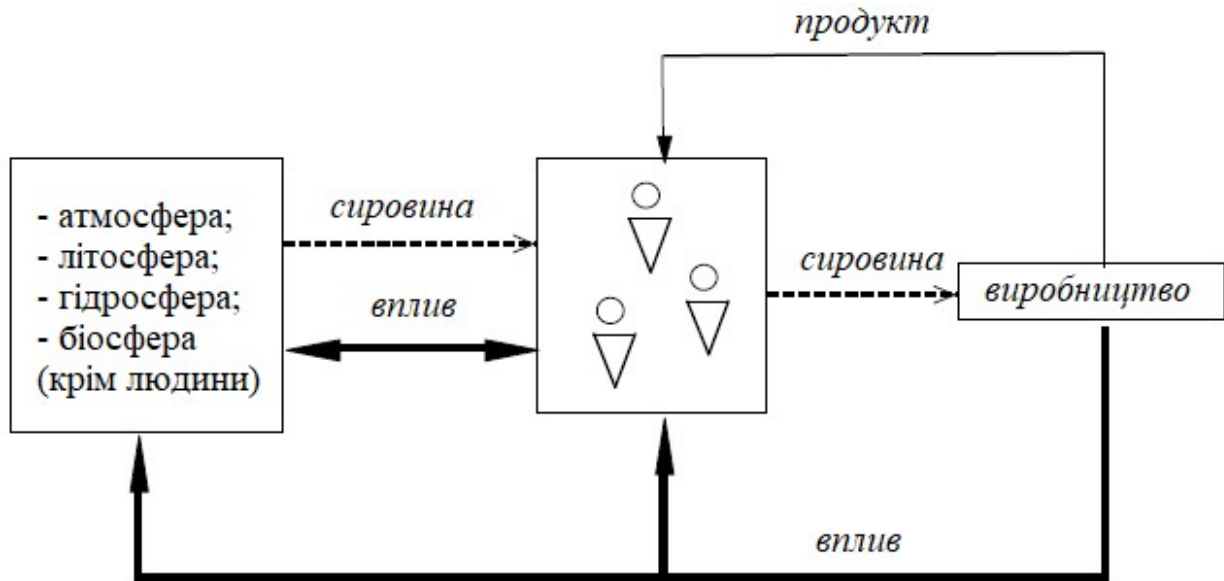
$$j = \frac{J}{ГДВ} \quad (3.1)$$

де J – інтенсивність впливу.

За $j > 1$ існує небезпека впливу, за $j < 1$ технологічний процес не впливає на природне середовище.

Більш детальне уявлення причинно-наслідкових зв'язків системи – «людина – середовища» наведено на рисунку 3.2, де інтереси людини представлені та враховуються у вигляді інтересів в цілому. Це пов'язано з тим,

що саме суспільство є замовником тих галузей, які найбільше змінюють зовнішній вигляд навколишнього середовища і планети в цілому (в тому числі і в зв'язку зі шкідливим впливом). У першу чергу до них відносяться енергетика, металургія, хімічна промисловість і транспорт.



**Рисунок 3.2 – Причино-наслідковий зв'язок системи
«людина- оточуюче середовище»**

Людина спрямовує свої зусилля на природу, щоб отримати копалини, що є сировиною для його діяльності. Сировина надходить в суспільство і розподіляється по галузях промисловості. У результаті суспільство отримує необхідний продукт, але, в той же час, шкідливий вплив, як від самого продукту, так і від промислових відходів. Шкідливий вплив зазнає і природа, що впливає на людину: зменшення кількості натуральної їжі, збільшення захворювань (від хронічних простудних захворювань до генетичних і навіть мутацій) і т.д. При цьому в залежності від можливого впливу на навколишнє середовище виявлено чотири області впливу:

- 1) *атмосфера* (зовнішня газоподібна оболонка Землі з постійно зниженням концентрації газів на висоті 1100–1400 км):
 - витрата кисню (процеси горіння є основою сучасних енергопідтримуючих, металургійних, хімічних, транспортних технологій);
 - викид газів і твердих частинок, отриманих під час згорання;

- тепловий вплив;
- електромагнітний вплив;
- іонізація;

2) *літосфера* або *земна кора* (тверда зовнішня оболонка Землі середньою звичайною товщиною 16 км, включаючи шар ґрунту разом з біоценозом):

- споживання копалин;
- виділення твердих частинок і рідких стоків на поверхню ґрунту;

3) *гідросфера* (переривчаста водяна оболонка Землі, включаючи поверхневі і ґрунтові води):

- забруднення промисловими відходами та рідкими стоками, кислотні дощі і т.д;
- тепловий вплив від охолоджуючих вод промисловості;
- радіоактивний вплив (від атомних електростанцій);

4) *біосфера*, крім людини, оскільки інтереси людини враховуються інтересами суспільства (нижня частина атмосфери, вся гідросфера і верхня частина літосфери Землі, населена живими істотами):

- споживання не викопних видів енергоносіїв (чіпсів, дров);
- порушення біоценозів (*біоценоз* – організована група популяцій рослин (*фітоценоз*), тварин (*зооценоз*) і мікроорганізмів (*мікробіоценоз*), що живуть у взаємодії в однакових умовах навколишнього середовища);
- міграція, вимирання тварин і рослин від різного роду впливу на них.

Таким чином, розглядається екологічна сторона розвитку енергетики, і цивілізації в цілому. Екологічні проблеми розвитку виникають тільки тоді, коли діяльність людини по відношенню до природи призводить до шкоди самій людині.

Концепція екосистеми передбачає наявність навколишнього середовища на вході і навколишнього середовища на виході. Ці середовища взаємопов'язані між собою і з екосистемою та необхідні для її функціонування і самообслуговування. Дана особливість зображена на рисунку 3.3 і 3.4.

Інформація (як сукупність інформації, даних) є ключовою складовою гармонійного розвитку людини на Землі в рамках природокористування.

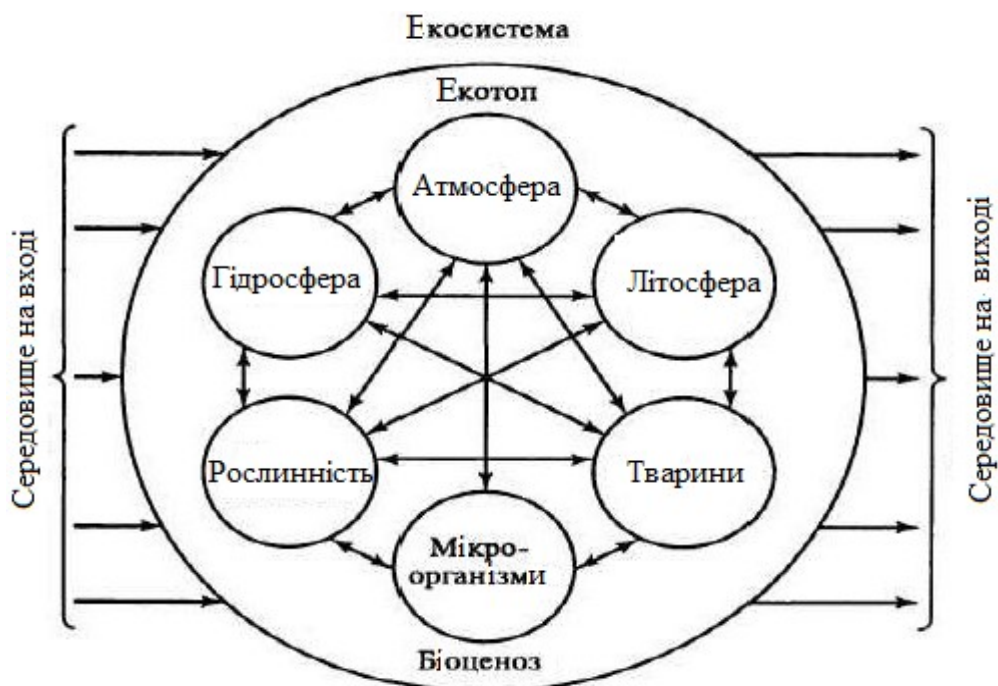


Рисунок 3.3 – Принципова схема екосистеми

Наявність промислової ланки в екосистемі перетворює розглянуту раніше схему (рисунок 3.4) в нову структурну схему – схему нообіогеоценозу (рисунок 3.5).

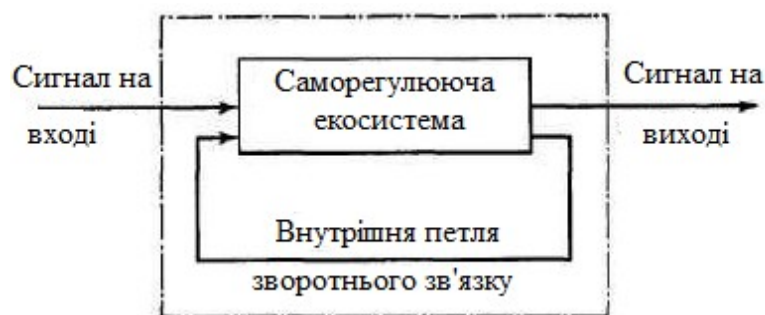


Рисунок 3.4 – Загальна модель саморегулюючої екосистеми

Тут екосистема включає в себе фізичне середовище Землі (екотоп), біоценоз і нооценоз (людське суспільство з власними засобами праці і

продуктами праці). Це рівні компоненти, які взаємно впливають на властивості один одного і необхідні для існування і функціонування системи нообіогеоценозу.

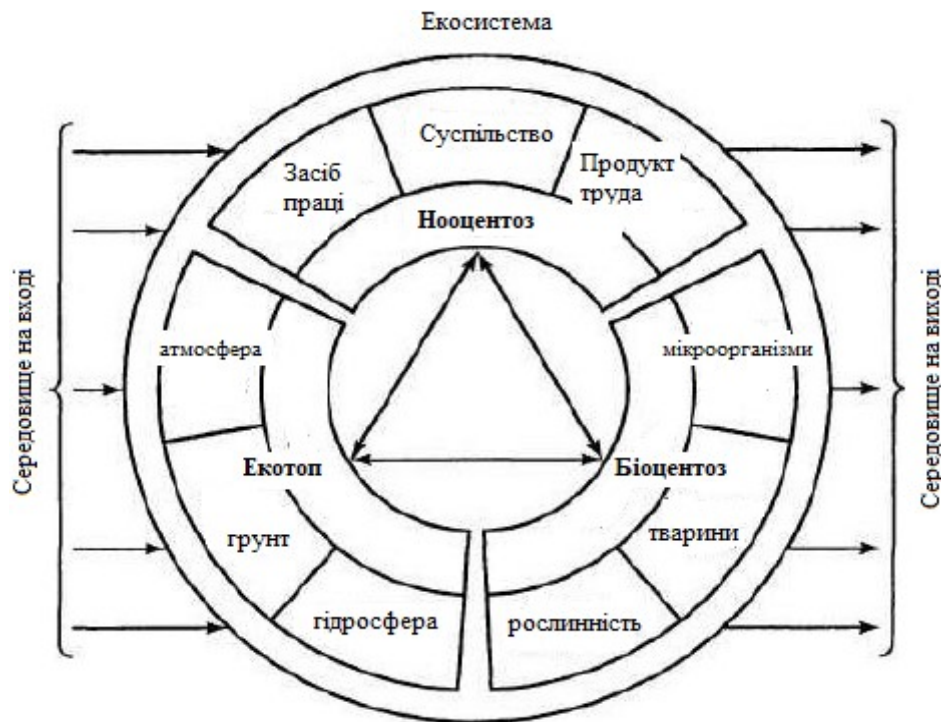


Рисунок 3.5 – Схема нообіогеоценозу

Будова нообіогеоценозу складається з наступних компонентів:

- неорганічні речовини (O, C, N, CO₂, H₂O і т.д.), що беруть участь в циклах;
- органічні сполуки (білки, вуглеводи, ліпіди, перегнійні речовини і т.д.), що зв'язують біотичні і абіотичні частини системи;
- повітряні- та водні середовища, включаючи кліматичний режим та інші фізичні чинники природного походження;
- автотрофні організми, гетеротрофні організми;
- засоби праці, суспільство (з його соціальними законами), продукти праці.

Таким чином, нообіогеоценоз – це біоценоз і екотоп, що функціонують разом і пов'язані між собою потоками інформації, енергії і речовини.

Рівень забруднення сьогодні настільки високий, що існує необхідність

введення обмежень на діяльність людини за шкідливий вплив на навколишнє середовище. Зокрема, для екологічно чистих пиловугіллевих електростанцій сучасні вимоги наведені в таблиці 3.1. Вимоги приведені у відповідність з міжнародними і є орієнтиром для проєктування станцій нового покоління.

Таблиця 3.1 – Екологічні вимоги до ТЕС

Назва викиду	Показник за типом вугілля			
	КАУ	Кузнецький	АШ	Екібастуз
зола*, г/м ³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,1
SO ₂ *, г/м ³	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3
NO ₂ *, г/м ³	0,15–0,2	0,15–0,2	0,15–0,2	0,15–0,2
неочищені рідкі стоків	Ні			
частка золи та інших твердих відходів, придатних для використання в національній економіці	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%

*при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,4$

З огляду на величезну шкоду, заподіяну як навколишньому середовищу, так і людині, санітарним законодавством промислово розвинених країн встановлені **гранично-допустимі концентрації** (ГДК) речовин, що забруднюють повітря, водні об'єкти і ґрунт.

ГДК називають таку концентрацією шкідливої речовини, що при щоденному впливі тривалий час не має прямого або непрямого впливу на організм людини, не призводить до будь-яких патологічних змін стану його здоров'я, не знижує його працездатність і не впливає на його самопочуття, а також не порушує біологічний оптимум для людини.

ГДК шкідливих речовин (тобто речовин, що під час контакту з організмом людини можуть призвести до професійної травми, професійних захворювань або порушень стану здоров'я, або хімічної речовини, що викликає порушення росту, розвитку або здоров'я організмів, в тому числі в ланцюзі поколінь) встановлюється в повітрі робочої зони, атмосферному повітрі і у водних

об'єктах.

$ГДК_{РЗ}$ – гранично-допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони, $мг/м^3$.

$ГДК_{МР}$ – максимальна разова концентрація шкідливої речовини в повітрі населених пунктів, $мг/м^3$.

$ГДК_{СД}$ – середньодобова гранично-допустима концентрація (тобто концентрація забруднювача в повітрі, що не має прямого або непрямого шкідливого впливу на людину з цілодобовим вдиханням), $мг/м^3$.

$ГДК_{В}$ – гранично-допустима концентрація шкідливих речовин у воді водойм, $мг/дм^3$.

Крім того, встановлюється ГДК хімічних речовин в ґрунтах.

Більшість сучасних електростанцій змушені працювати в умовах фонових забруднень, створеного як іншими підприємствами, так і фактичним середовищем району експлуатації. При цьому *фоновим забрудненням повітря* вважається забруднення без урахування викидів розглянутого підприємства. Тому при вивченні викидів тієї чи іншої ТЕС слід враховувати фонове забруднення для кожного інгредієнта.

За ступенем небезпеки (токсичності) розрізняють чотири класи речовин:

- 1 – підвищена небезпека (бензо(а)пірен $C_{20}H_{12}$);
 - 2 – підвищена небезпека (формальдегід CH_2OH , діоксид азоту NO_2);
 - 3 – середня небезпека (чорний вуглець C , діоксид сірки SO_2 , оксид азоту NO);
 - 4 – низька небезпека (аміак NH_3 , чадний газ CO).
- або 1 – вкрай небезпечний; 2 – небезпечний; 3 – помірно-небезпечний; 4 – відносно-безпечний.

Для кожної з випромінюваних речовин необхідне виконання умови:

$$c_i \leq ГДК_i$$
$$\frac{c_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (3.2)$$

де c_i – поверхнева концентрація i -ї речовини, $мг/м^3$; ГДК – значення ГДК i -ї

шкідливої речовини.

Для оцінки забруднення повітря на територіях санітарно-захисних зон (курортів, місць масового відпочинку населення, заповідників, національних парків) використовуються значення 0,8 ГДК забруднення атмосфери.

Спостереження показують, що дотримання ГДК не супроводжується будь-якими відхиленнями в стані здоров'я найбільш вразливих груп населення. При цьому перевищення ГДК в 2–4 рази викликає зміну дихальних функцій, зрушення функціонального стану деяких органів і систем у чутливих групах населення, а перевищення ГДК в 5–7 разів підвищує захворюваність інших груп населення.

Для речовин, для яких встановлені тільки середньодобові гранично допустимі концентрації $ГДК_{CC}$, максимальні разові гранично допустимі концентрації $ГДК_{MP}$ визначаються наступним приблизним співвідношенням:

$$ГДК_{MP} = 10 ГДК_{CC} \quad (3.3)$$

Гранично-допустимим викидом (ГДВ) – це такий максимальний викид шкідливих речовин кожним джерелом забруднення атмосфери (г/с або т/рік), який разом з викидами інших джерел не призводить до перевищення поверхневих концентрацій цієї речовини над значенням ГДК.

Санітарно-гігієнічні норми якості атмосферного повітря включають максимальну разову гранично-допустиму концентрацію речовин в поверхневому повітряному шарі $ГДК_{MP}$ і положення про підсумовування токсичної дії ряду забруднюючих речовин.

Технологічні норми викидів встановлюються у вигляді специфічних показників (мг/м, кг/т.у.п., г/МДж). Для існуючих котлів вони визначаються можливостями обладнання щодо обмеження викидів забруднюючих речовин оптимізацію режиму роботи, для нових – відповідають вимогам стандартів.

Вихідними даними для розробки стандартів гранично-допустимих викидів ТЕС є: характеристика місцевості, де розташована ТЕС; топографо-соціологічні

характеристики регіону; дані про фонове забруднення повітря; дані про допустимий внесок ТЕС у забруднення атмосферного повітря тощо.

Значення ГДК деяких речовин наведені в таблицях 5.2 та 5.3.

У таблиці 5.4 показано вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я людини.

Таблиця 3.2 – Значення гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі

Забруднювач	ГДК _{МР} , мг/м ³	ГДК _{СС} , мг/м ³	Клас небезпеки
Золь ТЕС	0,05	0,02	2
Сажі	0,15	0,05	3
Оксиди сірки	0,5	0,05	3
Діоксид азоту	0,085	0,04	2
Оксид азоту	0,6	0,06	3
Чадний газ	5	3	4
Пентаксид ванадію	-	0,002	1
Бенц(а)пірен, C ₂₀ H ₁₆	-	0,1 мкг/100 м ³	1
Аміак, NH ₃	0,2	0,04	4
Сірководень, H ₂ S	0,008	-	2

Таблиця 3.3 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених міст

Забруднювач	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Наявність димових газів котелень, що працюють на		
	максимальна разова	середньодобова	газі	мазуті	Вугіллі
Оксид азоту NO	0,4	0,06	+	+	+
Діоксид азоту NO ₂	0,085	0,04	+	+	+
Діоксид сірки SO ₂	0,5	0,05	+	+	+
Пил (зола) нетоксичний	0,5	0,15	—	—	+
Летюча зола (з масовою часткою CaO ≥ 35%)	0,05	0,02	—	—	+

Чадний газ CO	5	3	+	+	+
Сажа (кіптява)	0,15	0,05	+	+	—
Ванадію пентоксид V ₂ O ₅	—	0,02	—	+	—
Сірководень H ₂ S	0,008	—	+	+	+
Аміак NH ₃	0,2	0,04	+	+	+
Бенц(а)пірен C ₂₀ H ₁₂	—	0,1·10 ⁻⁵	+	+	+

*Максимальна разова концентрація визначається зразками, взятими протягом 20 хвилин, середньодобова – на добу.

Таблиця 3.4 – Вплив забруднень атмосферного повітря на стан здоров'я людини

Забруднення	Підвищена смертність та доступ до лікарень (середньодобова концентрація)	Погіршення стану пацієнтів з легеневиими захворюваннями (середньодобова концентрація)	Погіршення респіраторних симптомів (середньорічна концентрація)	Зміна видимості, дискомфорту (середньорічна концентрація)
SO ₂ , мг/м ³	0,5	0,5 ... 0,25	0,1	0,08
Зола, мг/м ³	0,5	0,25	0,1	0,08

Комбінована присутність низки шкідливих речовин в атмосферному повітрі може підвищити їх токсичність. Такі речовини називаються речовинами односпрямованої дії і за їх одночасного вмісту в атмосфері має виконуватись умова:

$$\frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (3.4)$$

де c_1 , c_2 і c_n – концентрації шкідливих речовин односпрямованих речовин, мг/м³; ГДК₁, ГДК₂ і ГДК_n – відповідні значення ГДК цих речовин в атмосфері, мг/м³.

У даний час встановлено наступні комбінації шкідливих речовин з сумарною взаємодією:

- діоксид азоту + діоксид сірки;
- діоксид сірки + аерозоль сірчаної кислоти;
- діоксид сірки + сірководень;
- діоксид сірки + оксид сірки + аміак + оксиди азоту;

- діоксид сірки + діоксид азоту + фенол + чадний газ і низка інших.

З перерахованих сполук перше поєднання має найбільше значення для теплоенергетики, так як діоксид сірки і діоксид азоту практично завжди одночасно присутні в продуктах горіння.

Загальна кількість M_j забруднювача j , що надходить в атмосферу димовими газами котельні або ТЕС, визначається на підставі зміни концентрацій шкідливих речовин в димових газах за рівнянням, г/с:

$$M_j = C_j \cdot V_{c.z.} \cdot K_n, \quad (3.5)$$

де C_j – масова концентрація забруднювача j в сухих димових газах за стандартного надлишкового коефіцієнту повітря $\alpha_0 = 1,4$ і нормальних умов ($p = 101,3$ кПа, $T = 273$ К), мг/м³;

$V_{c.z.}$ – об'ємна витрата сухих димових газів, що утворюються під час згорання палива за $\alpha_0 = 1,4$ і нормальних умов, м³/с;

K_n – коефіцієнт перетворення (при визначенні масової витрати (викиду) забруднювача в грамах в секунду $K_n = 10^{-3}$).

Гранично допустимі викиди є засобом поточного контролю за діяльністю теплових електростанцій і жодним чином не відображають екологічні характеристики енергетичного обладнання. Тому поряд з регулюванням концентрацій поверхні існують нормативні документи, що регулюють нормативи питомих викидів (НДУ) шкідливих речовин в димових газах електростанцій. Питомі норми викидів даються або у **міру концентрації С** (у грамах шкідливої речовини в 1 м³ вихлопних газів (г/м³) за $\alpha = 1,4$ і нормальних умов) або як **специфічні викиди К** (у грамах шкідливої речовини, що відноситься до 1 МДж хімічної енергії палива (г/МДж), що виділяється в печі).

Нормативи на конкретні викиди твердих частинок, оксидів азоту і сірки для нових котлів регулюються державним стандартом. Стандарт містить два рівні нормативів, що обмежують забруднення повітря під час будівництва нових і під час технічного переоснащення та розширення існуючих теплових

електростанцій і котелень на період до 2000 року і після відповідно.

Допустимі питомі викиди визначаються у залежності від виду спаленого палива, потужності котла і способу видалення шлаку.

Норматив питомих викидів чадного газу в атмосферу від котелень з надлишковим коефіцієнтом повітря $\alpha = 1,4$ не повинен перевищувати:

- для газу і мазуту – 300 мг/м^3 за нормальних умов;

- для вугілля:

для котлів з видаленням твердого шлаку – 400 мг/м^3 ;

для котлів з видаленням рідкого шлаку – 300 мг/м^3 .

3.1. Екологічний чинник утилізації та рециклінгу відходів транспорту

Автомобільний транспорт є однією з важливих складових національної економіки. Разом з тим, його функціонування пов'язано зі зростаючим забрудненням довкілля внаслідок суттєвого збільшення загальної кількості ТЗ і, відповідно, обсягів викидів шкідливих речовин. Тому питання забезпечення екологічної безпеки й зменшення еколого-економічного збитку від негативного впливу автотранспорту на довкілля й здоров'я населення потребують невідкладного вирішення.

Розробленню та удосконаленню теоретичних і практичних засад управління природоохоронною діяльністю у сфері автотранспорту присвячені наукові праці баратьох зарубіжних і вітчизняних вчених. Разом з тим, питання застосування мотиваційних механізмів у процесах екологізації автотранспорту залишаються недостатньо дослідженими.

3.1.1. Екологізація автомобільного транспорту та нейтралізація токсичних викидів у двигунах внутрішнього згорання

Викиди забруднюючих речовин в атмосферу, наприклад, у 2016 р. за видами транспорту становили: автомобільний транспорт – 2285 тис. т (90,9 % загального викиду), залізничний транспорт – 52,2 тис. т (2,1 %), повітряний транспорт – 10,7 тис. т (0,4 %), морський транспорт – 11,8 тис. т (0,5 %),

дорожні машини – 155,1 тис. т (6,1 %). Україна на сьогоднішній день має у своєму розпорядженні значний парк автотранспорту, чисельність якого досягає 9 млн одиниць, у тому числі 6769,3 тис. легкових автомобілів, 945,2 тис. вантажних, 171,5 тис. пасажирських автобусів, 528,4 тис. мототранспорту та 241,5 тис. інших автомобілів. Спостерігається стійка тенденція зростання чисельності ТЗ, що перебувають в особистій власності громадян. Крім того із загальної кількості автомобілів, що знаходяться в межах України станом на 2015 р., 39 % парку вантажних автомобілів перебувають в експлуатації понад 8 років, а більше 20 % експлуатується понад 10–13 років. На сьогодні ситуація не змінилася. Вона розвивається у бік зростання техногенного навантаження. Тобто, значна частка автомобілів є практично повністю зношеними й підлягають списанню, однак вони ще експлуатуються. Показово також, що вироблені в Україні моделі автомобілів на 8–10 років відстають за всіма основними показниками (економічності, надійності, безпеки) від автомобілів, що випускаються в промислово розвинутих країнах і, як правило, не відповідають сучасним міжнародним екологічним стандартам. Усі ці фактори є прямою причиною збільшення викидів токсичних речовин, що кожного року будуть зростати в середньому на 7–10 %.

Відомо, що головним багатством окремої нації є її людський та природний капітал. Основу людського капіталу складає здоров'я населення, стан якого значною мірою залежить від якості НС. Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених свідчать, що саме автотранспорт є одним з найнебезпечніших та найбільш наближених джерел забруднення до середовища існування людини. Існує пряма залежність між захворюваністю окремими хворобами легенів жителів міст і ступенем забруднення повітря викидами автотранспорту. Посилення психологічної напруженості та зниження працездатності населення пов'язане також із шумовим впливом автомобільного транспорту. Встановлено, що гранично припустимий рівень шуму становить 75–85 Дб. У таких містах, як Київ, Харків, Донецьк спостерігається його перевищення у 1–3 рази.

Одним із важливих чинників, що зумовлюють незадовільні екологічні показники функціонування автотранспорту, є екологічна культура та екологічна свідомість населення, а також низький рівень мотивації до екологізації ТЗ. Усі інші фактори – недостатнє фінансування природоохоронних заходів; відсутність коштів на просте відтворення основних засобів внаслідок зниження їх вартості та недостатній рівень амортизаційних відрахувань; відсутність інвестицій на умовах концесій, державно-приватного партнерства; недосконалість механізмів лізингу є похідними від нашої екологічної необізнаності та корупції.

З точки зору психології, за джерелом впливу на формування та активізацію мотивів розрізняють внутрішню та зовнішню мотивацію.

Внутрішня мотивація (ВМ) обумовлюється потребами, інтересами, бажаннями самої людини без будь-якого зовнішнього тиску. В економічному плані вона проявляється у вигляді схильності до певної діяльності, задоволення від процесу або результатів цієї діяльності, від розуміння її суспільної корисності. Вважається, що ВМ є джерелом розвитку людини, основою її самомотивації.

Зовнішня мотивація обумовлюється зовнішніми умовами, впливом, обставинами з метою формування або підсилення необхідного мотиву. Вважається, що зовнішня мотивація не стимулює належним чином та перетворює будь-яку діяльність на необхідність. За спрямованістю (знаком) зовнішня мотивація поділяється на зовнішню негативну мотивацію (ЗНМ) та зовнішню позитивну мотивацію (ЗПМ). Як показують численні соціологічні дослідження, для високої ефективності тієї чи іншої діяльності найбільш сприятливим є таке співвідношення між трьома видами мотивації:

$$BM > ЗПМ > ЗНМ \quad (3.6)$$

Тобто схильність особистості до певної діяльності має більшу мотиваційну значущість, ніж спонукання до неї, а останнє – більшу значущість, ніж примушення. При цьому як ЗПМ, так і ЗНМ порівняно із ВМ мають меншу стійкість і швидко втрачають свою стимулюючу силу. З урахуванням

вищезазначеного, приведемо класифікацію методів управління природоохоронною діяльністю на автотранспорті та їх вплив на мотивацію природоохоронної діяльності (рисунок 3.6).

У розвинутих країнах світу вже давно використовують мотиваційні механізми, в основі яких лежать переважно внутрішні та зовнішні позитивні мотиви ВМ U ЗПМ (японський досвід). Проте переважна більшість вітчизняних менеджерів переконані, що найефективнішими є економічні методи мотивації, а ВМ лише підсилює їх дію. Це пов'язано з тим, що активізація ВМ є нелегким та довготривалим завданням. Під час вибору поведінки людина керується власними сформованими мотивами, а для їх зміни необхідний певний час. Людина почуває себе у безпеці, бо до кінця не розуміє остаточних наслідків екодеструктивної діяльності та безмежності власних потреб. Саме низький рівень екологічної освіченості нашого населення є однією із головних причин збільшення викидів токсичних речовин автотранспортом.

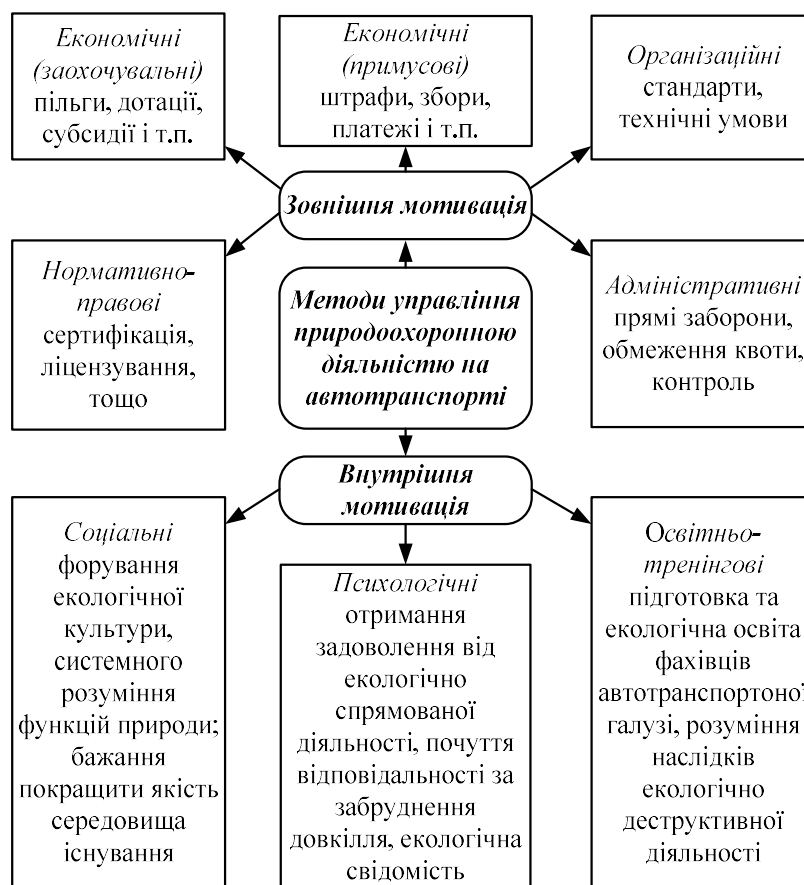


Рисунок 3.6 – Система методів екологізації автотранспорту

Відомим є той факт, що найменше небезпечних речовин викидається автомобілем під час руху зі швидкістю 70–75 км/год. Зі зменшенням швидкості від 60 до 30 км/год викиди збільшується у 2,2 рази, а із збільшенням її до 80 км/год – у 3,7 рази. Однак через необізнаність і невмотивованість більшість водіїв не дотримуються даного правила. Вітчизняна система екологічної освіти поки що не відповідає вимогам сучасності. На кожному з етапів розвитку особистості відсутній логічний перехід від елементарних екологічних знань, уявлень дошкільного рівня до їх глибокого усвідомлення та практичної реалізації. Люди продовжують використовувати неякісне паливе та автомобілі, що вже не відповідають сучасним екологічним вимогам.

Це обумовлено, перш за все, соціально-економічною ситуацією в країні, де базові економічні потреби населення (адекватна заробітна плата, стабільність заробітку) залишаються задоволеними не повною мірою. Очевидно, що в таких умовах людині важко переорієнтуватися з суто економічних на еколого-економічні цілі. Однак екологічно освічена людина розуміє, що за її екодеструктивну поведінку сьогодні – будуть платити майбутні покоління, а тому обмежує свої вторинні потреби.

Транспорт, особливо автомобільний, в останні десятиліття розвивається посиленими темпами, кількість автомобілів неухильно росте. У наш час автотранспорт стає визначальним фактором у зміні стану НС великих міст і, у цілому, клімату Планети.

Негативний вплив автомобільного транспорту на НС виявляється за наступними напрямками:

- забруднення НС (включаючи атмосферне повітря, літосферу, гідросферу Землі) токсичними викидами;
- зростання рівня транспортного шуму та вібрації, особливо у великих містах і районах масового автомобільного руху, де транспортний шум є джерелом постійного дискомфорту для більшості населення;
- забруднення ПММ (в основному через витік);

- забруднення пилом;
- відторгнення значних ділянок землі для будівництва автомобільних доріг і спорудження об'єктів транспортної інфраструктури в цілому;
- нагромадження відходів і сміття, що утворюються в зв'язку з виробництвом, ТО і ремонтом, утриманням автомобільних доріг.

У даний час автомобільний транспорт визнаний одним з найважливіших факторів екологічного ризику, пов'язаних з розвитком сучасної цивілізації.

У США, наприклад, на автомобільний транспорт приходить близько 60 % загального обсягу викидів токсичних сполук, у країнах Західної Європи – до 40 %. Забруднення повітряного басейну від автомобільного транспорту в цілому для країн СНД складає 13 % загального забруднення. Однак у містах і промислових центрах цей відсоток складає 30 %.

Автомобілі споживають велику кількість кисню і в такий спосіб знижують здатність наколишнього середовища до регенерації (*від лат. відновлення, відродження організмом втрачених або ушкоджених органів і тканин*). Основні джерела і фактори негативного впливу автомобільного транспорту на НС, працездатність і здоров'я людини:

- ВГ – 85 % усіх забруднень;
- картерні гази – 10 %;
- випар паливних систем – 5 %.

У ВГ двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) міститься близько 200 токсичних компонентів, з них близько 160 – похідні вуглеводнів, прямо пов'язані з неповним згоранням палива в двигуні. Наявність в ВГ шкідливих речовин обумовлено видом і умовами згорання палива.

Токсичність ВГ карбюраторних двигунів обумовлюється вмістом оксиду вуглецю (CO), оксидів азоту (NO_x) і вуглеводнів (C_xH_y), а дизельних двигунів – NO_x і сажі. До числа шкідливих компонентів відносяться й тверді частинки, що містять свинець і сажу (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Склад ВГ, % за обсягом

Компоненти ВГ	Двигуни	
	Карбюраторні	Дизельні

Азот – N ₂	74–77	76–78
Кисень – O ₂	0,3–0,8	2–18
Пари води – H ₂ O	3–13	0,6–10
Діоксид вуглецю – CO ₂	5–12	1–10
Оксид вуглецю – CO	0,1–10	0,01–0,5
Оксиди азоту – NO _x	0–0,8	0,0002–0,5
Вуглеводні – C _x H _y	0,2–3	0,009–0,05
Альдегіди	0–0,2	0–0,05
Сажа, г/м ³	0–0,1	0–20
Бензапирен, мг/м ³	0–25	0–10
Сполуки свинцю, мг/м ³	0–60	0–10
Оксиди сірки, мг/м ³	0–0,03	0–0,015

Усі карбюраторні двигуни працюють за циклом Отто. Співвідношення між опалювальними вуглеводнями й повітрям визначають так званим коефіцієнтом надлишку повітря α ; він відповідає відношенню кількості повітря, що поступило в циліндр двигуна, до кількості повітря, теоретично необхідного для повного згорання заданої кількості палива. Максимальна швидкість згорання палива в карбюраторних двигунах досягається за $\alpha = 0,85\text{--}0,9$. Таким чином, сам цикл роботи карбюраторних двигунів зумовлює неповне згорання палива, і як наслідок, виділення токсичного компонента (CO) у ВГ.

Водночас, слід зазначити, що під час згорання палива в циліндричних двигунах виникає висока температура й тиск, що зумовлюють утворення токсичних оксидів азоту:

- 1) $\alpha = 1$ (повне згорання, 14,7 кг повітря) – нормальна суміш;
- 2) $\alpha < 1$ (неповне згорання, 12 та менш кг повітря) – багата суміш;
- 3) $\alpha > 1$ (повне згорання, 17 та більше кг повітря) – бідна суміш.

Рухаючись зі швидкістю 80–90 км/год у середньому автомобіль перетворює у вуглекислоту стільки ж кисню, скільки 300–350 осіб. Річна емісія одного автомобіля – це 800 кг CO, 40 кг NO_x і більш 200 кг різних C_xH_y. У цьому наборі досить підступний CO. Через високу токсичність його допустима концентрація в атмосферному повітрі не повинна перевищувати 1 мг/м³.

Одержання суміші розпиленого й частково палива (бензину), що випарився з повітрям називається карбюрацією, а прилад, що забезпечує цей процес –

карбюратором. Головним призначенням карбюратора є дозування подачі палива для кожного з можливих режимів роботи двигуна. Сумішоутворюючі пристрої карбюратора забезпечують необхідне співвідношення між паливом і повітрям. Так, швидкості надходження палива і повітря складають відповідно 5 і 150 м/с.

Функціонування автомобільного транспорту супроводжується потужним негативним впливом на довкілля, що виражається в забрудненні атмосфери, водних об'єктів і земель, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, використанні природних ресурсів, виділенні тепла в довкілля, створенні високих рівнів шуму. Важливу роль у зменшенні деструктивного впливу автотранспорту на довкілля відіграють сучасні методи управління природоохоронною діяльністю. Законодавча база їх застосування розроблена достатньо, однак механізм їх реалізації на практиці залишається ще надто слабким. Сьогодні необхідно формувати нові підходи до удосконалення методів управління природоохоронною діяльністю на автотранспорті.

На початку 90-х років минулого століття уряди європейських країн почали розробляти систему заходів для поліпшення екологічної безпеки. Виробників автомобілів і автомобільних двигунів зобов'язали поетапно вдосконалювати свою продукцію з метою зменшення шкідливих викидів із ВГ. Встановлені вимоги до максимальних викидів двигунів внутрішнього згорання отримали назву «EURO».

«**EURO**» – це екологічні стандарти, що регулюють вміст шкідливих речовин ВГ ТЗ з дизельними й бензиновими двигунами.

Залежно від ступеня жорсткості вимог екологічні стандарти, носять назву: «**EURO-1**», «**EURO-2**», «**EURO-3**», «**EURO-4**», «**EURO-5**», «**EURO-6**» - екологічні сертифікати відповідності (таблиця 3.6).

Під час роботи ДВЗ відбувається перетворення хімічної енергії рідких та газоподібних видів палива у теплову, а потім – у механічну енергію. Під час згорання палива в циліндрах двигунів утворюються нетоксичні (водяна пара, вуглекислий газ) і токсичні речовини. Останні є продуктами згорання або

побічних реакцій, що протікають за високих температур, найшкідливіші компоненти – CO, C_xH_y, NO_x, та сажа.

Екологічні норми токсичності ВГ двигунів ТЗ «**EURO**» є системою, що контролює рівень токсичності ВГ автомобільних двигунів та встановлює норми токсичності, яким мають відповідати автомобілі та інша техніка в країнах ЄС. Стандарти «Євро» були вперше введені Європейською економічною комісією (ЄЕК) ООН у 1993 р.

Норми токсичності «**EURO-1**» встановили граничний вміст викидів оксидів вуглецю та сумарних викидів незгорілих вуглеводнів і оксидів азоту, а для дизельних двигунів – сажі. Виробників автомобілів зобов'язали надавати гарантію щодо дотримання екологічних параметрів протягом пробігу автомобілем 80 тис. км. З метою приведення показників до норми на старих автомобілях почали встановлювати каталітичні нейтралізатори в процесі експлуатації, а з ТЗ, не обладнаних такими пристроями, стягали вищі податки.

Таблиця 3.6 – Вимоги до вмісту шкідливих речовин у викидах ВГ ТЗ, мг/км шляху

Назва стандарту	Оксид вуглецю (CO)	Вуглеводні	Леткі органічні речовини	Оксиди азоту (NO _x)	HC+ NO _x	Тверді частинки (PM)
<i>Для дизельного двигуна</i>						
Євро-1	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Євро-2	1,0	-	-	-	0,7	0,08
Євро-3	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Євро-4	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Євро-5	0,500	-	-	0,180	0,230	0,005
Євро-6	0,500	-	-	0,080	0,170	0,005
<i>Для бензинового двигуна</i>						
Євро-1	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	-
Євро-2	2,2	-	-	-	0,5	-
Євро-3	2,3	0,20	-	0,15	-	-
Євро-4	1,0	0,10	-	0,08	-	-
Євро-5	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005

Євро-6	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005
---------------	-------	-------	-------	-------	---	-------

Імплементація норми «**EURO-2**», згідно з якими вимоги щодо викидів в атмосферу були збільшені в середньому в 1,5 рази, змусило виробників перейти на бензинові двигуни із системами впорскування палива й каталітичними нейтралізаторами. Вимогам «**EURO-2**» не відповідають автомобілі, обладнані карбюраторними двигунами, а також інжекторними без каталізатора. Положення «**EURO-2**» регламентують не тільки токсичність газів, що викидаються після згорання палива, а й склад повітря навколо автомобіля. Для цього передбачена відповідна система вловлювання пари бензину.

За нормами «**EURO-3**», що, на відміну від норм «**EURO-2**», окремо встановили екологічні параметри холодного запуску, перевірку вихлопу починають проводити за температури мінус 7°C (до цього перевірку ВГ проводили за прогрітого двигуна). Введення цієї норми потребувало зміни розташування каталізатора: для того щоб він швидко досяг потрібної робочої температури, його монтують якомога ближче до двигуна. Також, починаючи з норм «**EURO-3**», автомобілі слід обладнувати бортовими діагностичними системами для контролю токсичності ВГ: водій має бути сповіщений у разі несправності або погіршення роботи системи контролю токсичності ВГ, що може спричинити підвищення токсичності ВГ понад допустиму межу.

Для дотримання норм токсичності, що сьогодні діють в Європі (екологічний стандарт «**EURO-5**»), було вдосконалено систему подавання палива (безпосереднє впорскування, зміна тиску впорскування), що дало змогу двигуну ефективніше спалювати робочу суміш. Встановлення каталізаторів, уловлювачів твердих часток відпрацьованого палива дало змогу ефективно доокиснювати неповністю згорілу робочу суміш та якісніше очищувати ВГ. Для двигунів вантажних автомобілів, автобусів, сільськогосподарської техніки для вирішення питання очищення ВГ було запропоновано два варіанти.

Перший варіант – упровадження системи рециркуляції ВГ EGR (Exhaust Gas Recirculation). Суть полягає в тому, що частина ВГ після охолодження знову надходить до впускного колектора, де змішується з повітрям і надходить

у циліндр двигуна. Це дає змогу проводити спалювання за низьких температур, що, своєю чергою, зменшує вміст оксиду азоту, підвищений вміст якого спричинює висока температура в камері згорання. Але водночас утворюються часточки сажі, для вловлювання яких потрібно застосовувати сажовий фільтр.

Другий варіант – технологія очищення ВГ завдяки системі вибіркової каталітичної нейтралізації SCR (Selective Catalytic Reduction). Технологія SCR передбачає використання спеціального розчину AdBlue на основі дистильованої води й сечовини, що впорскується у ВГ перед тим, як вони проходять каталітичний нейтралізатор. Після реакції в каталізаторі оксиди азоту розкладаються, і на виході ми отримуємо нешкідливий азотний газ і водяну пару. Для досягнення норм «**EURO-4**» обсяг внесення розчину AdBlue становить 3–4 % обсягу палива, а для досягнення вимог екологічного стандарту «**EURO-5**» – приблизно 5–7 %. Керування системою відбувається за допомогою електроніки, що контролює токсичність ВГ, їх температуру, режим роботи двигуна, обчислюючи для цього потрібну кількість реагенту.

Використання тієї чи іншої технології має свої переваги та недоліки: так, для технології SCR – це додаткове застосування ще одного витратного матеріалу, тому на борту слід мати ще один бак для нього. Крім того, навіть у ЄС інфраструктура заправлення AdBlue ще недостатньо розвинена.

У технології EGR проблем із використанням додаткової речовини немає, проте для охолодження і повторного подавання частини ВГ потрібно затратити певну потужність, що слід відібрати у двигуна. Також на двигунах, що працюють із системою EGR, потрібно застосовувати паливо вищої якості.

З першого січня 2014 р. в ЄС діє новий екологічний стандарт – «**EURO-6**». Сертифікат «**EURO-6**» передбачає зменшення викидів вуглекислого газу до 120 г/км. Виробники двигунів зазначають, що для досягнення нової норми на двигунах, можливо, будуть використовувати системи як EGR, так і SCR або EGR+SCR, а також застосовувати сажові фільтри.

Удосконалення систем із зменшення токсичності ВГ ще не дає гарантії того, що їх токсичність відповідатиме встановленим нормам. Для отримання високих результатів щодо зниження токсичності ВГ потрібно паралельно підвищувати вимоги до якості палива та саму якість палива.

В Європі створені стандарти для автомобільного бензину – EN 228 та дизельного палива – EN 590. Перші редакції цих стандартів були ухвалені 1993 р. і забезпечили виконання норм токсичності «EURO-1». І практично кожного разу, з прийняттям чергової норми, також підвищували вимоги до палив. Зокрема, з 1996 р. діяв стандарт якості автомобільного бензину – EN 228:04 («EURO-2»), у 2000 р. запроваджено стандарт EN 228:99 («EURO-3»), а з 2005 р. набрав чинності EN 228:04 (екологічний стандарт «EURO-4»). Вимоги до якості дизельного палива: 1996 р. – EN 590:96 («EURO-2»), 2000 р. – EN 590:99 («EURO-3»), 2005 р. – EN 590:04 (стандарт євро «EURO-4»).

В Україні нові екологічні правила – норми «EURO-2» – набрали чинності з 2006 р., згідно закону України «Про деякі питання ввезення на митну територію України транспортних засобів». Відповідно до цього закону, заборонено пропуск на нашу митну територію (з метою вільного обігу) та першу реєстрацію в Україні ТЗ, що не відповідають екологічним нормам «EURO-2». з 1 січня 2012 р. в нашій державі діють норми «EURO-3», з 2014 р. – «EURO-4», з 2016 р. – «EURO-5», з 2018 р. – «EURO-6».

Щодо якості палива, то на сьогодні в Україні діють Державні стандарти: ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні Євро. Технічні умови» та ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови». Дані стандарти містять вимоги до показників якості палив на відповідність стандартам «Євро-3», «Євро-4» та «Євро-5».

Проте не слід забувати, що використання палива підвищеної якості, що відповідає вимогам екологічних стандартів «EURO-4» та «EURO-5» технікою, що не відповідає цим вимогам із токсичності ВГ, призводить лише до витрат на виробництво даних палив, а не до зниження токсичності ВГ. А ефективне

вирішення проблем екології можливе лише за комплексного вирішення питання у нерозривному ланцюзі «автомобіль – паливо».

Контроль ВГ автомобілів є глобальною проблемою. Багато країн розробляють власні нормативи й стандарти, що регламентують рівні викидів токсичних речовин.

3.1.2. Технології та обладнання утилізації та рециклінгу транспортних засобів

Автомобіль, що надходить на утилізацію, як правило, сильно забруднений, тому спочатку він повинен бути очищений від бруду, що полегшує розбирання, дозволяє правильно оцінити придатність знятих вузлів і агрегатів до повторного використання й відновлення. Вважають, що очищення дозволяє на 20–30 % підвищити ресурс відновлюваних деталей і агрегатів і на 15–20 % підняти продуктивність праці під час розбирання автомобіля.

3.1.2.1. Розбирання автомобіля та його агрегатів

Розбирання автомобіля полягає у роз'єднанні різних з'єднаних агрегатів і вузлів. У сучасних конструкціях автомобілів перевагу (там, де це можливо з конструктивних міркувань) віддають легкороз'ємним з'єднанням.

Правильне розбирання автомобіля дозволяє повернути в автозбірне й авторемонтне виробництва до 70–80 % знятих вузлів, деталей і агрегатів, у тому числі 40–60 % після відновлення.

Етапи розбирання автомобіля та його агрегатів чергуються з етапами мийки та очистки. Утилізований автомобіль після мийки надходить на загальне розбирання, де з нього знімають колеса, з його систем зливають усі робочі рідини (паливо, оливи, гальмівну, охолоджуючу технічні рідини та ін.). Знімають потенційно небезпечні системи (подушки безпеки з піропатроном, натягувачі пасків безпеки, кондиціонер, акумуляторну батарею і т.д.). Потім з автомобіля знімають електрообладнання, панель приладів, передній і задній бампери, радіатори, паливний бак, передній і задній мости, карданний вал,

тормозну та паливну системи, коробку передач, двигун і т.д. Зняті агрегати і системи автомобіля надходять на подальше очищення і вузлове розбирання, що виконується на спеціалізованих ділянках.

Кузови після зняття вузлів і агрегатів пакуються й складаються для подальшої утилізації дробленням і видової сепарації дробленого продукту з метою виділення чорних і кольорових сплавів і неметалічних матеріалів.

На рис. 3.7 показано склад підготовлених до дроблення автомобільних кузовів.

Під час розбирання використовують спеціальне устаткування і оснащення, а процес реалізовується за технологічним регламентом, що встановлює послідовність операцій і правила їх виконання.



Рисунок 3.7 – Склад підготовлених до дроблення автомобільних кузовів

Основні роботи, що здійснюють під час розбирання автомобіля, пов'язані з роз'єднанням різьбових і пресових сполучень. Крім того, під час розбирання виконується значна робота з переміщення вузлів і агрегатів.

Розбирання здійснюється на конвеєрі, естакаді й стендах, обладнаних спеціальним оснащенням. Розбір різьбових з'єднань здійснюється за допомогою пневмо- і електрогайковертів. Спеціалізовані стенди оснащують підвісними багатопиндельними гайковертами.

Розбирання теплопресових з'єднань здійснюють за допомогою гвинтових, пневматичних і гідравлічних пресів.

Переміщення вузлів і агрегатів по цеху здійснюють за допомогою стрічкових і підвісних конвеєрів, електрокар та іншого обладнання.

3.1.2.2. Очищення агрегатів і деталей автомобілів

Забруднення автомобіля та його агрегатів може бути зовнішнім і внутрішнім. Зовні автомобіль забруднений дорожньо-грунтовими та оливно-брудовими відкладеннями, герметизуючими й лакофарбовими покриттями, продуктами корозії.

Усередині агрегатів автомобіля є забруднення, що виникли внаслідок старіння олив, зносу деталей, що труться, а також накип, нагар, продукти корозії, асфальто-смолисті відкладення.

Забруднення автомобіля та його агрегатів мають складний хімічний склад, і для їх видалення використовуються механічні, фізико-хімічні та фізичні процеси, в основі яких лежать ті чи інші способи руйнування забруднень і видалення їх з поверхні, що очищається.

Для видалення оливно-брудових, дорожньо-грунтових і асфальто-смолистих відкладень і лакофарбових покриттів, що відшарувалися використовують пароводоструйний спосіб очищення із застосуванням миючих засобів або без них.

Нагар і накип знімають термомеханічним, гідроабразивним способами та ванно-струменевою обробкою лужним розчином. Такі відкладення видаляють також за допомогою механічного дроблення струменем дрібних твердих частинок (скляних кульок, кісточкової крихти, полімерних гранул та ін.).

Продукти корозії видаляють гідровіброабразивним способом, зануренням у кислотний розчин і іншими способами.

Для очищення автомобільних вузлів і агрегатів використовують очисні засоби, дія яких заснована на розчиненні, адсорбції, емульгуванні, диспергуванні та інших процесах. Найбільшого поширення знайшли очисні засоби на основі органічних розчинників і спеціальні технічні миючі засоби.

Використання нафтопродуктів (бензину, керосину та ін.) як миючі засоби є застарілою технологією, що призводить до забруднення НС і нерационального

використання ресурсів. Більш ефективно використовувати для цих цілей спеціальні миючі розчини. Усі миючі засоби мають у своєму складі поверхнево-активні речовини (ПАР), що знижують поверхневий натяг миючого засобу й полегшують змочування забруднених поверхонь. Для прискорення процесу очищення використовують нагрівання очищувальних середовищ, подачу їх під високим тиском, створення вібраційних коливань середовищ і інші прийоми.

Очищення автомобілів і їх агрегатів здійснюється у струменевих і занурених мийних машинах, ультразвукових і дробоструминних установках. Такі апарати можуть працювати в періодичному та безперервному режимах. Останні працюють на великих авторозбірних і авторемонтних підприємствах. Для миття автомобіля із застосуванням синтетичних миючих засобів

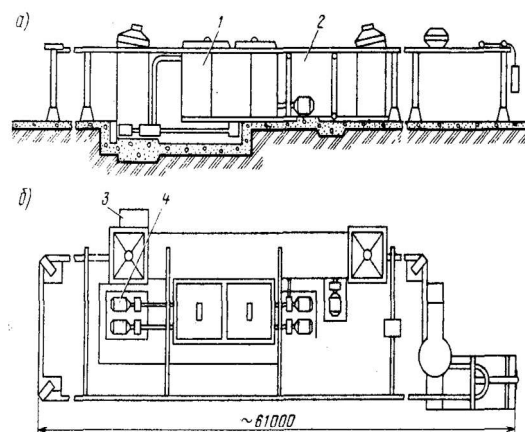


Рисунок 3.8 – Струменева миюча машина ОМ-4267:

а – схема установки на фундаменті; *б* – загальний вигляд;

1 – ванна для миючого розчину; *2* – миюча камера; *3* – електрошкаф;

4 – система подавання й перекачування розчину та води

призначена струменева миюча машина ОМ-4267 (рисунок 3.8).

Очищення зануренням здійснюється в роторній машині АКТБ-227 і конвеєрній мийній машині КМ-4 (рисунок 3.9).

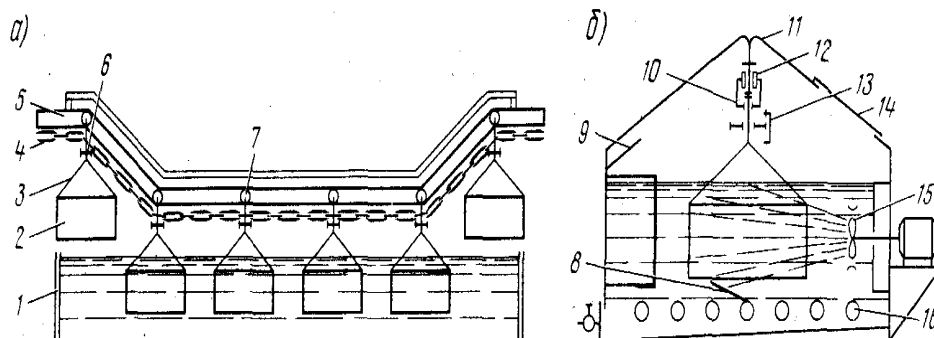


Рисунок 3.9 – Миюча машина КМ-4 конвеєрного типу:

а – поздовжній розріз; *б* – внутрішній вигляд; 1 – ванна; 2 – контейнер; 3 – розтяжка; 4 – ланцюг; 5 – двотаврова балка; 6 – шестерня; 7 – каретка; 8 – піддашок; 9 – щитки; 10 – опірний підшипник; 11 і 14 – кришки; 12 – ролики; 13 – рейка; 15 – гребний гвинт; 16 – теплообмінник

Термохімічний метод передбачає очищення деталей в лужному розчині. Найбільш поширений склад розчину: 65% їдкого натрію, 30% азотнокислого натрію і 5% хлористого натрію. Температура розчину $(400 \pm 20)^\circ\text{C}$. Багатостадійну комбіновану очистку деталей і агрегатів здійснюють в установках ОМ-4944 і ОМ-5458, в яких очищають деталі від нагару, накипу та іржі у лужному розчині.

Установка ОМ-4944 складається з чотирьох ванн. У першій ванні деталі для руйнування забруднення витримують протягом 5–10 хв у лужному розчині. У другій ванні деталі промивають проточною водою: різкий перепад температур викликає бурхливе пароутворення, що сприяє руйнуванню розпарених залишків нагару, накипу, іржі та розчиненню залишків розплаву.

У третій ванні здійснюють кислотну обробку (травлення) для освітлення поверхні деталей і нейтралізації залишків лугу. При одночасному очищенні деталей із чорних металів і алюмінієвих сплавів травлення ведуть розчином фосфорної кислоти (85 г/л) з додаванням хромового ангідриду (125 г/л) за температури $(30 \pm 5)^\circ\text{C}$.

У четвертій ванні деталі промивають гарячою водою. Загальний час циклу обробки складає 20–25 хв. Завантажують і відвантажують контейнери з деталями, а також переміщують їх з однієї ванни в іншу електротельфером.

Тунельні мийні машини випускаються з підвісним і стрічковим конвеєрами. Їх використовують для мийки й очищення деталей складної форми: фланцевих деталей з отворами, головок блоків циліндрів, поршнів, валів, роторних корпусів, зубчастих коліс та ін.

У тунельних машинах останнього покоління гарячий миючий розчин під високим тиском подається на деталі через розпилювальні форсунки. Довжина зони очищення і швидкість руху конвеєра можуть встановлюватися з урахуванням виду деталей, що очищують, ступеня їх забруднення і необхідної продуктивності.

На рисунку 3.10 показана тунельна мийна машина фірми Sampo-Roserwel для очищення вузлів трансмісії.

Деякі особливості має процес видалення з деталей двигуна нагару, що представляє собою продукт неповного згорання палива та оливи. При відновленні деталей видалення нагару є обов'язковою операцією.

Для цього використовують хімічне, механічне й ультразвукове очищення.



**Рисунок 3.10 – Тунельна мийна машина
фірми Sampo-Roserwel
для очищення вузлів трансмісії**

теплообмінник

a – поздовжній розріз; *б* –
внутрішній вигляд; *1* –
ванна; *2* – контейнер;
3 – розтяжка; *4* – ланцюг; *5* –
двотаврова балка; *6* –
шестерня; *7* – каретка;
8 – піддашок; *9* – щитки; *10* –
опірний підшипник; *11* і *14* –
кришки;
12 – ролики; *13* – рейка; *15* –
гребний гвинт; *16* –

Під час застосування хімічного способу деталі занурюють на 40–60 хв у лужний розчин, підігрітий до 80–90 °С, після чого їх промивають у ванні. Хімічний спосіб очищення деталей від нагару недостатньо ефективний.

Механічне очищення деталей від нагару проводиться за допомогою струменевої обробки абразивними частинками, що під впливом різниці тисків повітря з великою швидкістю подаються на забруднену поверхню. Видалення нагару відбувається за допомогою кісточкової крихти, що під тиском 0,4–0,5 МПа по шлангу спрямовується на деталь, що оброблюється. Частинки крихти, вдаряючись об поверхню деталі, руйнують шар нагару. При цьому поверхня деталі очищається, і на ній не утворюються розрізи й подряпини. Для очищення від нагару дрібних деталей як дисперсні частинки для очищення використовують металевий пісок.

Вакуумні дробоструменні установки дозволяють видаляти бруд, іржу, стару фарбу без забруднення НС. Установки такого типу компактні та мобільні. Утворені, під час оброблення забрудненої поверхні, пил і дисперсні частки віддаляються вакуумним пилососом і відділяються за допомогою фільтрів, а абразивний матеріал автоматично повертається в технологічний процес.

На рисунку 3.11 показано комплектна лінія Euroblast 10 з циклоном-рециркулятором і пиловою камерою для пікоструменевої обробки великих деталей, що продукується фірмою Guyson (Англія).



**Рисунок 3.11 – Лінія
піскоструменевої обробки великих
деталей автомобіля**

Ультразвукове очищення (УЗ)
деталей від нагару та інших забруднень застосовуються під час оброблення деталей складної конфігурації, що мають внутрішні порожнини та інші важкодоступні ділянки поверхні. УЗ очищення деталей ґрунтується на передачі енергії ультразвукових коливань від перетворювача в миючу ванну, що містить розчин для очищення.

Коливання є причиною утворення дрібних повітряних бульбашок, що лопаючись у розчині, створюють ефект киплячої рідини. Утворені бульбашки під час зіткнення з поверхнею, що очищається, лопаються і ефективно очищують деталь від різних, порівняно неміцних відкладень, не пошкоджуючи самої деталі.

Ефективність УЗ очищення залежить від частоти ультразвукових коливань, інтенсивності ультразвуку та фізико-хімічних властивостей миючого розчину. Для підвищення ефективності УЗ очищення в миючий розчин додають ПАР.

УЗ очищення здійснюється в спеціальних ваннах у миючих розчинах з використанням ПАР (рисунок 3.12).

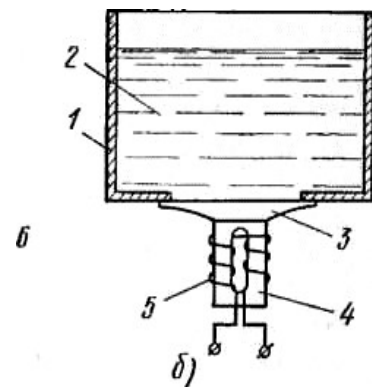
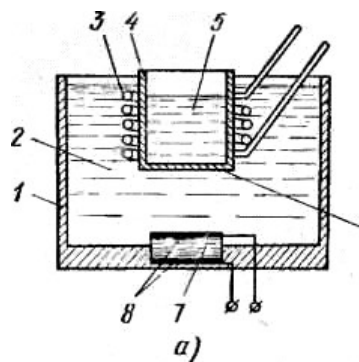


Рисунок 3.12 – Установка ультразвукового очищення:

a – з п'єзокерамічним випромінювачем: 1 – бак; 2 – рідке середовище;
3 – зміювик; 4 – ємкість; 5 – миючий розчин; 6 – діафрагма; 7 – кварцова
пластинка; 8 – металеві обкладки; *b* – з магнітострикційним перетворювачем:
1 – бак; 2 – миючий розчин; 3 – трансформатор ультразвукових коливань;
4 – магнітострикційний перетворювач; 5 – обмотка збудження електричних
коливань і намагнічування.

Промисловість випускає ванни різного об'єму (до 35 л, до 50 л, до 200 л).
Ванни з об'ємом миючої камери до 35 л оснащені п'єзокерамічними
перетворювачами, генератором потужністю 1 кВт, пристроєм для підігрівання
миючої рідини та іншим компонентам обладнанням.

Більші ванни об'ємом від 50 до 200 л забезпечені магнітострикційними
перетворювачами, напівпровідниковими генераторами, системами нагрівання
та охолодження миючого розчину.

3.1.2.3. Аналіз стану та сортування деталей з автомобілів, що вийшли з експлуатації

Деталі автомобіля після розбирання і очищення проходять дефектацію,
метою якої є визначення їх технічного стану та придатності для подальшого
використання. При цьому визначаються пошкодження деталей.

Ушкодженнями називають відхилення властивостей матеріалів і
геометричних розмірів деталей від допустимих значень, передбачених
конструкторською документацією.

Пошкодження деталей можуть бути зовнішніми і внутрішніми. Зовнішні
пошкодження визначають візуальним оглядом і за допомогою вимірювальних
приладів, а внутрішні – шляхом дослідження структури деталей способом
неруйнівного контролю.

Причинами появи пошкоджень можуть бути зношення, корозія і старіння
матеріалу. Пошкодження проявляються у вигляді відхилень від первісних
розмірів, зміни геометрії і взаємного розташування деталей, появи тріщин,

негерметичності вузлів, вм'ятин, обломів, задирів, засміченні різьби та інших відхилень від вимог конструкторської документації.

Пошкодження визначають такими способами:

- візуальним оглядом;
- виміром лінійних розмірів;
- виміром взаєморозміщення деталей;
- визначенням герметичності вузла;
- виміром спеціальних характеристик.

Під час візуального огляду використовують лупи, мікроскопи. Лінійні розміри визначають за допомогою калібрів і вимірювального інструменту (штангенциркулів, мікрометрів і ін.). Різьблення перевіряють різьбовими калібрами. Взаємне розташування поверхонь деталей перевіряють вимірювальними приладами, що мають індикатори годинникового типу.

Герметичність вузла визначають оцінкою проникності по відношенню до рідини або газу, що подається під підвищеним тиском.

Сучасні підприємства, що займаються УА і відновленням знятих з них деталей, оснащуються автоматизованими засобами контролю останніх поколінь – координатними вимірювальними приладами з автоматичним обробленням результатів вимірювання. Такі засоби вимірювання дозволяють підвищити продуктивність праці і надійність вимірювання, виключивши вплив людського фактора. Однак вартість такого обладнання досить висока, і його використання доцільне лише на великих підприємствах з великими обсягами виробництва.

Неруйнівні способи контролю структури деталей здійснюються за допомогою:

- переносних і стаціонарних рентгенівських апаратів;
- гамма-дефектоскопів;
- ультразвукових дефектоскопів;
- магнітних дефектоскопів;
- імпедансних акустичних дефектоскопів;
- електромагнітних дефектоскопів і інших приладів.

Залежно від характеру пошкоджень і величини відхилення характеристик від необхідних значень, деталі підрозділяють на:

- придатні;
- підлягають відновленню;
- непридатні для відновлення.

Рішення про відновлення приймається у випадку, якщо це є технічно та економічно доцільним. **Критерієм ефективності** є порівняння витрат на відновлення з вартістю нової деталі.

Придатні деталі без будь-якого доопрацювання направляються для повторного використання на комплектацію чинного виробництва і в роздрібну торгівлю.

Непридатні для відновлення деталі утилізуються. При цьому повинні бути організовані роздільне накопичення і зберігання металевих відходів з урахуванням їх класів, груп, сортів і видів відповідно до чинних стандартів на відходи металів.

3.1.2.4. Техніка безпеки під час утилізації та рециклінгу транспортних засобів

Обладнання й самі відходи, що використовується під час утилізації та рециклінгу ТЗ, вузлів і агрегатів можуть бути джерелами травматизму, профзахворювань, пожежо- та вибухонебезпечності і завдавати шкоди життю й здоров'ю обслуговуючого персоналу. Тому під час виконання робіт потрібно ретельне дотримання як загальних, так і спеціальних правил безпеки. Заходи, спрямовані на забезпечення безпеки, відповідно до ГОСТ 12.3.002-2014 «Система стандартів безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности» повинні бути передбачені на стадії підготовки технологічного проекту та розроблення конструкторської документації.

Під час організації робіт з утилізації ТЗ слід враховувати:

- будівельні норми і правила (СНіП);
- правила експлуатації ємкостей, що працюють під тиском;

- правила експлуатації електроустановок;
- правила експлуатації підйомно-транспортних механізмів та ін.;
- правила з охорони праці під час використання хімічних речовин;
- правила з охорони праці під час виконання ковальсько-пресових робіт;
- правила з охорони праці для машинобудівних підприємств.

Поряд із загальними заходами безпечного виконання робіт під час утилізації ТЗ слід передбачати й спеціальні заходи, характерні саме для цих технологічних процесів.

Одна з важливих вимог, якої слід дотримуватися під час утилізації відходів транспорту, полягає в необхідності їх роздільного збору, зберіганні, транспортуванні й переробці, оскільки деякі відходи, будучи нетоксичними та непожежонебезпечними, контактуючи один з одним, можуть стати небезпечними.

Усі відходи, що надходять на переробку повинні мати паспорт з описом їх природи, властивостей і технології виробництва, що дозволяє прийняти правильні заходи безпечного ведення робіт. Зокрема, в технічному паспорті на відходи повинні бути відображені такі відомості: пожежо- і вибухонебезпечність, токсичність, стабільність, хімічна активність, фізико-механічні властивості та ін.

Під час утилізації ТЗ необхідно контролювати наявність в них залишків палива, ПММ, що повинні бути повністю видалені з видаткових ємностей і трубопроводів перед початком робіт.

Однією з найважливіших операцій, що застосовують під час переробки практично усіх видів твердих відходів, є подрібнення з подальшим сортуванням за розміром частин. Для подрібнення застосовуються, шредери, різні дробарки і млини, а для сортування – грохоти, більшість з яких є вібраційними.

Під час дроблення та сортування відходів, крім шкідливого впливу самих відходів, значну небезпеку для працюючого персоналу має шум, джерелами якого є дробарки, грохоти та інше обладнання.

Шум – це хаотичне поєднання звукових коливань, різних за інтенсивністю і частотою.

Розрізняють низько-, середньо і високочастотні шуми. Вони мають шкідливий вплив на організм людини. Тривала дія шуму призводить до розладів нервової системи, порушення роботи серцево-судинної системи, погіршення слуху, а іноді й повної глухоти. Виробничий шум знижує працездатність, зменшує продуктивність праці, є причиною травматизму через ослаблення уваги працюючих. Тому під час проєктування підприємств з утилізації ТЗ, особливо ділянок для дроблення й сортування, необхідно передбачати комплекс заходів щодо зниження шуму відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

Шум на робочому місці не повинен перевищувати гранично допустимих рівнів (ГДР), тобто щоденної дози впливу, що не викликає у людини біологічних змін. ГДР впливу шуму наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – ГДР впливу шуму

Рівень шуму, дБА	90	93	96	99	102	105	108	114	117	120
Допустима тривалість впливу, год	8	4	2	1	0,5	0,25	0,12	0,03	0,02	0,01

Найбільше зниження рівня шуму в приміщенні досягається при одночасному застосуванні звукоізолюючих, звукопоглинальних, звуковідбиваючих і вібропоглинаючих матеріалів і конструкцій.

Приміщення, в яких встановлено дробильне обладнання, необхідно відокремлювати від інших звукоізолюючими перегородками. Високими звукоізолюючими властивостями володіють пористі матеріали із замкнутою будовою осередків (пінополіетилен, пористий бетон та ін.). В окремих випадках таке обладнання слід розташовувати в звукоізолюючій кабіні, а управління ним здійснювати з пульта, віддаленого від джерела шуму на значну відстань. Такі приміщення необхідно обробляти звукопоглинальними матеріалами, здатними поглинати падаючу на них звукову енергію і перетворювати її в теплову.

Кращими звукопоглинальними властивостями володіють: мінеральна вата, пінополіуретан з відкритими осередками, м'які перфоровані деревоволокнисті плити та інші матеріали.

Звукоізоляційні й звукопоглинальні матеріали крім основних властивостей, пов'язаних з їх призначенням, повинні відповідати ряду специфічних вимог, що впливають з умов їх застосування в конкретних конструкціях. Вони повинні володіти необхідними характеристиками міцності, санітарно-гігієнічними, протипожежними та іншими властивостями, перелік і значення яких залежать від умов роботи.

Іншим видом негативного впливу на робітників, зайнятих дробленням, є **вібрація**.

Тривала дія вібрації на людину призводить до профзахворювань: змінюється тиск, підвищується втомлюваність, з'являється вібраційна хвороба (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Вплив вібрації на людину

Частота коливань, Гц	Амплітуда коливань, мм	Характер впливу
40–50	0,016–0,05	Нервові збудження, депресія
40–50	0,05–0,1	Подразнення нервової системи, серця, органів слуху
40–50	0,1–0,3	Утворення стійких спалахів збудження, можливість розвитку вібраційної хвороби
50–100	0,1–0,3	Ураження центральної нервової системи, серця, органів слуху, розвиток вібраційної хвороби

Дія вібрації на працюючих має бути обмежена відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для гасіння вібрації та зниження її впливу застосовують заходи, передбачені ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».

Зокрема, з цією метою вібраційні грохоти підвішують на пружинах і ресорних амортизаторах, фундаменти дробильного обладнання віброізолюють

по усьому периметру для того, щоб запобігти передачі віброколивань через ґрунт.

Для гасіння коливань обладнання застосовують комбіновані амортизатори, що складаються із сталевих пружин і гумових прокладок, так як пружинні амортизатори гасять низькочастотні коливання, а гумові прокладки захищають від високочастотних коливань. Кращих результатів вдається досягти застосуванням гумово-металевих віброопорів типу ОВ-31, на базі яких розроблені уніфіковані віброізолятори, що забезпечують віброізоляцію різного стаціонарного обладнання.

Обладнання на тонкостінній площині, що є джерелом шуму, встановлюють на вібропоглинаючому бітумі або гумових накладках. Їх товщина повинна в 2–3 рази перевищувати товщину листа, що є джерелом вібрацій.

Робітники, зайняті обслуговуванням дробильного обладнання, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту слухових органів відповідно до ГОСТ 12.4.275-2014 «Система стандартів безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования. Методы испытаний».

Засоби захисту можуть бути внутрішніми і зовнішніми. Внутрішні – це вкладиші з еластичного матеріалу (вати, паралону), що розташовують у зовнішній частині слухового проходу (наприклад, «беруши»). Більш зручні та ефективні протишумові навушники типу «Мелодія», що щільно прикривають вушну раковину і є акустичним фільтром. Вони зменшують високочастотний шум, не заважаючи чути людський голос.

Застосування навушників при рівнях шуму понад 130 дБ неефективно. Для захисту від такого шуму випускають шумозахисні шоломи, що щільно облягають не тільки область навколо вуха, але й усю голову.

Утилізація ТЗ і компонентів пов'язана зі значним виділенням **пилу**. Багато видів пилу токсичні. Затримання пилу в робочій зоні строго регламентується.

Зниження вмісту пилу в повітрі робочих приміщень до санітарних норм досягається наступними способами:

- герметизацією технологічного обладнання з застосуванням еластичних прокладок з гуми і герметиків;
- використанням мокрих процесів дроблення і переробки в тих випадках, коли це припустимо за технологією;
- скороченням кількості перевантажень матеріалів з одного обладнання на інше;
- виключенням перепадів висот у розташуванні зони вигрузки матеріалу з одного апарату і зони завантаження його в іншу установку;
- проведенням мокрого прибирання цехів та обладнання;
- організацією загальної та місцевої вентиляції, що створює розрідження повітря в зоні роботи обладнання;
- створенням водяних завіс тонкого розпилення води в зонах з особливо високим пилоутворенням, що призводить до локалізації пилу в місцях його утворення.

Крім того, використовуються засоби індивідуального захисту згідно з ГОСТ 12.4.041-2001 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования».

У процесі переробки відходи можуть з безпечної форми перейти в небезпечну, тобто стати токсичними, пожежо- та вибухонебезпечними і т.д. Тому заходи безпеки при роботі з відходами необхідно дотримуватися на всіх стадіях переробки, ретельно перевіряючи можливість протікання тих чи інших процесів з метою виявлення небезпечних речовин, що утворюються при впливі на відходи.

Потенційну небезпеку при різних видах обробки представляють полімерні матеріали.

При спалюванні ПВХ матеріалів (відходів штучної шкіри для оббивання салону, синтетичних тентових матеріалів, лінолеуму та ін.) можливе виділення хлору, соляної кислоти, діоксинів і інших токсичних продуктів.

Хлорзаміщенні вуглеводні руйнують центральну нервову систему. Тому їх знешкодження шляхом спалювання повинно проводитися в спеціальних печах, що мають пристрій для нейтралізації хлору (наприклад, негашеним вапном), збору та утилізації хлористого водню (соляної кислоти).

Під час горіння поліуретанів в певних умовах виділяється синильна кислота, що є сильною отрутою, тому спалювання відходів цих матеріалів необхідно проводити лише у спеціально пристосованих для цього печах при надлишку кисню, в регламентованих умовах.

Деякі низькомолекулярні і поліадерні вуглеводні, що утворюються при розпаді полімерів, є канцерогенними. Тому слід ретельно стежити за повнотою згорання таких відходів при термічній утилізації, а також здійснювати контроль над вмістом токсичних продуктів у повітрі робочої зони.

Необхідну безпеку забезпечують відповідною кратністю обміну повітря, невеликим розрідженням повітря в робочій зоні, герметизацією обладнання та іншими способами.

Одна з можливих небезпек, що виникають при зберіганні горючих відходів, полягає в їх мимовільному займанні або навіть підриванні. Займання відбувається в результаті підвищення температури відходів при їх хімічному або біологічному розкладанні, що протікає з виділенням тепла. Якщо маса відходів які зберігаються велика, а тепло що виділяється не відводиться (не розсіюється) у НС, то температура відходів може перевищити критичне значення, і почнеться займання. Тому органічні відходи не слід зберігати у великих кількостях, особливо в теплих вологих умовах, коли швидкість процесів розкладання зростає. Масу таких відходів необхідно розосереджувати, а відходи при необхідності поливати водою, щоб уникнути займання.

Особливу небезпеку становлять робочі рідини, що містяться в різних системах ТЗ. Їх зливання повинно проводитися до початку розбирання ТЗ, а зберігання та утилізація мають здійснюватися в умовах, що виключають можливе займання.

Серйозну небезпеку представляє свинець, що міститься в акумуляторах. Отруєння свинцем веде до порушення функцій головного мозку і знижує опірність інфекційним захворюванням, а розчинні солі свинцю є кумулятивними отрутами.

Під час утилізації акумуляторів повинні ретельно контролюватися норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) по свинцю у повітрі робочої зони і в стічних водах, що утворюються при видовій сепарації свинецьовмісних відходів.

Дуже отруйними є кадмій та його сполуки: вони викликають крововиливи, легеневі захворювання, отруєння, а при великих концентраціях призводять до летального результату. Його застосування в нових компонентах ТЗ заборонено, але його сполуки використовувалися до недавнього часу в полімерних матеріалах як стабілізатори, що також вимагає дотримання норм вмісту кадмію у повітрі робочої зони.

Під час використання розчинників в процесі миття й очищення агрегатів і деталей ТЗ слід пам'ятати, що практично усі вони відносяться до легкозаймистих речовин, здатних не тільки до займання, але і до утворення з повітрям вибухонебезпечних газових сумішей. Крім того, розчинники є токсичними речовинами, та їх вміст у повітрі не повинен перевищувати ГДК.

Під час порівняно невеликої кількості утворення відходів розчинників їх утилізацію проводять шляхом спалювання. Спалювання повинно проводитися або в спеціальній установці на території підприємства, або за погодженням з місцевими органами санітарного та пожежного нагляду на відведених полігонах.

Деякі види розчинників та інших летких продуктів можна спалювати тільки на установках з повною очисткою димових газів. До них відносяться сполуки, що містять галогени (хлор, бром, йод, фтор), нітросполуки, аміни, ціаніди та ін.

Особливу обережність необхідно проявляти при роботі з агресивними рідинами, уникаючи їх розбризкування та попадання на шкіряні покриття й слизову оболонку. Наприклад, під час утилізації акумуляторів, кислоти, що

міститься в них необхідно тонким струменем зливати у воду, безперервно помішуючи розчин, що утворюється.

У разі потрапляння агресивних рідин на шкіряний покрив необхідно негайно промити його великою кількістю води, а потім обробити відповідним розчином (якщо це кислота, промити 3–5 %-вим розчином питної соди; якщо на шкіру потрапив луг, її промивають 1–2 % -вим розчином борної кислоти).

Під час транспортування утилізованих автомобілів і автокомпонентів, а також відходів, що утворюються при їх утилізації, необхідно керуватися вимогами ГОСТ 12.3.020-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности». При проведенні погрузо-розвантажувальних робіт за допомогою різних підйомо-транспортних машин і механізмів (кранів, електрокарів, конвеєрів і т.д.) слід керуватися правилами, установленими ОСТ 113 18 014-87 «Работы погрузочно-разгрузочные. общие требования безопасности». Зокрема, необхідна своєчасна атестація устаткування і оснащення, контроль за наявністю вільних проїздів для транспорту і проходу для людей.

Обладнання, що використовується при переробці відходів, повинно мати захисні кожухи, сітки, екрани з небиткого скла, оснащені блокуванням, що забезпечує його відключення під час їх відкривання і не дозволяє включати обладнання під час їх відкритого положення.

Згідно ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» в тих випадках, коли безпека робочого персоналу не може бути забезпечена конструкцією обладнання або організацією технологічного процесу, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, до яких відносяться ізолюючі костюми, спецодяг, спецвзуття, засоби захисту голови, рук, очей, обличчя, органів слуху та ін.

Робітники, зайняті збором, транспортуванням та утилізацією ТЗ, вузлів і агрегатів, повинні забезпечуватися індивідуальними засобами захисту в залежності від стадії технологічного процесу і виконуваної ними роботи.

Як спецодяг необхідно використовувати, в залежності від умов роботи халати, комбінезони, фартухи по ГОСТ 12.4.029-76 «Фартуки специальные. Технические условия», теплоізолюючі костюми по ГОСТ 12.4.139-84 «Система стандартов безопасности труда. Костюм изолирующий автономный теплозащитный. Технические требования и методы испытаний» і ГОСТ 12.4.045-87 «Система стандартов безопасности труда. Костюмы мужские для защиты от повышенных температур. Технические условия». Спецвзуття також може бути різним: звичайні робочі черевики, черевики з підвищеними фрикційними або протиударними властивостями, оливостійкі, кислотостійкі черевики або чоботи та ін. Спецвзуття випускається по ГОСТ 12.4.072-79 «Сапоги специальные резиновые формовые, защищающие от воды, нефтяных масел и механических воздействий. Технические условия», ГОСТ 12.4.024-76 «Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования» та ін.

Для захисту рук слід використовувати в залежності від виконуваної роботи бавовняні та гумові рукавички, брезентові та утеплені рукавиці, рукавички зі штучної шкіри та ін.

Для захисту органів дихання служать протипилові респіратори різної конструкції й промислові фільтруючі протигази, органів слуху – навушники і «беруши», для захисту очей – окуляри, випускаються по ГОСТ 12.4.001-80 «Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Термины и определения», що можуть бути із затемненим склом.

Для захисту голови необхідно застосовувати шапочки, косинки, шоломи, а при роботі з великогабаритними важкими відходами – захисні пластмасові каски за ГОСТ 12.4.128-83 «Система стандартов безопасности труда. Каски защитные. Общие технические условия».

Викладені заходи безпечного ведення робіт при утилізації та рециклінгу ТЗ, вузлів і агрегатів не є вичерпними, оскільки асортимент матеріалів, що втягуються в переробку, і використовується при цьому обладнання постійно розширюється.

Залежно від виду відходів і технології їх утилізації та рециклінгу може виникнути необхідність в додаткових заходах, що забезпечуватимуть безпеку обслуговуючого персоналу. Такі заходи повинні розроблятися в кожному випадку з урахуванням конкретних умов праці та потенційної небезпеки ТЗ, вузлів і агрегатів, що переробляються.

3.2. Процеси та апарати, що використовують під час утилізації транспортних засобів

Після розбирання автомобіля його кузов, агрегати і деталі, що не підлягають відновленню, надходять на переробку з метою отримання вторинних матеріалів. Найбільшу цінність з них становлять чорні і кольорові метали, що складають основну масу автомобіля.

Під переробкою відходів металів мається на увазі технологічний процес, в результаті якого вони перетворюються в стан, придатний для використання в металургійному та ливарному виробництвах.

Автомобільний металобрухт під час підготовки до переплаву пресують, дроблять і сортують за видами.

3.2.1. Пресування автомобільного металобрухту

Перед подрібненням автомобільний кузов і інший крупно-габаритний металобрухт пресуються. Для ущільнення металолому використовують пакетувальні преси. Особливість їх роботи в тому, що пресування одночасно здійснюється в трьох площинах, в результаті чого отримують міцні компактні пакети. Прес має камеру пресування з декількома плунжерами, гідравлічну апаратуру з баком для масла, механізм завантаження камери. Пакетування полегшує дроблення металевих кузовів й призводить до зниження втрат металу на сажу в процесі подальшої плавки.

Модель преса і його робочі характеристики визначають допустиму товщину листа металобрухту і параметри пакетів спресованого брухту.

Процес включає наступні операції:

- розвантаження брухту в прес,
- пресування в різних напрямках,
- складування пакетів.

При цьому використовують крани, вантажопідйомні електромагніти і іншу механізовану техніку. Вітчизняна промисловість випускає гідравлічні преси із зусиллям пресування від 1 МН до 31,5 МН.

На рисунку 3.13 показана схема преса Б 1642, що застосовують для пакетування металобрухту.

Процес пресування здійснюється наступним чином. Металобрухт краном завантажується в завантажувальну камеру 6 преса, звідки надходить в прес-камеру 2. Кришка 3 закривається за допомогою механізму притиску 4, і лом пресується. При цьому формується остаточна висота пакета.

Потім за допомогою механізму поперечного пресування 1 формується ширина пакета. Після цього механізм поздовжнього пресування 7 формує довжину пакета. У цей час тиск в гідросистемі максимальний. Після закінчення пресування включається механізм розвантажувального пристрою 8, і пакет за допомогою механізму 5 виштовхується з камери. Потім вікно видачі пакета закривається, і прес готовий до чергового циклу роботи.

Для ущільнення автомобільного кузова та іншого крупно габаритного металобрухту застосовуються також гідравлічні прес-ножиці (рисунок 3.14), що можуть працювати як в режимі пресування, так і в режимі різання.

Під час роботи прес-ножиць в режимі різання поперечна стінка камери, що є ножовою балкою, піднімається, і металобрухт за допомогою механізму подачі переміщається під ніж 4. Різання здійснюється механізмом різання, що працює від гідроприводу

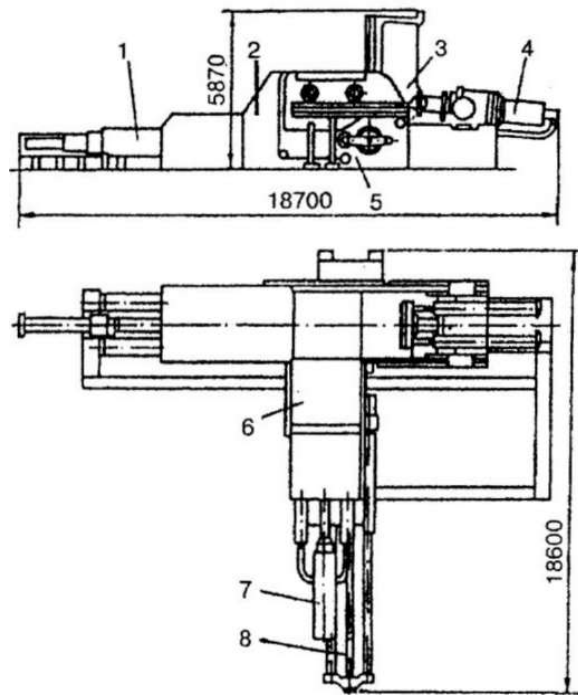


Рисунок 3.13 – Гідравлічний прес для пакування Б 1642:

1 – механізм поперечного пресування; 2 – прес-камера; 3 – кришка;
4 – механізм притиску; 5 – виштовхувальний механізм; 6 – завантажувальна
камера; 7 – механізм поздовжнього пресування; 8 – механізм
розвантажувального пристрою

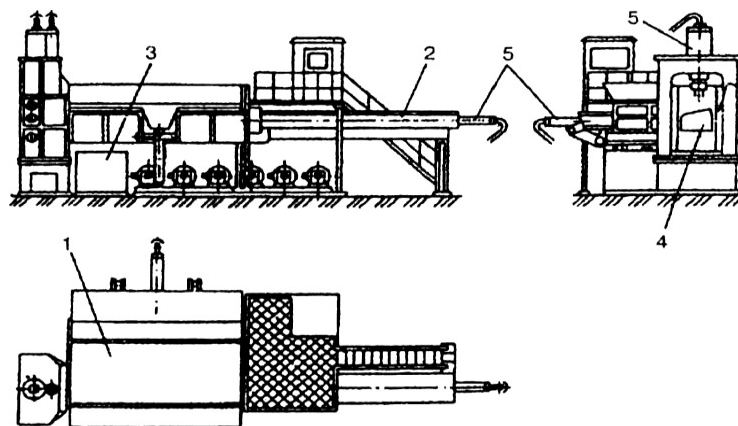


Рисунок 3.14 – Прес-ножиці гідравлічні:

1 – завантажувальна камера; 2 – вузол подачі матеріалів; 3 – оливна станція;
4 – ніж; 5 – гідроциліндри

3.2.2. Дроблення автомобільного металобрухту

Дроблення дозволяє провести видове сортування матеріалів, з яких виготовлений кузов утилізованого автомобіля. Вибухонебезпечні суміші розпорошених олив і палива, що залишаються в автомобілі навіть після підготовки кузова до утилізації, становлять певну небезпеку. Щоб її зменшити, застосовують такі захисні заходи:

- ущільнення кузова автомобіля перед дробленням;
- подавання інертних газів в дробарку;
- попереднє охолодження брухту;
- впорскування води в робочий простір дробарки;
- створення в ній запобіжних клапанів і відсмоктувальних пристроїв.

Для дроблення відходів використовують дробарки різного типу: щокові, конусні, роторні, валкові та ін.

Під час УА застосовують роторні дробарки (рисунки 3.15).

У роторних дробарках подрібнення відбувається через удар, виробленого за допомогою молотків, жорстко закріплених на роторі, що швидко обертається. Маса молотків досягає 120 кг. При ударі на дроблений предмет діє як маса молотків, так і маса самого ротора.

Роторні дробарки дозволяють отримати більший ступінь подрібнення, мають високу продуктивність, зручні в експлуатації і споживають менше енергії, ніж інші види дробарок.

Роторні дробарки можуть мати один або два ротора. Більш прості та зручні в експлуатації однороторні дробарки, котрі й набули широкого поширення. Дробарки для подрібнення автомобільних кузовів можуть відрізнятися розташуванням ротора і колосникових решіток для видалення подрібненого продукту. За цією ознакою розрізняють дробарки з вертикальним і горизонтальним розташуванням ротора. Останні бувають з верхнім і нижнім розташуванням колосникової решітки.

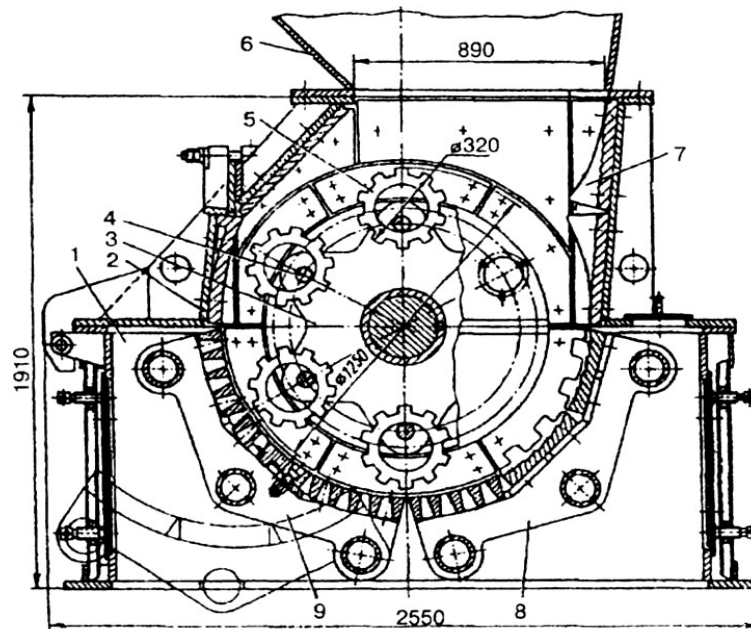


Рисунок 3.15 – Однороторна дробарка:

1 – станина; 2 – корпус; 3 – обертовий ротор; 4 – осі; 5 – молотки;
6 – приймальний короб; 7 – виступи; 8, 9 – колосникові решітки

Дробарка складається з станини 1, на якій змонтований корпус 2 з колосниковими решітками 8 і 9. Металобрухт поступає в приймальний короб 6, а потім потрапляє під удари швидко обертового ротора 3, що має молотки 5, що в свою чергу кріпляться на осях 4. Відбійні плити на внутрішній поверхні корпусу мають виступи 7, що сприяють рівномірній подачі відходів на ротор.

Переваги дробарок з верхнім розміщенням решітки – в порівняно невеликій витраті електроенергії та більш високій стійкості під час попаданні неподібнених предметів.

Продуктивність дробарки залежить від потужності приводного двигуна, розмірів ротора, яким чином будуть завантажуватися кузова, його стану, конфігурації колосникових решіток (розміру отворів) і досягає 300 тис. автомобілів за рік.

Низка зарубіжних фірм для дроблення автомобільних кузовів випускає шредери (рис. 3.16), в яких подрібнення відбувається у дві стадії.

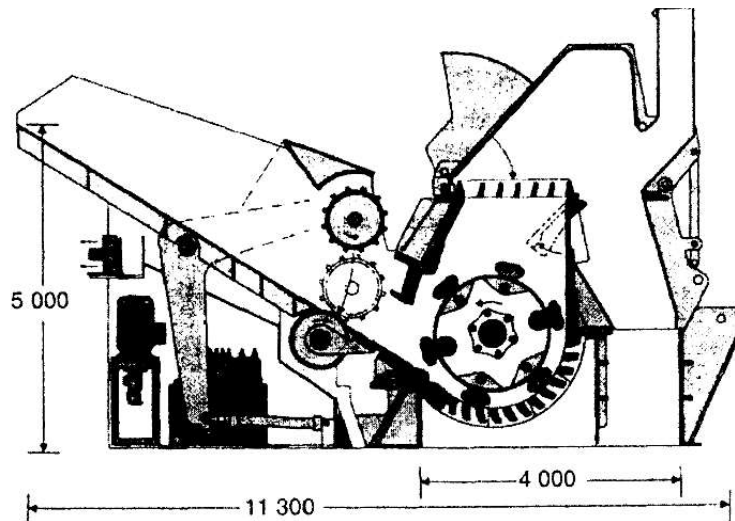


Рисунок 3.16 – Шредер

Кузов автомобіля подається по нахилу лотка в шредер, спочатку сплющується за допомогою потужних валків, що обертаються, а потім затягується ними в молоткову дробарку й подрібнюється.

Ротор шредера обертається зі швидкістю 600 об/хв. На ньому в шаховому порядку на шести осях закріплені 16 молотків масою близько 100 кг кожен. Радіус обертання зовнішньої частини молотків – близько 1 м. Корпус шредера футерований змінними зносостійкими плитами. Товщина плит в різних місцях складає 50–100 мм. Решітка, відбійні плити та низка інших елементів шредера виготовлені з марганецьвмісних сталей.

Під час УА з великими габаритами, автобусів і інших ТЗ перед дробленням застосовують різання.

На процес різання впливають:

- властивості міцності матеріалу;
- геометрія і температура металу, що розрізається;
- розташування виробу по відношенню до ріжучого інструменту;
- форма і стан ріжучого інструменту;
- величина зазору між ножами;
- швидкість програми нарізки (швидкість різання);
- конструкція ріжучого обладнання (жорсткість станини, точність напрямних, наявність опори і т.д.);

- величина тертя між металом і ріжучим інструментом.

Кращим обладнанням для різання кузовів автомобілів являються гідравлічні ножиці (рисунок 3.17).

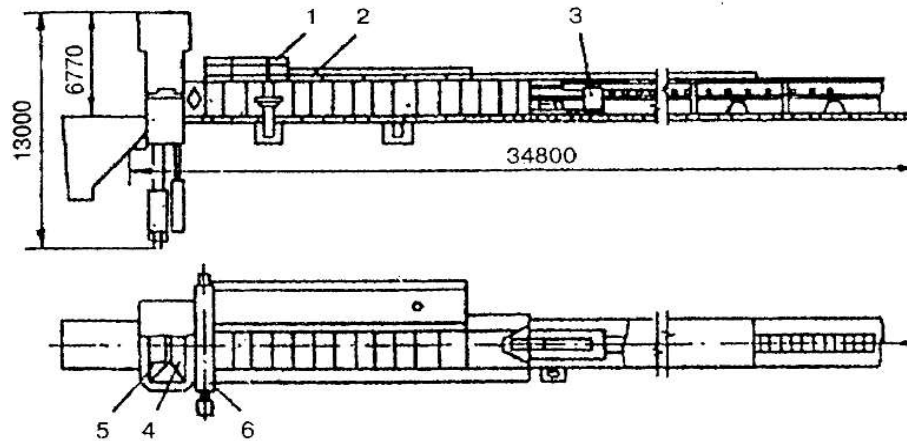


Рисунок 3.17 - Гідравлічні (гільйотинні) ножиці моделі Н0340:

1 – кришка; 2 – короб; 3 – механізм подавання; 4 – механізм стиснення;
5 – механізм різання; 6 – механізм попереднього стиснення

Гідравлічні ножиці є агрегатом, що складається з станини, завантажувального та подавального пристроїв, механізмів стиснення і різання, гідро- і електроприводу.

Конструкція ножиць дозволяє різати металобрухт порціями, обсяг яких визначається ємністю завантажувального пристрою. Процес складається з наступних операцій:

- підготовки брухту;
- завантаження брухту в ножиці;
- різання брухту.

Ножиці працюють спільно з мостовим краном, обладнаним поліпгрейфером або електромагнітної шайбою.

Принцип роботи ножиць полягає в наступному. Лом завантажується в короб 2, що після заповнення повертається за допомогою гідроприводу. При цьому лом переміщається в завантажувальний жолоб, по якому механізмом подачі 3 пересувається в ножиці. Величина ходу повзуна механізму подачі регулюється з пульта управління. Перед спрацюванням ріжучих ножиць лом

уцілюється за допомогою механізму стиснення 4, що утримує лом під час різання. Після спрацьовування механізму різання 5 нарізаний металобрухт падає в приймальний бункер, звідки забирається краном. У цей час завантажувальний короб заповнюється наступною порцією металобрухту. Для полегшення процесу різання жолоб гідравлічних ножиць обладнаний кришкою 1 і механізмом попереднього стиснення металобрухту 6.

3.2.3. Видова сепарація відходів металів

Під час перероблення автомобільних кузовів і агрегатів, що містять чорні та кольорові метали, полімерні матеріали, скло тощо, використовують різні способи сепарації відходів за видами матеріалів. Видова сепарація (сортування) дозволяє виробляти з відходів високоякісні вторинні матеріали.

Видову сепарацію проводять за:

- фізичними ознаками (магнітної сприйнятливості, густини, електропровідності і ін.);
- зовнішніми ознаками (кольором, характером шламу і ін.);
- предметними ознаками (найменування деталі);
- маркування деталей;
- результатами хімічного, спектрального, рентгенівського, радіаційного аналізів.

Широко застосовуються методи, засновані на відмінностях в магнітних, електричних та інших фізичних властивостях відходів.

Магнітні способи дозволяють створити потужні сили впливу на матеріали, що перевищують силу гравітації в 100 і більше разів, що полегшує процеси поділу. Ці способи мають високу виборчу здатність, екологічну чистоту, простоту обслуговування й низьку собівартість.

Технологія магнітної сепарації залежить, перш за все, від складу матеріалів, що підлягають розподілу та визначається типом використовуваних сепараторів.

Електромагнітні сепаратори, призначені для видалення залізних і інших феромагнітних предметів з немагнітних матеріалів, знайшли широке застосування під час утилізації автомобілів та автокомпонентів.

Номенклатура електромагнітних сепараторів, що застосовують для розділення відходів, досить велика, і вони можуть бути класифіковані в такий спосіб:

- підвісні залізовідділювачі;
- електромагнітні шайби;
- електромагнітні шківів;
- електромагнітні барабани.

Для видалення магнітних матеріалів з потоку продуктів дроблення застосовують шківні електромагнітні сепаратори (залізовідділювачі) типу ШЕ. (рисунок 3.18), що встановлюються замість приводного барабана стрічкового конвеєра.

Ефективність роботи електромагнітного шківів залежить від маси, геометрії й магнітної сприйнятливості видобутих матеріалів, а також від густини матеріалу, що транспортується, і швидкості руху стрічки конвеєра.

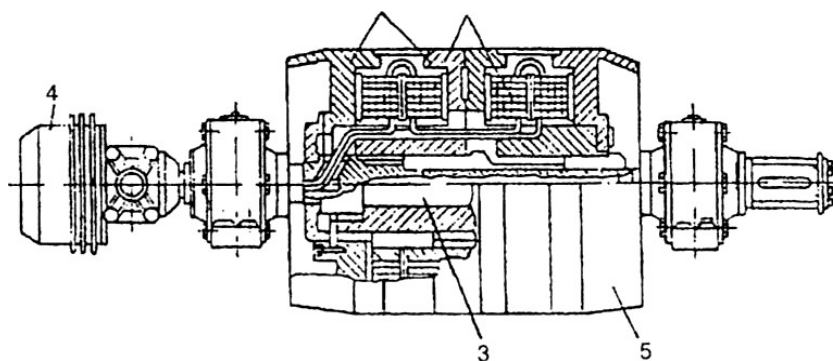


Рисунок 3.18 – Електромагнітний шків:

- 1 – диски-полюси; 2 – котушка; 3 – вал; 4 – коробка розподілу струму;
5 – корпус шківів

Принцип роботи електромагнітних шківів полягає в тому, що феромагнітні матеріали, що транспортуються стрічкою конвеєра, притягуються до неї в зоні установки шківів, а немагнітні скидаються зі стрічки по ходу її руху. Звільнення

стрічки від феромагнітних матеріалів відбувається в тому місці конвеєра, де відсутнє магнітне поле, тобто там, де припиняється її контакт зі шківом. Швидкість руху стрічки повинна становити 1,25–2,0 м/с. При більш високій швидкості руху стрічки знижується повнота поділу магнітної та немагнітної фракцій.

Іншим різновидом електромагнітних сепараторів являються підвісні саморозвантажувальні залізовідділювачі типу ПС, призначені для вилучення й видалення феромагнітних предметів із сипучих немагнітних матеріалів, у тому числі із брукху і відходів кольорових металів (рис. 3.19).

Принцип роботи підвісних сепараторів полягає в підтягуванні магнітних частинок до розвантажувальної стрічки, що виносить їх в сторону для розвантаження.

Сепаратори типу ПС працюють в безперервному режимі та здійснюють механічне розвантаження конвеєра від магнітних матеріалів. У конструкцію сепаратора входять опорний 1, основний 4 і натяжний 6 барабани, електромагніт 3, розвантажувальна стрічка 2 і привід 7. Всі елементи підвісного сепаратора змонтовані на рамі 5. Підвісні залізовідділювачі встановлюються над стрічковими конвеєрами, якими транспортуються суміші магнітних і немагнітних подрібнених відходів.

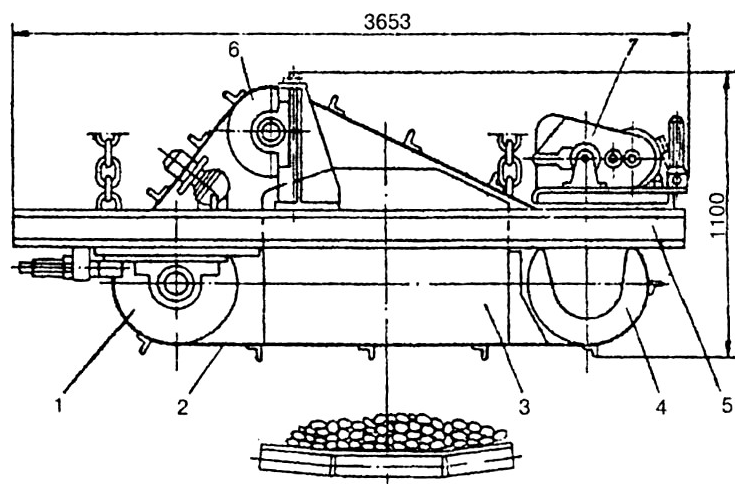


Рисунок 3.19 – Підвісний електромагнітний сепаратор:

1 – опорний барабан; 2 – розвантажувальна стрічка; 3 – електромагніт;
4 – основний барабан; 5 – рама; 6 – натяжний барабан; 7 – привід

Під час утилізації відходів широко використовується видова сепарація у важких середовищах, що полягає в поділі матеріалів по густині у гравітаційному або відцентровому полі на суспензії або рідини, густина якої є проміжною між густиною поділюваних часток.

Важкі суспензії являють собою зважені у воді тонкодисперсні частинки важких мінералів або сплавів-обтяжувачів, в якості яких використовують феросиліцій, пірит, піротин, магнетитові та гематитових концентрати та інші матеріали розміром до 0,16 мм.

Як важкі рідини використовують водні розчини деяких солей: хлориду кальцію і цинку, йодиду калію та інші, що дозволяють отримувати середовища з густиною до 3000 кг/м³.

Колективна суміш надходить по завантажувальному лотку у ванну, що складається з двох з'єднаних в нижній частині відділень.

На рисунку 3.20 показаний колісний важкосередній сепаратор СК-12.

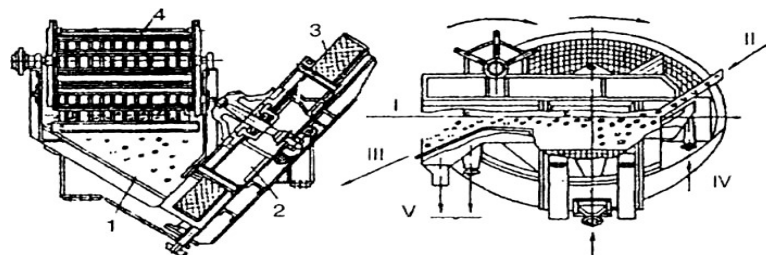


Рисунок 3.20 – Колісний важкосередній сепаратор СК-12

В одному з відділень розміщено елеваторне колесо для вивантаження суспензії разом з затонулого, важчій фракцією. Легка фракція вивантажується в верхній частині ванни. Їх перемішування в зоні вивантаження запобігає розділової перегородкою.

Іншим видом обладнання для поділу змішаних відходів способом важкосередньої сепарації є сепаратор СБС-5, розроблений спеціально для технологічних ліній з переробки алюмінієвого брухту. Він призначений для розділення змішаних відходів на фракції з високим вмістом магнію (густина < 2650 кг/м³), з високим вмістом цинку (густина > 2850 кг/м³) і міднокремнієві алюмінієві сплави проміжної густини.

Для поділу матеріалів з різною густиною використовується також пневматична сепарація, заснована на різниці в швидкостях падіння в повітряному середовищі частинок різних розмірів і густини.

Зигзагоподібний пневматичний сепаратор (рисунок 3.21) застосовується для видалення з дробленого продукту неметалевих домішок: фарби, текстилю, пластмас і інших відходів.

Подрібнений матеріал з приймального бункера 1 через шиберну заслінку 2 роторним завантажувачем 3 подається в робочу зону сепаратора. Назустріч потоку дробленого матеріалу надходить повітря, що захоплює легкі компоненти відходів і через патрубок 7 направляється на очистку в циклон і фільтр. Для регулювання режиму сепарації передбачений шибер 4 для всмоктування повітря з метою зниження швидкості потоку. Важка фракція накопичується на нижньому шибері 5 і періодично розвантажується в короб 6.

Конструктивні параметри зигзагоподібного сепаратора – число колін, висота H секції (коліна), її ширина, перетин вільного прольоту S – визначаються характеристиками відходів, що розділяються.

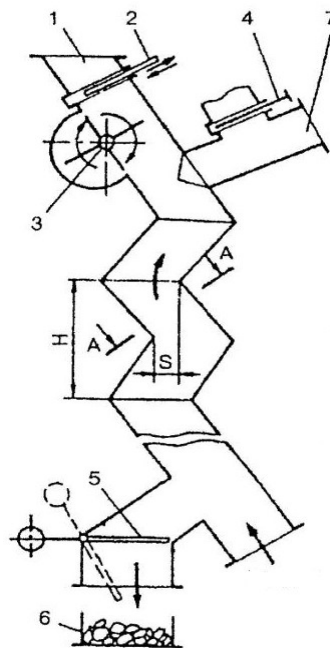


Рисунок 3.21 – Зигзагоподібний пневматичний сепаратор:

1 – приймальний бункер; 2 – шиберна заслінка; 3 – завантажувач роторний;
4 – верхній шибер; 5 – нижній шибер; 6 – короб; 7 – патрубок; H – висота секції
(колони); S – площа вільного прольоту; A – напрям руху

3.3. Технології утилізації та рециклінгу пластикових виробів транспортних засобів

Деталі з пластмас широко використовуються в сучасних ТЗ. З них виготовляють великогабаритні вироби з великою масою (бампери, панель приладів, каркаси облицювання даху й дверей кузова, сидіння, бензобак і ін.), а також порівняно невеликі деталі автомобіля (витратні бачки робочих рідин, ручки, декоративні накладки, деталі електронного устаткування і багато іншого).

Далеко не завжди під час утилізації ТЗ демонтовані деталі з пластмас придатні для відновлення і повторного використання. Тому утилізація пластмасових деталей виведених з експлуатації ТЗ має велике значення, дозволяючи скоротити використання первинних матеріальних і енергетичних ресурсів і знизити навантаження на НС.

Відомі такі основні способи поводження з відходами пластмас:

- **перероблення** під вторинну полімерну сировину для повторного використання при виробництві виробів;
- **піроліз** з одержанням вуглеводневої сировини для енергетичного та хімічного застосування;
- **спалювання** разом з твердими побутовими відходами з одержанням теплової та електричної енергії;
- **поховання на полігонах.**

Основним способом поводження з відходами пластику має стати їх повторне використання, що виконує при виробництві виробів з пластмас таку ж роль, яку відіграє металобрухт в металургії. Однак в силу різних, насамперед організаційних, причин це зробити не завжди вдається. Тому деяка кількість відходів пластмас, що утворюються під час утилізації ТЗ, піддається піролізу, спалюється і захоронюється.

Піроліз полімерних матеріалів проводиться за температури 400–500 °С за обмеженого доступу повітря. Продуктами піролізу є цінні сировинні

матеріали: піролізний газ, що не поступається за своїми властивостями природному газу, піролізна смола, що є цінним продуктом для синтезу полімерних матеріалів, і твердий вуглецевий залишок, що витрачається на виготовлення адсорбенту.

Пластмаси мають високу теплотворну здатність. Деякі з них (поліетилен, поліпропілен та ін.) переважають за цим показником природні паливні ресурси – вугілля і нафта. Тому, пластикові деталі невеликого розміру, що важко відокремлюються від інших матеріалів спалюють. На відміну від природного палива при спалюванні пластмас виділяються токсичні продукти, що вимагає значних витрат на очищення димових газів.

Захоронення – з усіх точок зору нераціональний спосіб поводження з пластмасовими відходами, тому що не приносить ніякого економічного або технічного результату, але вимагає будівництва дорогих полігонів.

У загальному вигляді перероблення відходів пластмас з метою їх повторного використання складається з наступних стадій: сортування, мийки, сушки, подрібнення і гранулювання.

3.3.1. Утилізація деталей з поліолефінів

До поліолефінів, що застосовують в автомобілебудуванні, відносяться поліетилен високої і низької густини (ПЕВГ і ПЕНГ) і поліпропілен (ПП). З поліетилену високої густини виробляють різні дрібні деталі автомобіля, порівняно недавно з нього почали виготовляти бензобаки. З поліетилену низької густини виготовляють плівку.

Поліпропілен широко використовується для виготовлення бамперів, панелей приладів автомобіля та інших деталей.

Особливістю термопластів, і зокрема поліолефінів, є можливість їх багаторазового перероблення розплавленням й повторного формування без істотної зміни характеристик.

3.3.2 Утилізація відходів ПВХ матеріалів

Полівінілхлорид застосовується у виробництві оббивних штучних шкір, синтетичних тентових матеріалів, плівок, ливарних виробів і т.д.

Можна виділити три основних напрями у використанні відходів ПВХ-матеріалів:

- перероблення відходів в лінолеум, штучні шкіри й плівкові матеріали;
- хімічне перероблення з регенерації ПВХ смоли;
- використання в суміші з іншими полімерами в різних полімерних композиціях.

Виробництво лінолеуму. Оскільки ПВХ широко застосовують під час виготовлення рулонних матеріалів на текстильній основі, нижче будуть розглянуті особливості переробки відходів таких текстильно-полімерних матеріалів. Технологічна схема процесу виробництва лінолеуму з використанням відходів штучної шкіри представлена на рисунку 3.22.

За такою схемою можна виготовляти різні покриття для підлоги (лінолеум, лінолеумове плитку), штучні шкіри технічного призначення та інші матеріали.

Відходи штучної шкіри спочатку надходять на подрібнення в дробарку 1. З дробарки отримана крихта через випускний отвір подається в накопичувальну ємність.

Під час переробки відходів забруднених ПВХ матеріалів важливою стадією процесу є їх очищення та промивання в мішалці 2 з вертикальними лопатями. Мішалка розташована таким чином, що весь внутрішній об'єм промивного механізму ділиться на дві зони: зону турбулентного потоку, що утворюється нижче лопатей мішалки, і зону ламінарного потоку над ними.

Через дозуючий пристрій крихта безперервно надходить до промивального пристрою спочатку в турбулентну зону, а потім в зону ламінарного потоку. Відходи спливають на поверхню промивного розчину, густина якого більше густини подрібнених відходів, і відбираються за допомогою спеціального підйомного пристрою.

Воронки для вловлювання розташовані в днищі мішалки нижче зони турбулентності, збирають сторонні включення, відокремлені від відходів, і виводять їх через трубопровід.

Промита й очищена від сторонніх включень крихта надходить в центрифугу 3 і барабанну сушарку 4, де відділяється від води та висушується. Висушена крихта по трубопроводу направляється на гомогенізацію на крекер-вальці 5 з ребристою поверхнею валків.

Час обробки на крекер-вальцях становить 1–5 хв для руйнування текстильної основи і гомогенізації суміші. Отримана гомогенна суміш надходить на екструдер-гранулятор 6, а звідти у вигляді гранул подається в накопичувальний бункер.

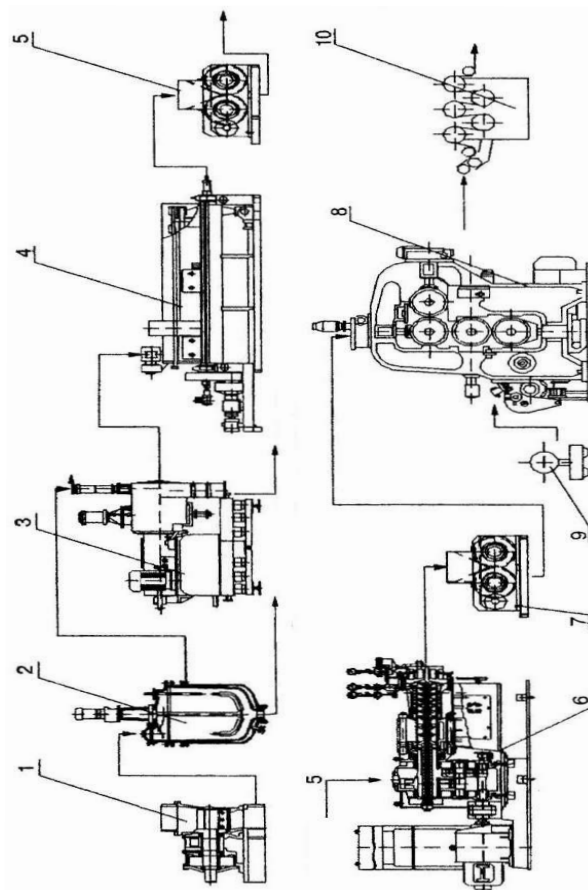


Рисунок 3.22 – Технологічна схема процесу виробництва лінолеуму з використанням відходів штучної шкіри:

- 1 – роторний подрібнювач; 2 – мішалка якірна; 3 – центрифуга; 4 – осушувач барабанний; 5 – крекер-вальці; 6 – гранулятор; 7 – вальці; 8 – каландр; 9 – рулон покриття підлоги з верхнім шаром; 10 – барабани для охолодження

Під час переробки відходів полівінілхлориду та виробництва з них гранул до складу полімерної композиції додатково додають стабілізатори, а також пластифікатори, що дозволяють уникнути механічно деструкційних процесів.

Встановлено, що під час використання відповідних стабілізаторів можлива 6-кратна повторне перероблення відходів ПВХ практично без зміни його фізико-механічних властивостей.

Лінолеум з використанням відходів штучної шкіри виготовляють багатошаровим: лицьовий шар виготовляють з композиції, що містить первинну сировину, а нижній шар – з 30 % первинного і 70 % вторинної сировини. Це співвідношення залежить від кількості текстильних волокон у відходах. Якщо вторинна сировина виготовлено з матеріалів, що не містять текстильну основу (плівок, листових матеріалів, безосновного лінолеуму), то його зміст в нижньому шарі може досягати 95–100 %.

Композиція на основі вторинного ПВХ з накопичувального бункера подається на вальці 7, на яких виходить полотно необхідної товщини. Далі воно калібрується на каландрі 8 і з'єднується з лицьовим шаром 9 з первинної композиції, що мають декоративне оздоблення. Отриманий лінолеум охолоджується на барабанах 10, упаковується і здається на склад.

Лінолеум, виготовлений із застосуванням відходів у нижньому шарі, за властивостями практично не відрізняється від матеріалу, виготовленого повністю з первинної сировини.

Добрими властивостями володіє тришаровий лінолеум, виготовлений із застосуванням грануляту, отриманого з відходів штучної шкіри. Вміст ПВХ в такому грануляті складає 76–85%, волокна – 24–15%. Нижній шар лінолеуму виготовляється повністю з вторинного матеріалу, середній шар містить 75% відходів, а тонкий лицьовий шар – з первинної сировини.

Технологічний процес виготовлення лінолеуму з відходів штучної шкіри здійснюється з використанням обладнання для виробництва лінолеуму та штучної шкіри.

Регенерація полівінілхлориду. Під час регенерації можна утилізувати будь-який вид відходів ПВХ-матеріалів, у тому числі різні плівки, листові матеріали, штучні шкіри.

Технологічна схема регенерації ПВХ з відходів штучної шкіри й тентових матеріалів складається з наступних стадій:

- подрібнення відходів штучної шкіри й тентових матеріалів;
- відділення магнітних матеріалів від маси відходів;
- складування підготовлених відходів в бункер;
- змішування відходів з селективним розчинником і розчинення в ньому полівінілхлоридної смоли;
- відділення нерозчинних фракцій;
- зниження розчинності ПВХ в розчиннику додаванням води;
- виділення ПВХ (фільтрування);
- сушіння отриманого полімеру;
- дистиляції розчину (поділу води й розчинника).

Технологічна схема представлена на рисунку 3.23.

Після подрібнення в дробарці 1 відходи по транспортеру подаються в магнітний сепаратор 2, де здійснюється видова сепарація і відділення магнітної фракції. З магнітного сепаратора відходи потрапляють в накопичувальний бункер 3, а з нього надходять в барабанний змішувач 5, в якому змішуються з розчинником, що надходять з ємності 4. У змішувачі протягом 1 год за постійного перемішування відбувається розчинення ПВХ. Нерозчинені компоненти відокремлюються в центрифугі 6. Розчин ПВХ проходить в лопатеву мішалку 8, в яку додають воду з ємності 7 для зниження розчинності полімеру.

Завдяки цьому відбувається осадження ПВХ. Утворена суміш – випадає в осад ПВХ, розчинник і вода – проходить через барабанний вакуумний фільтр 9, де відбувається відділення ПВХ від рідин. Потім полімер проходить через сушарку 10 і потрапляє в бункер 12. Суміш розчинника і води через систему

трубопроводів надходить в дистилятор 11, де відбувається відділення води від розчинника, після чого вони повертаються в ємності 7 і 4 відповідно.

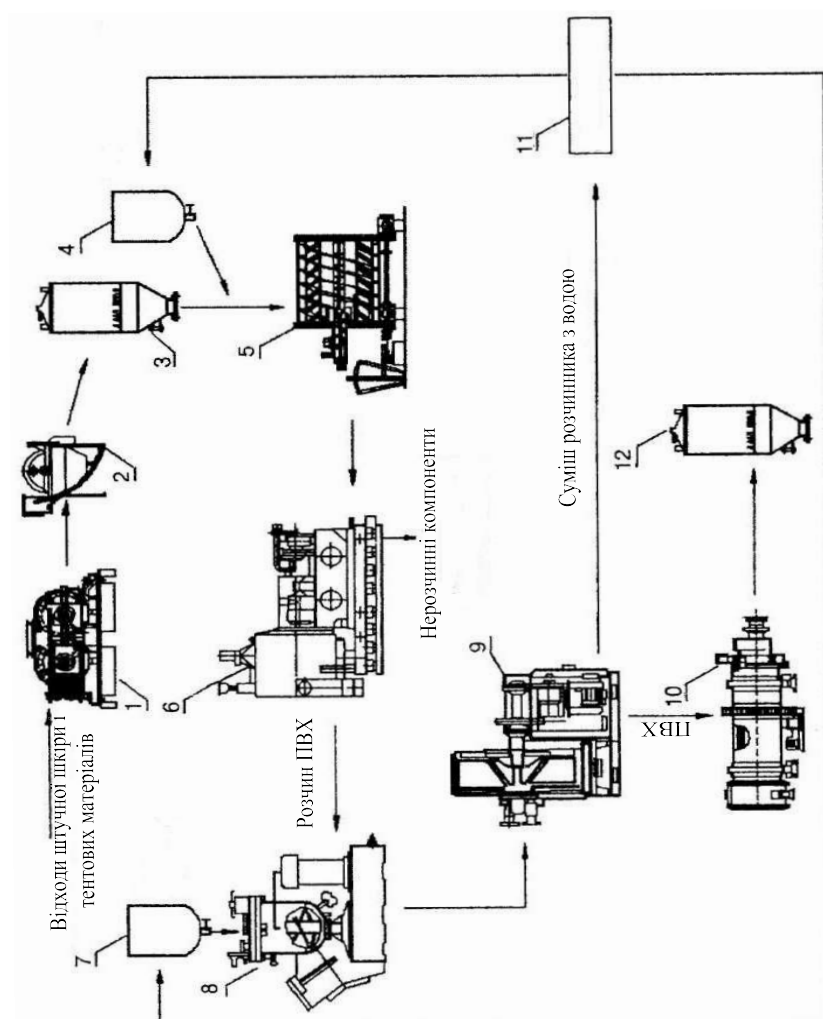


Рисунок 3.23 – Технологічна схема регенерації ПВХ:

1 – дробарка двовалкова; 2 – сепаратор магнітний; 3 – бункер; 4 – ємність з розчинником; 5 – змішувач барабанний; 6 – центрифуга; 7 – ємність з водою; 8 – мішалка; 9 – фільтр барабанний вакуумний; 10 – осушувач барабанний; 11 – дистилятор; 12 – бункер з регенованим ПВХ

Описаний спосіб створює можливість отримувати полівінілхлорид, близький за властивостями до вихідного.

3.3.3. Утилізація деталей з пінополіуретану (ППУ)

З пінополіуретану виготовляють подушки і спинки сидінь, підголівники, підлокітники та інші деталі автомобілів. Матеріал має високу об'ємну

деформацією, тому що має низьку гусину. Серед технологій утилізації виробів з пінополіуретану слід виділити:

- переробку, пов'язану з попередніми розчиненням відходів і виділенням вихідної сировини;
- гідроліз поліуретанових відходів;
- дроблення та використання поліуретанових відходів як наповнювачів.

Під час розчинення подрібнених відходів еластичного пінополіуретану (ППУ) за температури 180–200 °С та безперервного перемішування сировину обробляють розчинником до отримання гомогенного розчину. Отриманий розчин змішують з вихідним полієфіром, ізоціанітом або форполімером. З отриманої суміші розчинник може бути видалений за підвищеної температури під вакуумом з залишковим тиском менше 10 мм рт.ст.

Продукти, отримані з відходів ППУ, є сировиною для заливальних композицій, використання яких дозволяє виготовляти вироби з меншою вартістю та забезпечити економію первинної сировини. Вміст відходів в кінцевому продукті може досягати 20 %.

Гідролізна технологія. Полягає в обробленні відходів ППУ водяною парою за тиску 0,05–0,15 МПа і температури не нижче 185 °С у присутності аміаку, що сприяє збільшенню швидкості процесу. У результаті гідролізу отримують сировинні продукти – діаміни й рідкі олігомери, придатні для отримання нових матеріалів. Подрібнені відходи ППУ у вигляді порошку можна додавати в термопластичний поліуретан, в гумові суміші на основі нітрилу, хлоропренових і інших полярних еластомерів як підсилюючих наповнювачів. Наприклад, для виготовлення різних еластичних деталей використовують композицію з 6–25% уретанового форполімеру, 4–5% полістиролу і 70–90% подрібнених відходів. Виготовлення формованих деталей з відходів пористих або непористих поліуретанових еластомерів. Для цього їх подрібнюють, пластикують в екструдері з одночасним виведенням газоподібних продуктів, причому термообробку ведуть з регулюванням температури по зонах: 130–170°С в першій зоні і 160–190°С у

другій. Отримані компаунди це еластичні термопластичні матеріали, що мають задовільні фізико-механічні властивості й застосовуються під час виготовлення формованих деталей способом лиття під тиском.

3.3.4. Утилізація деталей з полістирольних пластиків

Полістирольні пластики широко застосовуються в різних галузях промисловості. В автомобільній промисловості використовуються вироби з ударостійкого полістиролу й акріло-нітрилбутадієнстиролу. Це деталі облицювання інтер'єру, різні великогабаритні деталі, одержувані термоформуванням з листових матеріалів.

Найбільш простим і ефективним способом утилізації відходів полістирольних пластиків є їх дроблення і використання отриманої крихти як добавок до вихідного матеріалу. При утриманні в композиції до 20 % (мас.) вторинного пластика експлуатаційні та технологічні характеристики матеріалу практично не відрізняються від властивостей первинного полімеру.

Подрібнення амортизованих виробів з полістирольних пластиків проводиться на роторних дробарках, а отримана крихта внаслідок однорідності по гранулометричному складу не вимагає додаткової грануляції через розплав. Для подальшої переробки литтям під тиском доцільно використовувати крихту розміром близько 5 мм.

3.3.5. Утилізація деталей з реактопластів

Поряд з термопластами в автомобілебудуванні іноді використовуються й реактопласти, що не плавляться під час нагрівання. Їх утилізація описаними вище технологіями не можлива. До них відносяться, зокрема, склопластики, що використовуються, в основному, для тюнінгового доведення автомобіля.

Склопластики складаються з термореактивного полімеру і скляного наповнювача у вигляді ниток або текстильної основи. Скляний наповнювач, будучи надзвичайно міцним, для свого руйнування вимагає значних витрат

енергії. До того ж його частки мають високу абразивність, що призводить до швидкого зносу ударних елементів подрібнюючого обладнання.

Для подрібнення відходів склопластиків використовуються дезінтегратори спеціальної конструкції, основним ударним органом яких є пальці двох роторів, що обертаються назустріч один одному з високою швидкістю (більше 120 м/с). За час перебування в камері дезінтегратора, що становить всього 0,25 с, матеріал руйнується з утворенням частинок розміром в декілька мікрон, набуваючи зовсім нові фізико-хімічні властивості. У частинок такого порошку є функціональні групи, що роблять його активним наповнювачем. Крім того, різко зростає їх питома поверхня. Розмір частинок органічної частини порошку, тобто самого реактопласту, становить 3–20 мкм. Вони агрегуються в конгломерати розміром до 100 мкм, що мають сферичну форму. Складні частки наповнювача витягнуті, ниткоподібні, відношення довжини до діаметру такої частки становить 1,5–2,0.

Склопластикові порошки називають органо-мінеральним наповнювачем. Такий наповнювач виконує роль модифікатора: завдяки наявності функціональних груп на поверхні частинок він бере участь в хімічній взаємодії з полімером. Завдяки цьому прискорюється процес утворення тривимірної структури, а отримані матеріали набувають високі фізико-механічні властивості. Використання органо-мінеральних наповнювачів як наповнювачів у композиціях на основі реактопластів знижує час затвердіння в 6–10 разів, підвищує теплостійкість до 200 °С.

Використовують органо-мінеральні наповнювачі й для виготовлення лакофарбових покриттів з хорошими декоративними властивостями, підвищеними фізико-механічними характеристиками та більш високою експлуатаційною довговічністю.

Введення органо-мінеральних наповнювачів в клейові композиції на основі епоксидних смол дозволяє підвищити міцність при відриві в 1,5–2 рази під час склеювання титанового сплаву і на 10–15 % під час склеювання сталі.

Час затвердіння клейової композиції знижується з 24 до 4 год. Граничний вміст порошку склопластику в клеї не повинно перевищувати 33 %.

Таким чином, основні види полімерів, використовуваних при серійному виготовленні автомобілів, є термопластами. Вони здатні до багаторазовій переробці і є цінною вторинною сировиною, практично не поступається за своїми характеристиками первинним матеріалам.

Для їх ефективного використання необхідний роздільний збір утилізованих деталей і суворий поділ їх за видами пластиків. Для полегшення ідентифікації і роздільного збору полімерів заводи-виробники вказують на деталях вид використаної сировини.

Найбільш раціональним способом поводження з утилізованого пластмасовими деталями автомобілів є їх застосування в подрібненому вигляді в складі полімерних композицій того ж складу для виробництва аналогічних деталей.

3.4. Технології утилізації та рециклінгу амортизованих шин і гумотехнічних виробів

Вироби з гуми виготовляють вулканізацією гумових сумішей на основі каучуків. Склад гумових сумішей різний й залежить від асортименту виробів. В автомобілебудуванні використовуються наступні вироби з гуми: автопокришки, привідні паски, шланги, сальники, манжети, килимки та ін. Багато гумових виробів мають складну конструкцію й поряд з гумою містять метал, текстиль та інші матеріали.

Найбільш великими за габаритами, великотоннажними й складними за вмістом виробами з гуми є автопокришки. До їх складу входять гума, металевий дріт, полімерні нитки.

Зі зростанням чисельності автотранспорту постійно збільшується і кількість зношених автопокришок. Приріст зношених автопокришок зростає, а утилізується не більше 10 %.

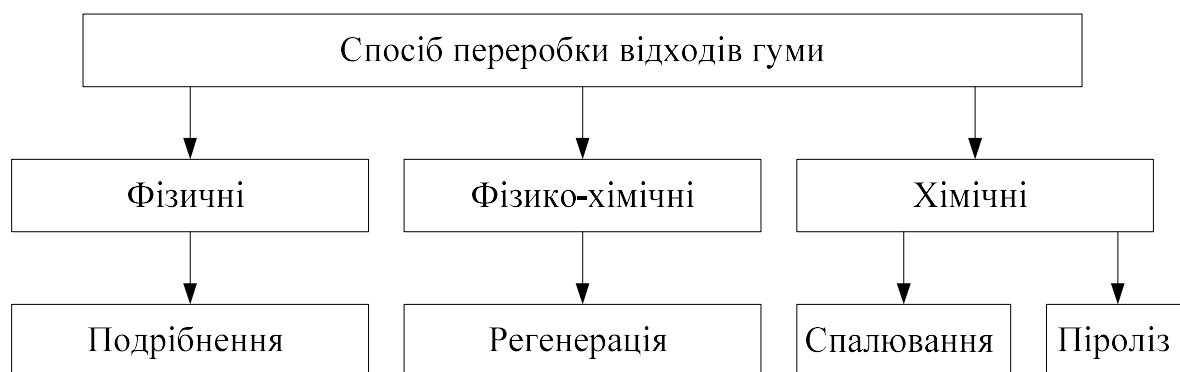
До 50 % автопокришок, що знімаються з автомобілів при утилізації, можуть бути відновлені. Під час відновлення автопокришок замінюють зношені протектори на нові наваркою сирої гумової суміші. Таку технологію можна використовувати тільки для шин з каркасом, що мають необхідну міцність і жорсткість. Під час наварювання залишок зношеного протектора видаляють механічним способом і на каркас накладають сиру гумову суміш. Далі покришка поміщається в прес-форму, що обігрівається для формування малюнка протектора і вулканізації гумової суміші. Відновлені автопокришки за всіма характеристиками відповідають технічним вимогам до нових виробів.

Автопокришки і гумо-технічні вироби, демонтовані з утилізованого автомобіля, що не підлягають відновленню, є джерелом цінних вторинних матеріалів.

Особливості хімічної будови еластомерів (полімери з вискоеластичними властивостями в широкому температурному діапазоні, наприклад гума і каучук), що мають міцну тривимірну структуру з поперечними зв'язками, а також складність надмолекулярних утворень надають їм унікальні властивості, роблять гуму незамінним матеріалом для сучасного машинобудування та інших галузей економіки.

У той же час саме ці властивості, в деяких випадках є основою значних труднощів, пов'язаних з їх утилізацією після завершення експлуатації.

Способи переробки зношених автопокришок і гумо-технічних виробів можна розділити на фізичні, фізико-хімічні та хімічні (рисуюнок 3.24).



Рисуюнок 3.24 – Способи переробки зношених автопокришок і гумо-технічних виробів

Фізичні способи переробки відходів гуми включають різні технології їх подрібнення з метою отримання гумової крихти (борошна). Утворений продукт зберігає всі властивості гуми. Процес подрібнення досить складний, оскільки завдяки високим еластичним властивостям гуми, енергія, що витрачається на її руйнування, витрачається в значній мірі на механічні втрати. Ефективність подрібнення гуми залежить від температури і швидкості додатка навантаження. Якщо процес подрібнення відбувається при температурі нижче температури крихкості полімеру, то його деформації невеликі та руйнування носить крихкий характер і не вимагає великих витрат енергії.

Фізико-хімічні методи переробки відходів, під якими мається на увазі регенерація, здійснювана різними технологіями, дозволяють зберегти структуру сировини, використаної в процесі виробництва гуми. Під час регенерації руйнується просторова вулканізаційна сітка гуми за рахунок теплового, механічного та хімічного впливу на неї. Одержуваний продукт – регенерат – володіє пластичними властивостями і використовується для виготовлення гумових сумішей з метою часткової заміни каучуку.

Хімічні способи переробки призводять до незворотних хімічних змін не тільки гуми, але і речовин, її складових (каучуків, мягчителів і т.д.). Вони здійснюються при високій температурі, внаслідок чого відбувається деструкція полімерного матеріалу. До хімічних методів належать спалювання і піроліз.

Незважаючи на те, що хімічні способи переробки відходів гуми дозволяють отримати цінні продукти й теплову енергію, така утилізація є недостатньо ефективною, оскільки вона не дозволяє зберегти вихідні полімерні матеріали.

3.4.1. Виготовлення та застосування гумової крихти

Найбільшого поширення набула технологія подрібнення шин у високоеластичному стані при помірних швидкостях, не дивлячись на значно вищі витрати енергії в порівнянні з криогенною технологією.

За цією технологією перероблення покришок здійснюється у такій послідовності: миття – вирізка бортів – попереднє дроблення – грубе дроблення – дрібне дроблення – видова сепарація – подрібнення до крихти.

На сьогодні розроблені різні види обладнання для подрібнення гумових покришок, що розрізняються за характером і швидкістю навантаження, конструкції робочих органів і т.д. Для цих цілей застосовують абразивні стрічки й кола, гільйотини, борторізки, дискові ножі, преси, вальці, роторні дробарки та інше обладнання.

Традиційним обладнанням, що застосовується для дроблення гумових відходів є вальці. За кордоном частіше застосовують дискові та роторні подрібнювачі. Однак схема, заснована на застосуванні вальців, є більш продуктивною й менш енергоємною.

Останнім часом за кордоном набуло поширення **кріогенне подрібнення зношених шин**. У порівнянні з подрібненням за кімнатної температури воно має такі переваги:

- зменшує енерговитрати;
- виключає пожежо- та вибухонебезпечність;
- дозволяє отримувати дрібнодисперсний порошок гуми з розміром частинок до 0,15 мм;
- зменшує забруднення НС.

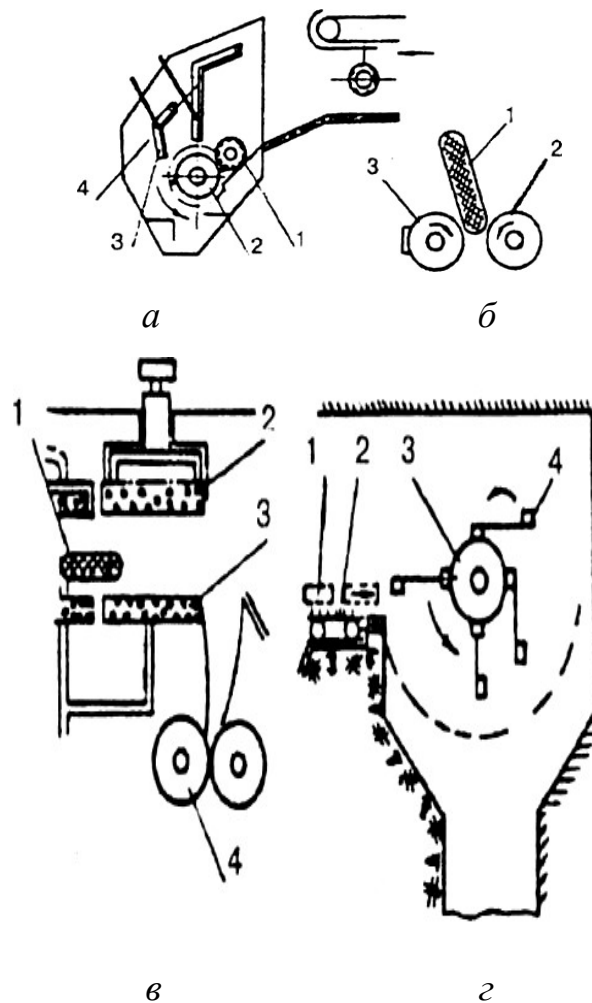
Ефективність кріогенного подрібнення покришок є наслідком:

- ослаблення зв'язку між металокордом і гумою за низької температури, що призводить до часткового відділенню гуми від металу;
- різкого зниження еластичності гуми, в результаті якого крихке руйнування відбувається за незначних деформацій.

Під час кріогенного подрібнення покришки охолоджуються протягом 25 хв в пристроях барабанного типу, витрата рідкого азоту становить 0,25–1,2 кг на 1 кг матеріалу, що подрібнюється. Охолоджена покришка подрібнюється в різного типу дробарках (рисунок 3.25).

Отримана в результаті дроблення крихта має розміри від 0,15 до 20 мм.

Вартість рідкого азоту становить 2/3 від усіх витрат на кріогенне подрібнення.



**Рисунок 3.25 – Механізми для кріодроблення покоришок
з металокордом:**

а – ударно-відбивна дробарка: 1 – покоришка; 2 – валок; 3, 4 – відбивні плити;

б – валкова дробарка: 1 – покоришка; 2, 3 – валки;

в – ударно-валкова дробарка: 1 – покоришка; 2,3 – теплоізовані матриця і пуансон; 4 – валкова дробарка;

г – молоткова дробарка: 1 – покоришка; 2 – транспортер;

3 – ротор; 4 – молоток

Технологічна схема кріогенного подрібнення покоришок представлена на рисунок 3.26.

Під час підготовки покоришок до кріоподрібнення вони миються, сортуються і надходять на борторізку 1 для видалення бортових кілець. Далі

покришка надходить в охолоджувальну камеру барабанного типу 2, куди подається рідкий азот.

Покришки охолоджуються в камері до мінус 120°C (температура склування практично будь-яких гум вище мінус 70°C). Наявний запас охолодження покришки необхідний для компенсації теплопритоків до неї під час переміщення з охолоджувальної камери 2 до молота 3, а також для компенсації тепловиділень при ударі, що відбуваються внаслідок перетворення кінетичної енергії молота в тепло. Молот має спрофільовані пуансон і матрицю, на якій відбувається розбивання тендітної покришки. Подрібнена покришка транспортером подається на шківний залізовідділювач 4, за допомогою якого відбувається відділення гуми та текстилю від металу. Гумова крихта надходить в бункер.

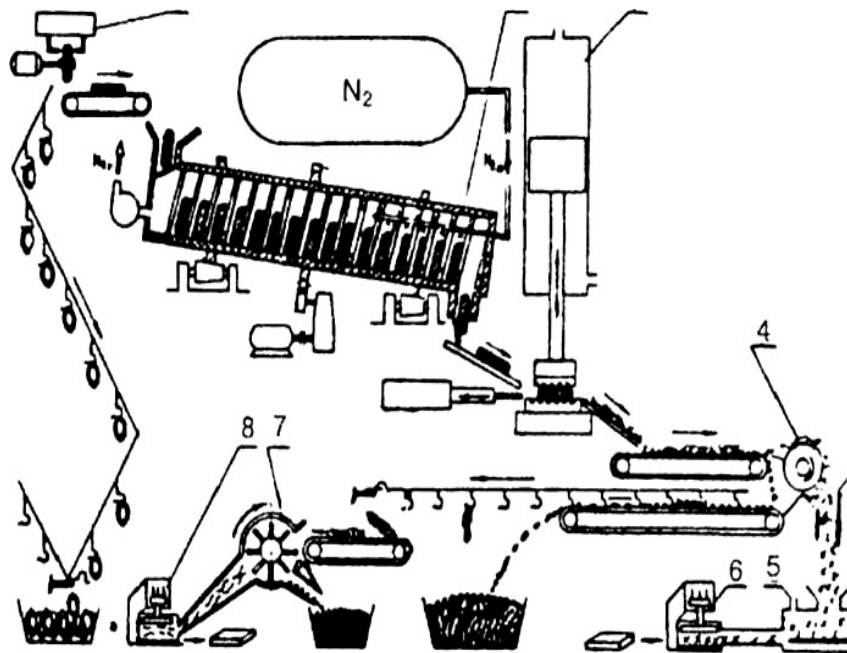


Рисунок 3.26 – Технологічна схема кріогенного дроблення зношених покришок:

1 – універсальна борторізка; 2 – охолоджуюча камера; 3 – молот;
4 – залізовідділювачі шківних; 5 – обпалювальна піч; 6 – прес пакування металу; 7 – роторний подрібнювач; 8 – прес пакування текстилю.

Металокорд надходить в випалювальну піч 5 для випалювання залишків гуми на дроті і далі в пакувальний прес 6. Шматки гуми, що містять

текстильний корд, додатково подрібнюються в роторному подрібнювачі 7. Подрібнений продукт поділяється на гумову крихту і волокно, що потім подається на пакування прес 8.

У результаті руйнування гума, що міститься в покришці, перетворюється в крихту, причому 57 % крихти має розміри від 1,25 до 20 мм і 24 % – від 0,14 до 1,25 мм. Це дозволяє істотно скоротити витрати на додаткове подрібнення гумової крихти, якщо воно необхідне за умовами її подальшого використання.

Питомі витрати енергії на руйнування покришки в охрупченному вигляді в 1,8 рази менше, ніж в еластичному.

Для різання й подрібнення амортизованих шин з металокордом доцільно застосування **шредерів** – двохроторних машин з дисковими ножами, що мають велику потужність.

Подрібнена гума у вигляді крихти широко застосовується в різних областях, і перш за все, як повноцінного додатку до свіжих гумових сумішей.

Тонкодисперсна гумова крихта в максимальному ступені зберігає еластичні й властивості міцності вихідного матеріалу. Композиції, що містять подрібнену гуму, є дисперсією типу «полімер в полімері» з чітко вираженою межею поділу.

Дисперсність гумової крихти дуже впливає на властивості гумових виробів, а також на можливий вміст її в складі суміші. Зі зменшенням розмірів крихти можливе збільшення її вмісту в гумових виробах. При цьому властивості міцності матеріалу не тільки не знижуються, але зростають в порівнянні з гумою, що містить в такій же кількості активні мінеральні наповнювачі. Це стає можливим при використанні гумової крихти з розміром частинок в кілька мікрон, що досягається при новітніх способах подрібнення, наприклад, за допомогою абразивно-дискового подрібнювача, в якому гумова крихта подрібнюється в зазорі між двома обертовими в різні боки абразивним кругами.

Під час використання гумової крихти в складі гум необхідно враховувати, що її властивості в процесі зберігання погіршуються, тому що відбувається її

старіння внаслідок інтенсивного окиснення на високорозвиненій поверхні, що утворюється в процесі подрібнення.

Доцільно використання гумової крихти в складі асфальтобетонних дорожніх покриттів. Завдяки підвищеним фрикційним властивостям і кращому опору зносу такі покриття можуть бути ефективними на гірських дорогах, на площах і вулицях з інтенсивними транспортними потоками, на злітно-посадкових смугах аеродромів, на мостах і в тунелях.

Високі еластичні й фрикційні властивості, що забезпечуються дорожньому покриттю гумовою фракцією, роблять цей матеріал корисним для створення доріг в регіонах з великими температурними перепадами, під час будівництва трамвайних шляхів (віброзахисні властивості), бігових доріжок стадіонів.

При виготовленні асфальтобетонних покриттів використовується гумова крихта розміром до 25 мм без видалення частинок металлокорда і волокна. Композиція виготовляється в бетономішалках (бетонні суміші) або обігрівається у змішувачах (асфальтові суміші). Для укладання покриття використовуються звичайні дорожньо-будівельні машини.

3.4.2. Виробництво регенерату

Іншим напрямом утилізації гумовмісних відходів, зокрема зношених шин, є отримання регенерату – пластичного матеріалу, здатного вулканізовуватись при додаванні в нього вулканізуючих агентів і частково замінити каучук в складі гумових сумішей.

Існують різні способи отримання регенерату, що відрізняються характером і інтенсивністю впливу на гуму, а також природою й кількістю речовин, що беруть участь в хімічних процесах. При регенерації гуми відбуваються складні фізико-хімічні процеси, в результаті яких вона перетворюється в пластичний продукт – регенерат.

Під час отримання регенерату застосовують пом'якшувачі, активатори, модифікатори, емульгатори та інші речовини.

Як пом'якшувачі використовуються продукти переробки нафти, вугілля, сланців і іншого виробництва. Вміст пом'якшувачів залежить від способу отримання регенерату.

Активатори дозволяють скоротити тривалість і знизити температуру процесу, поліпшити властивості кінцевого продукту. Як активатори найбільше застосування знайшли сірковмісні органічні сполуки.

Модифікатори дозволяють надати регенерату та гумі на його основі деякі спеціальні властивості – міцність, оливо- та бензостійкість, блиск і ін. Для модифікації регенерату використовуються як мономері (малеїновий ангідрид, малеїнова і олеїнова кислоти та ін.), так і полімери (полістирол, поліметилметакрилат, полівінілхлорид і ін.).

Емульгатори використовуються в технологічних цілях – для стабілізації дисперсій подрібнених гумових відходів.

Початкова стадія отримання регенерату будь-яким з існуючих способів – подрібнення гумових відходів. Розмір частинок, що необхідно отримати під час подрібнення, визначається способом подальшої регенерації, а також властивостями гуми, що піддають регенерації, і вимогами до регенерату. Чим менше розміри частинок гуми, тим швидше і рівномірно вони набухають у пом'якшувачі, внаслідок чого підвищується продуктивність обладнання та поліпшується якість регенерату. Однак зменшення розмірів гумової крихти пов'язано зі збільшенням витрат на її отримання, тому розміри частинок завжди більше 0,5 мм.

Найбільш перспективний термомеханічний спосіб отримання регенерату внаслідок безперервності процесу, повної його механізації та автоматизації, а також нетривалості циклу.

При цьому способі не утворюються стічні води, що також має велике значення для зменшення вартості продукту.

Під час отримання регенерату термомеханічним способом (рисунок 3.27) використовується крихта розміром не більше 0,8 мм при вмісті текстильних волокон не більше 5 % за масою.

Середня тривалість перебування гуми в змішувачі не перевищує 7 хв, осьове зусилля, що розвивається шнеком, становить 1000 кН. Температура продукту, що виходить з головки змішувача, не повинна перевищувати 190 °С, для чого його корпус охолоджується водою. При подальшому проходженні через черв'ячний девулканізатор 14 відбувається остаточне руйнування гуми, продукт охолоджується до 70–80 °С і в такому вигляді надходить на рафінуючі вальці 16 і закаточну машину 17, де йому надається товарний вигляд (плівка, згорнута в рулон на зразок руберойду). При цьому на вальцях відбувається гомогенізація регенерату і очищення від сторонніх включень і частинок гуми, що недостатньо зазнали деструкції.

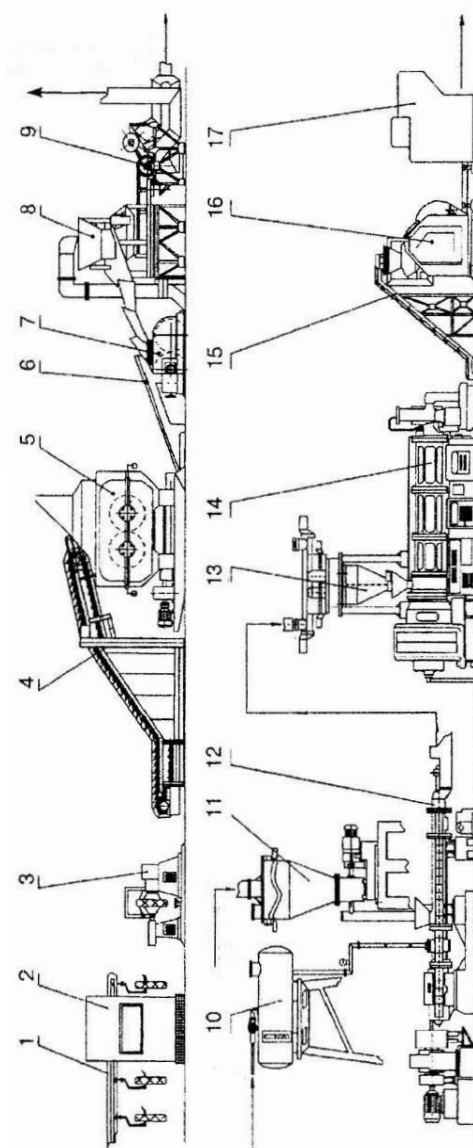


Рисунок 3.27 – Схема виробництва регенерату термохімічним способом:

1 – конвеєр підвісний; 2 – машина для миття; 3 – борторізка; 4 – конвеєр завантажувальний; 5 – дробарка ножова; 6 – конвеєр міжопераційний; 7 – дробарка двовалкова; 8 – грохот інерційний; 9 – магнітний сепаратор; 10 – ємкість з пом’якшувачем; 11 – бункер; 12 – змішувач; 13 – бункер-дозатор; 14 – вулканізатор; 15 – конвеєр шнековий; 16 – вальця; 17 – машина для заковчування

За цією технологією автопокришка за допомогою конвеєра 1 подається в мийну машину 2 і далі в борторізку 3.

Потім за допомогою конвеєрів 4 і 6 шматки покришки послідовно потрапляють в дробарки 5 і 7. Подрібнений продукт просівається в гуркоті 8. Отримана крихта заданого розміру разом з металлокордом проходить через магнітний сепаратор 9, де відділяється від металокорду. Метал брикетується та передається на переплавку в металургійне виробництво. Гумова крихта після магнітного сепаратора накопичується в бункері 11.

Підготовлений до регенерації матеріал разом з іншими компонентами подається в черв’ячний змішувач 12, що охолоджується водою. Під впливом механічних впливів і температури в змішувачі в тонкому зазорі між шнеком і корпусом відбуваються набухання і часткова девулканизація гуми через тепло, що виділяється при деформації гуми, і впливу кисню, пом’якшувача та інших добавок.

У гумо-технічній промисловості регенерат застосовують у складі гумових сумішей для часткової заміни каучуку під час виготовлення рукавних виробів, прокладок, пасків, взуття та іншої продукції. На основі регенерату отримують гумові клеї з високим опором старінню й адгезію до різних матеріалів.

3.4.3. Хімічні способи утилізації гумових відходів

Під час застосування хімічних способів, до яких відносяться піроліз і спалювання, відбувається руйнування не тільки гуми, а й сировини, використаної під час її виробництва, тобто каучуків і інших інгредієнтів.

У результаті піролізу утворюються речовини, близькі за складом до продуктів крекінгу нафти що є цінною хімічною та енергетичною сировиною.

Залежно від конструкції технологічного обладнання піролізу можуть піддаватися як подрібнені гумові відходи, так і цілі автопокришки. Піроліз відбувається за відсутності або при обмеженому доступі кисню за температури 500–1000 °С. Від температури залежить склад продуктів, що утворюються під час піролізу. У процесі піролізу виділяється значна кількість теплоти, так що її підведення ззовні до реактору необхідно тільки на початковій стадії процесу. Схема піролітичної установки приведена на рисунок 3.28.

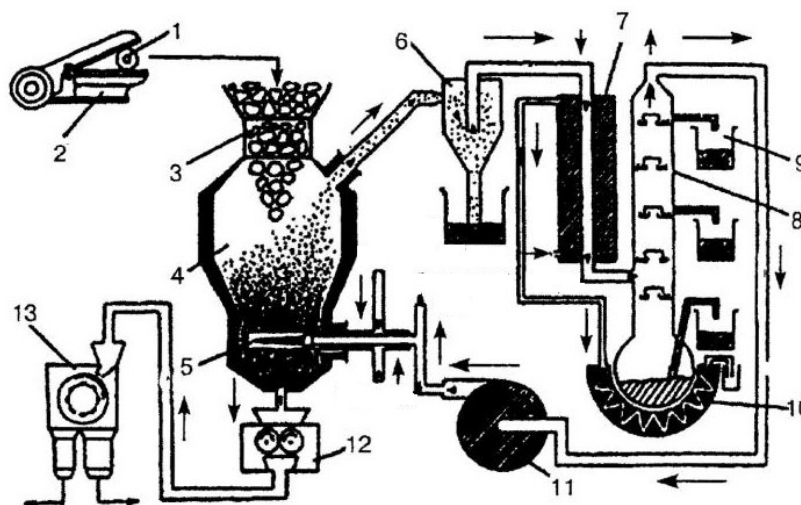


Рисунок 3.28 – Схема установки утилізації автопокришок способом піролізу:

1 – шина; 2 – гільйотина; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – реактор; 5 – піч;
6 – циклон; 7 – холодильник; 8 – дистиляційна колона; 9 – конденсатосбірник;
10 – теплообмінник; 11 – компресор; 12 – дробарка коксу;
13 – магнітний сепаратор

Зношені покришки 1 після мийки надходять в гільйотину 2, де подрібнюються на шматки розміром 100–400 мм і в такому вигляді подаються в бункер, а звідти – в завантажувальний пристрій 3, яким забезпечений реактор 4. Завантажувальний пристрій являє собою шлюзову камеру з двома затворами, що запобігають потраплянню в реактор надлишкової кількості повітря. Завантаження шматків покришок в реактор проводиться циклічно. Реактор

забезпечений піччю 5, де для початку процесу спалюється природний газ, а потім, після стабілізації процесу піролізу, в неї подається утворений піролізний газ. У нижній частині реактора є розвантажувальний пристрій для відвантаження металокорда й утворення коксу.

Дисперсні продукти піролізу (сажа) виносяться з реактора потоком утвореного піролізного газу в циклон 6, де газ відокремлюється від твердих частинок сажі. З циклону газоподібна фракція потрапляє в холодильник 7, в якому охолоджується проточною водою. Утворена газоконденсатна суміш стікає в дистиляційну колону 8, де розділяється на фракції з різною температурою кипіння, що збираються в конденсатозбірники 9. Нижня частина дистиляційної колони обігрівается гарячою водою, що надходить з холодильника в теплообмінник 10. Частина піролізного газу, що виходить з дистиляційної колони, за допомогою компресора 11 надходить на спалювання в реактор. Надмірна піролізний газ подається зовнішнім споживачам.

Тверда фаза у вигляді суміші коксу і металокорду після вивантаження з реактора подається в валкову дробарку 12 і розділяється магнітним сепаратором 13. Металокорд брикетується і поставляється зовнішньому споживачеві для подальшого переплаву. Подрібнений кокс гранулюється з метою отримання активного вугілля.

Газоподібні продукти піролізу містять 48–52% водню, 25–27% метану і мають високу теплоту згорання (34–44 МДж/кг). Вони використовуються як джерело енергії. Тверді продукти піролізу (так званий шинний кокс) використовують під час очищення стічних вод від іонів важких металів, фенолу, нафтопродуктів. Технічний вуглець (сажа), одержуваний під час піролізу, використовується як активний наповнювач у виробництві гумових сумішей і пластмас, в лакофарбовій промисловості. Рідка фракція продуктів піролізу гумових відходів також є високоякісним паливом, але може використовуватися й у складі гумової суміші, виконуючи роль пластифікатора.

Існуючі промислові установки для утилізації шин способом піролізу мають високу продуктивність (30–50 тис. т відходів на рік).

Під час спалювання автопокришок відбувається повне руйнування вихідних продуктів з виділенням значної кількості теплової енергії, тому що гумові відходи є висококалорійним продуктом. За енергетичним потенціалом автошина прирівнюється до високоякісного вугілля: її теплотворна здатність становить 30 МДж/кг.

В Японії з метою отримання теплової енергії спалюють 200 тис. т шин щорічно.

У Великобританії для спалювання покришок використовується вертикальна циклонна піч з внутрішнім діаметром 1,8 м, що відрізняється безперервною подачею шин в нерухому піч, високою температурою спалювання 1900–2100°C, а також грануляцією рідкого залишку. Продуктивність такої печі не менше 1 т/год, час перебування шини в печі – 2–5 хв, номінальна паропроодуктивність котла-утилізатора – 13,6 тис. т/рік.

Автошини використовуються як альтернативне паливо в цементних печах. Розроблено автоматизовані системи завантаження в піч зношених покришок без подрібнення. Процес здійснюється за допомогою роликового конвеєра із застосуванням вагового дозатора, що визначає масу кожної покришки, що необхідно для правильного дозування повітря й основного палива, що здійснюється автоматично за допомогою ЕОМ. Використання автошин в кількості до 25 % від маси основного палива дозволяє організувати процес горіння практично без виділення чадного газу і забезпечити повне згорання шин. Металокорд що міститься в покришках оплавляється, окиснюється і переходить у вигляді оксидів в клінкер (напівфабрикат цементу), що покращує властивості кінцевого продукту.

Таким чином, існуючі способи відновлення і вулканізації зношених автомобільних шин і гумо-технічних виробів надають переробникам широкий спектр можливостей як для отримання високоякісних відновлених виробів, так і для виробництва цінних вторинних матеріальних і енергетичних ресурсів, що користуються попитом на ринку.

3.5. Технології утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів

На сьогодні світовий обсяг виробництва мастильних матеріалів (ММ) складає:

- оливи – біля 38,5 млн т/рік;
- мастила – понад 1,0 млн т/рік;
- мастильно-охолоджуючі технологічні засоби (МОТЗ) – біля 1,5 млн т/рік.

Незначна частина ММ (10–20%), що використовується під час експлуатації техніки, безповоротно втрачається на чад, випаровування, віднесення, протоки та витoki. Основна їх частина (80–90%) в умовах експлуатації зазнає істотних змін складу та властивостей: від простого забруднення зовнішніми домішками й внутрішніми продуктами зносу до глибоких хімічних перетворень.

Утилізація відпрацьованих олив є важливим науково-практичним завданням, тому що вони є техногенними відходами, що вкрай негативно впливають на усі об'єкти навколишнього середовища – атмосферу, ґрунти і води. Тільки забруднення вод відпрацьованими нафтовими оливами становить 20% від загального техногенного забруднення, або 60% від забруднення нафтопродуктами.

Захоронення й знищення відпрацьованих олив (в основному через спалювання) породжують часом ще більш складні екологічні проблеми ніж самі відпрацьовані оливи, та являють собою істотну загрозу для біосфери. Екологічно безпечна утилізація відпрацьованих олив передбачає їх використання для одержання товарних продуктів всіякого призначення: пластичних мастил, МОТЗ, консерваційних мастильних матеріалів тощо. Основне місце у вирішенні проблеми займають відпрацьовані нафтові оливи, ресурси яких оцінюють приблизно у 50% від споживання свіжих продуктів, при ньому відпрацьовані нафтові оливи становлять ~ 30% усіх нафтових відходів. Одночасно і з цим розвивається й техніка очищення та регенерації відпрацьованих синтетичних і рослинних олив. Утилізація відпрацьованих

пластичних мастил ускладнена через низку факторів і поки ще реалізована тільки на залізничному транспорті для натрієвих і натрієво-кальцієвих мастил.

Окрім зменшення кількості шкідливих викидів у довкілля, регенерація та повторне використання олив дозволить отримувати додатковий прибуток. За умов правильної організації процесу вартість відновлених олив буде на 40–70 % нижче за вартість свіжих олив за практично однакової їх якості. В індустріально розвинених країнах частка регенованих олив від загального обсягу їх виробництва складає близько 30%.

Найважливішою проблемою є збір відпрацьованих олив. Зібрані відпрацьовані оливи підрозділяють на групи: відпрацьовані моторні оливи, відпрацьовані індустріальні оливи і суміші відпрацьованих нафтопродуктів (СВН). Відпрацьовані моторні та індустріальні оливи використовують як сировину для регенерації та очищення, СВН переробляють на НПЗ у суміші із сировою нафтою. Можливість збирання моторних й індустріальних олив становить до 20–40%, трансформаторних – 80–90% від обсягу відпрацьованих продуктів. Світовий збір СВН становить ~ 15 млн т/рік, при цьому переважна їх кількість (70–90%) спалюється як компонент палив. Дотепер у більшості країн відсутній централізований збір СВН. У Європі збір СВН найбільш високий: ~56–58% (до 1,6 млн т/рік), і використання їх як палива – 60% відн.

Для утилізації СВН застосовують різноманітні методи (рисунки 3.29-3.30).

На сьогодні СВН піддають:

1) вторинній переробці у вигляді сумішей, в основному нафтових олив, іноді з незначними домішками синтетичних олив і МОТЗ з одержанням базових компонентів;

2) роздільній регенерації за марками з одержанням олив відповідного призначення. У цьому випадку здійснюють видалення продуктів старіння й забруднень без руйнування й відділення присадок, що бракує, кількість яких додають на заключній стадії готування товарних олив;

3) переробленню сумішей відпрацьованих олив або очищенню окремих відпрацьованих продуктів з метою одержання пічного палива;

4) використанню як низькоякісного палива або компонентів інших нафтових палив.

Серед сучасних способів відновлення якості та регенерації відпрацьованих ММ переважають фізичні методи – відстій, центрифугування, фільтрація, вакуумне сушіння. Можливе використання й більш складних фізико-хімічних методів (у випадку сильно забруднених або глибоко окиснених олив).

Вторинне перероблення. У найбільших обсягах здійснюється перероблення СВН, що збирають централізовано на промислових підприємствах. Основними труднощами тут є організація збору сировини. У світі загальна частка базових олив, одержуваних вторинною переробкою СВН, не перевищує 5 % від споживання свіжих.

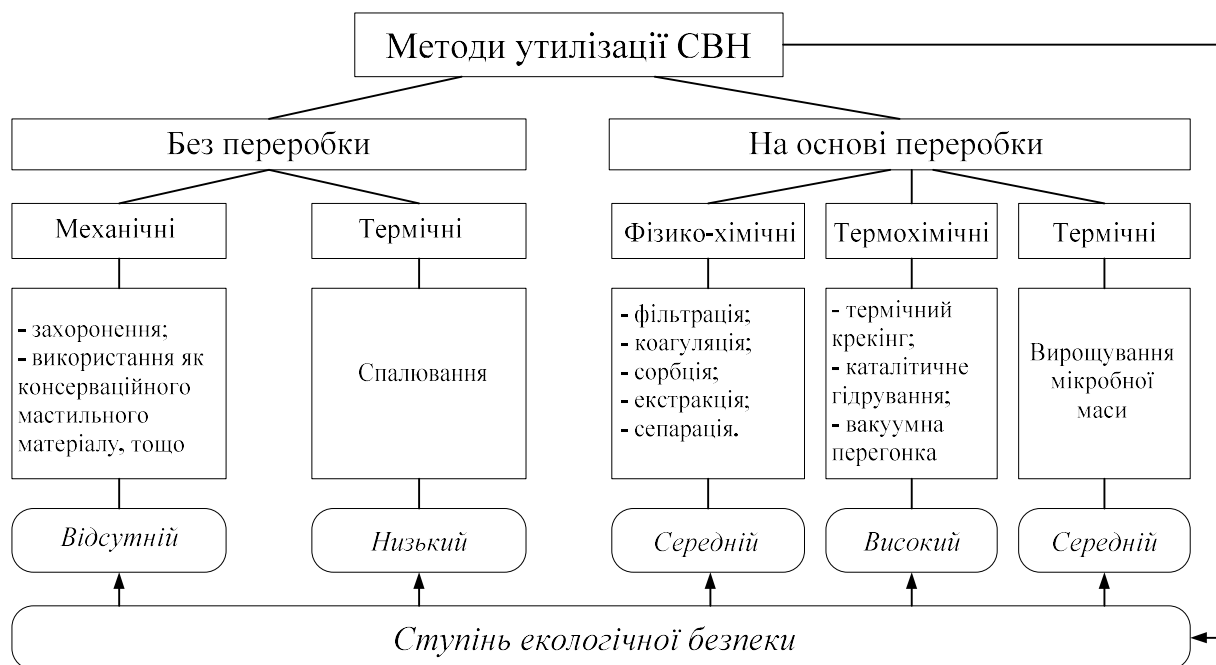


Рисунок 3.29 – Узагальнена структура методів утилізації СВН

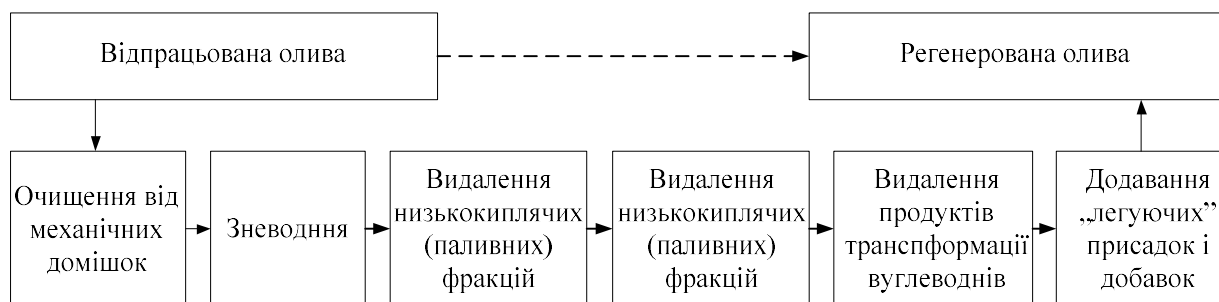


Рисунок 3.30 – Стадії процесу регенерації олив

Значну частину СВН становлять моторні оливи, що містять в основному парафінові, нафтові й ароматичні вуглеводні, присадки, продукти старіння й метали.

На сьогодні основна маса зібраних відпрацьованих ММ спалюється або зливається на ґрунт. Лише невелика частина піддається переробці, в основному для рециклінгу в виробництво свіжих продуктів.

Серед різноманітних промислових процесів вторинної переробки переважають наступні методи очищення: адсорбційне, екстракційне, гідроочищення, тонкоплівкове випаровування, ультрафільтрація.

Найважливіше місце за обсягом сировини, що переробляється займають *процеси із застосуванням сірчаної кислоти*, серед яких до недавнього часу основними були:

- кислотно-контактне очищення;
- кислотно-контактне очищення, поєднане з атмосфернавакуумною перегонкою;
- процес Французького інституту нафти (IFP);
- процеси зі стадією термічної обробки сировини;
- процес фірми Meinken (Німеччина).

Намітилася тенденція до зростання значення технологій з використанням *термічного крекінгу*, що є більш гнучким по відношенню до переробки різноманітної вуглеводневої сировини.

Для *екстракційного очищення* в основному використовують пропан, головним недоліком якого є низька температура кипіння, що вимагає високого робочого тиску і спеціального обладнання (насоси, змішувачі). Пропан досить небезпечний під час роботи та зберігання; при цьому виробничі втрати, особливо в жаркому кліматі, є досить високими.

Процеси, що займали раніше друге місце за обсягом промислового застосування з використанням *адсорбційного очищення* (контактним або перколяційні методом) як основної стадії, відходять на другий план через

утворення великої кількості відпрацьованих сорбентів. Недоліки таких процесів полягають у відсутності контролю в'язкості і меж кипіння одержуваного продукту і значних втратах оливи з сорбентом. Певні труднощі виникають і з огляду на необхідність утилізації великої кількості відпрацьованого сорбенту.

Гідрогенізаційні процеси набувають все більшого поширення в галузі вторинної переробки відпрацьованих ММ і в теперішній час стають звичайною стадією потокової схеми. Це пов'язано як з широкими можливостями отримання високоякісних оливи, збільшенням їх виходу, так і з більшою екологічною чистотою процесу в порівнянні з усіма вищенаведеними. Гідроочищення поєднують зазвичай з вакуумною перегонкою.

У низці випадків гідрогенізаційні процеси застосовують для доочищення цільових продуктів переробки. Гідроочищення поєднують також з екстракцією пропаном.

Вельми перспективним процесом вторинної переробки моторних оливи вважається **тонкоплівкове випаровування (ТПВ)**. Сировину, після видалення води й легких паливних фракцій випаровують в тонкоплівковому випарнику за умов глибокого вакууму (0,133–0,266 кПа), за температури 350°C. частина, що не випарувалася, містить тверді забруднення, смолисті речовини, метали й видаляється з низу випарника (може бути використана у виробництві асфальту). Оливні фракції обробляють фуллеровою землею або піддають гідроочищенню. Найважливішим недоліком процесу ТПВ є необхідність підтримування вакууму та високої температури, що вимагає використання спеціального теплоносія. Обертові елементи випарника часто виходять з ладу і їх необхідно часто міняти.

Перероблення СВН і використання їх як палива одержали найбільшого поширення. За енергетичними характеристиками відпрацьовані оливи близькі до нафтових палив. Нижче наведені значення теплоти згорання (нижчої) низки продуктів, МДж/кг:

- мазути флотські й топкові – 40–42;
- відпрацьовані нафтові оливи (моторні) – 45;

- відпрацьовані синтетичні оливи на основі складних ефірів – 39;
- те ж, на основі поліалкеленгліколя – 23–26.

Використання відпрацьованих нафтових олив як палива можливе за кількома напрямками:

- у вигляді низькоякісного палива;
- в суміші з іншими нафтовими паливами;
- перероблення з отриманням високоякісного палива.

Під час спалювання відпрацьованих ММ, або їх сумішей зі свіжими, неминуче виникають проблеми забруднення навколишнього середовища. Значне забруднення атмосфери відбувається під час спалювання відпрацьованих ММ з метою їх знищення, а також під час утилізації як котельно-пічного палива, що призводить до викидів SO_2 , органічних сполук хлору і важких металів. Усе це вимагає вирішення питань охорони навколишнього середовища.

Значна кількість відпрацьованих ММ та інших вуглеводневих відходів спалюються як низькоякісне паливо. Такий варіант передбачає або використання відпрацьованих ММ як таких, або їх очищення із застосуванням деяких фізичних процесів – відстоювання, фільтрації та центрифугування.

Легкі паливні фракції, що відганяються, отримані також під час вторинної переробки, можуть містити домішки, екологічно небезпечні та спричиняючі корозію обладнання речовини. Тому в низці випадків такі продукти воліють знищувати, а не використовувати як технологічне паливо.

Фізичні методи, що використовуються для попереднього очищення відпрацьованих ММ, непридатні для отримання екологічно безпечних палив, особливо у питанні подальших викидів твердих частинок, галогенів і металів типу свинцю та міді (присутність твердих частинок в оливах є наслідком зносу змащованого обладнання). Наслідком використання більш ефективних методів для видалення цих потенційних забруднювачів навколишнього середовища є більш висока вартість підготовки олив, що робить такі продукти неконкурентоспроможними в порівнянні з кондиційними. Однак проблема утилізації відпрацьованих ММ повинна вирішуватися, а їх використання як джерела енергії є

досить перспективним за дотримання природоохоронного законодавства. Необхідно тільки мати на увазі, що використання такого палива для опалення житлових приміщень є небажаним. Для промислових цілей (наприклад, спалювання в цементних печах) можливо змішування з іншими видами палив.

Відпрацьовані ММ застосовуються не за прямим призначенням, якщо вони не піддаються регенерації й переробці. Відпрацьовані ММ можуть використовуватися для змащення грубих вузлів тертя, наприклад залізобетонних прес-форм; як реагенти під час флотаційної обробки руди на збагачувальних фабриках; для запобігання змерзання й прилипання сипучих вантажів до стінок вагонів за низьких температур. Недолік такого використання відпрацьованих ММ – можливість забруднення навколишнього середовища екологічно небезпечними продуктами. Очищені відпрацьовані ММ або базові оливи вторинної переробки можуть застосовуватися у виробництві пластичних мастил як компонент дисперсійного середовища.

Очищення й регенерація синтетичних олив у зв'язку з їх високою вартістю має особливо важливе значення. Крім того, низка синтетичних олив (поліхлордифеніли, складні ефіри фосфорної кислоти) становлять значну небезпеку для людини й навколишнього середовища. Частина відпрацьованих синтетичних олив неминуче попадає в СВН під час збору для вторинної переробки й може негативно впливати на ефективність використовуваних процесів. Оскільки напівсинтетичні (частково синтетичні) і синтетичні базові оливи не розкладаються під час використання, в процесах вторинної переробки доцільно їх виділення як цінних сировинних компонентів.

Способи регенерації відпрацьованих синтетичних олив вибирають залежно від їх хімічного складу, і, як правило, вони аналогічні тим, що використовуються під час регенерації нафтових олив: фільтрація, вакуумна перегонка, сірчано-кислотне, селективне, гідроочищення та ін..

Найбільш доцільним і вигідним способом утилізації відпрацьованих синтетичних олив є регенерація, оскільки змішування олив різного походження в більшості випадків недоцільно. Хімічний склад кондиційних і відпрацьованих

синтетичних олив істотно впливає і на методи їх регенерації. За кордоном основним процесом як для нафтових, так і для синтетичних олив досі залишається сірчано-кислотне очищення. Слід зазначити, що зростання обсягів регенерації олив на базі синтетичних складних ефірів призводить до істотного збільшення кількості кислого гудрону, оскільки сірчана кислота в значній мірі розкладає ці сполуки.

З огляду на викладені проблеми подальшого розвитку вторинної переробки відпрацьованих моторних олив, висуваються наступні вимоги до технології:

- кількісне збереження і виділення високоякісних напівсинтетичних і синтетичних базових компонентів;
- збереження високого рівня низькотемпературних властивостей;
- кількісне видалення або розкладання ПА;
- повна відсутність токсичності кінцевого продукту.

Різноманітні процеси металообробки передбачають використання різноманітних асортиментів рідких МОТЗ (понад 100 найменувань), їх частка від загального обсягу споживання мастильних матеріалів порівняно невелика (3–8%). Останнім часом збільшується обсяг використання водних МОТЗ. Водозмішувані концентрати мастильного матеріалу перед використанням розводять водою – вміст концентрату у кінцевому продукті становить у середньому 3%. Це істотно збільшує реальну частку водних МОТЗ серед інших мастильних матеріалів – до 50% відн., що може сприяти забрудненню навколишнього середовища.

Для очищення й регенерації МОТЗ використовують складні схеми із застосуванням гравітаційних баків-відстійників, магнітних сепараторів і коагуляторів, гідроциклонів, різних конструкцій фільтрів, флотаторів і піновідділювачів, коагулянтів і реагентів для осадження домішок із наступним введенням необхідних домішок.

До екологічно безпечних мастильних матеріалів на тепер відносять складні ефіри на базі синтетичної або рослинної сировини, рафіновані рослинні оливи й продукти їх переестерифікації. Під час знешкодження таких СВН потрібно дотримуватися певних правил: спалювати відпрацьовані рослинні оливи на спеціальних заводах по знищенню відходів, скидання в каналізацію або у відкриті

водойми здійснювати за розведення відповідно 1:2000 й 1:20000. Технологія вторинної переробки СВН може включати вакуумну перегонку відпрацьованих олив (дозволяє одержувати оливу попереднього рівня якості – базову або сировину для виробництва технічних продуктів), лужну нейтралізацію, промивання нейтралізованої оливи водою й адсорбційним очищенням. Необхідний окремий збір біорозщеплювальних рідин, щоб зберегти високий рівень їх експлуатаційних властивостей.

Відпрацьовані ріпакову та інші рослинні оливи можна використати як паливо, у тому числі у суміші з відпрацьованими нафтовими оливами. Можлива конверсія (переестерифікація) у складні метилові естери, що використовуються як дизельне паливо («біодизель»).

Завдання для самостійної роботи:

1. Які основні напрями екологізації виробництва вам відомі?
2. Які основні підходи до екологізації промислового підприємства вам відомі?
3. Як ви розумієте поняття «екологічність природокористування»?
4. Наведіть визначення поняття «безвідходне виробництво».
5. Наведіть основні варіанти досягнення безвідходного виробництва.
6. Охарактеризуйте поняття «екологоорієнтована (зелена) логістика».
7. Сформулюйте основні принципи реверсивної логістики.
8. Сформулюйте визначення терміну «екологістика».
9. Наведіть основні принципи екологоорієнтованого логістичного управління.
10. Перелічіть основні технологічні операції, що включає в себе процес утилізації автомобілів.
11. Наведіть основні етапи процесу утилізації транспортних засобів у провідних країнах світу.
12. Охарактеризуйте внесок автомобільного транспорту у загальний обсяг викидів відпрацьованих газів.
13. Які вам відомі методи управління природоохоронною діяльністю на автотранспорті?
14. Охарактеризуйте основні напрями негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.
15. Які вимоги до викидів двигунів внутрішнього згорання встановлюють стандарти «EURO»?
16. Опишіть типовий процес розбирання автомобілів у процесі їх утилізації.
17. Які технології застосовують для очищення агрегатів і деталей автомобілів під час їх утилізації?
18. Які ви знаєте технології виявлення пошкоджень деталей автомобілів, що вийшли з експлуатації?
19. Опишіть процес пресування металобрухту та пристрої, що використовуються для цього.
20. Опишіть процес дроблення металобрухту та пристрої, що використовуються для цього.

21. Які ви знаєте способи видової сепарації відходів металів?
23. Які ви знаєте способи поводження з відходами пластикових виробів транспортних засобів?
24. Які вам відомі способи утилізації відходів ПВХ матеріалів?
25. Які вам відомі способи утилізації відходів ППУ матеріалів?
26. Які вам відомі способи переробки деталей з реактопластів?
27. Які технології застосовують для утилізації та рециклінгу амортизованих шин і гумо-технічних виробів?
28. Що таке регенерат? Які є способи його отримання та використання?
29. Охарактеризуйте відомі вам хімічні способи переробки зношених шин, зокрема піроліз.
30. Які вам відомі технології переробки та регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів?

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГІСТИКА ЯК МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Діяльність у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища справляє значний вплив на результати функціонування логістичної системи та має бути оцінена, виходячи з таких положень: екологічні показники якості техніки, технологій та управління визначають екологічність продукції; низькі екологічні показники якості продукції можуть спричинити зростання кількості повернень товару, позовів про відшкодування збитків, тобто впливають на рівень задоволення споживачів; урахування витрат природоохоронної підсистеми та комплексного еколого-економічного збитку виробничої логістичної системи у складі загальних логістичних витрат забезпечує еколого-економічну оптимізацію потокових процесів; забруднення довкілля спричиняє позапланові простої внаслідок захворювання працівників та виведення з ладу технологічного обладнання, тим самим впливаючи на тривалість логістичного циклу; ефективне використання виробничих ресурсів під час здійснення природоохоронної діяльності, а також природних ресурсів як «входу» системи визначає загальну продуктивність логістичної системи; інвестиції у природоохоронну діяльність пов'язані з відволіканням фінансових ресурсів, а отже, повинні здійснюватись, виходячи з оцінки ефективності вкладення коштів в окремі природоохоронні проєкти.

4.1. Енергоефективність – ключовий інструмент сталого розвитку

У сучасному світі, переважна більшість видів діяльності всіх соціальних та економічних суб'єктів (населення, бізнес, державний сектор) потребують енергії. Згідно з прогнозом Міжнародного Енергетичного Агентства до 2040 року споживання енергії збільшиться ще на 30% через суттєве підвищення

енергопотреби в країнах, що розвиваються. При цьому передовим центром впровадження енергоефективності залишатиметься Європейський Союз. Постачання енергії в першу чергу відбувається через невідновлювані джерела енергії, більшість яких сконцентровані в декількох географічних зонах. Це робить глобальну енергетичну систему вразливою до короткострокових шоків (наприклад, конфлікти в країнах постачальниках енергоресурсів), але навіть ще більше в довгостроковій перспективі через можливий дисбаланс попиту та пропозиції. Тому Міжнародне Енергетичне Агентство вважає, що енергоефективність – «критично важливий інструмент для зменшення тиску на систему постачання енергоресурсів».

Крім того, очевидні негативні екологічні наслідки від збільшення споживання енергії. На думку багатьох експертів енергоефективність є не тільки одним з найефективніших, але й одним з найдешевших засобів зменшення викидів парникових газів, а отже збереження довкілля, підвищення здоров'я та якості життя людей. Більш ощадливе енергоспоживання напряду або опосередковано сприятиме досягненню більшості цілей сталого розвитку ООН до 2030 року, зобов'язання щодо досягнення яких в тому числі взяла і Україна (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Цілі сталого розвитку ООН до 2030

Підвищення енергоефективності є необхідним елементом для зростання енергонезалежності країни та скорочення енергоємності економіки. Наразі, показник енергоємності ВВП за паритетом купівельної спроможності в Україні втричі вище ніж у більшості країн Європи.

Українська енергетична система характеризується високою енергетичною залежністю від імпорту енергоресурсів – третина первинної енергії імпортується. 44% енергії втрачається під час перетворення та транспортуванні до фінального споживача (в той час як в ЄС середній показник становить 32%) – з 92 млн тне постачання первинної енергії, кінцеве споживання становить 52 млн тне. Найбільшим споживачем енергії є побутовий сектор та промисловість – 17,6 млн тне (або ~35%) та 15,0 млн тне (або ~29%) відповідно. Ключові джерела постачання первинної енергії – вугілля (~33%), природний газ (28%) та атомна енергія (23%).

Масштабне впровадження енергоефективності вимагає не тільки наявності технологічної, організаційної та фінансової складових для реалізації проєктів, але й збалансованої та прозорої системи відносин між ключовими суб'єктами енергетичного ринку. Отже критично важливими є забезпечення комерційного обліку, достатнього рівня платіжної дисципліни, наявності сучасних систем енергоменеджменту, професійного ринку енергоаудиторів та комунікаційних кампаній з популяризації енергоефективності. До того ж, реформа енергоефективності має узгоджуватись з іншими пов'язаними реформами (рисунок 4.2-4.3).

Для досягнення максимального ефекту системи енергоефективності (будівлі, транспорт, промисловість та постачання енергії) повинні створюватися передумови для ефективних відносин в галузі, здійснюватися розробка та прийняття законодавства, створюватися інструменти та механізми підтримки.

Законодавча основа, що забезпечує ефективне функціонування енергоринків, наприклад в ЄС, встановлена Директивами, що є обов'язковими до імплементації всіма країнами-членами ЄС.



Рисунок 4.2 – Взаємозв'язок між компонентами системи енергоефективності



Рисунок 4.3 – Ключові напрями енергоефективності та інструменти впровадження

Ключовим документом, що встановлює загальні цілі з енергетичної ефективності та інструменти їх досягнення є Директива 2012/27/ЄС. Вона вимагає більш ефективного використання енергії за всіма напрямками постачання, транспортування та споживання енергії. Директива також встановлює обов'язкові заходи, спрямовані на досягнення поставлених цілей зі зменшення споживання енергії, дозволяючи при цьому певну гнучкість та адаптацію до національних реалій країн-членів ЄС. Статті Директиви діють у взаємозв'язку одна з іншою для досягнення єдиної мети з енергоефективності (рисунок 4.4-4.5).

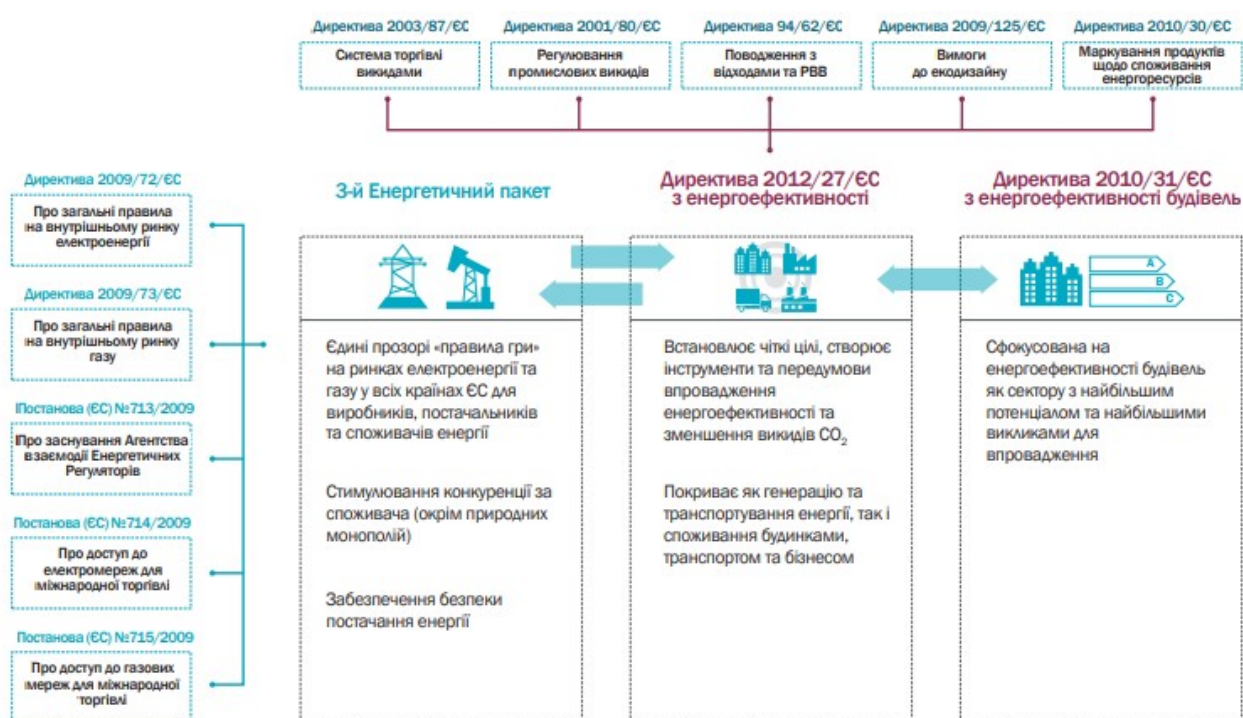


Рисунок 4.4 – Комплексний підхід до регулювання енергоринків в ЄС

Енергозбереження та енергоефективність (ефективність енергоспоживання) для України повинні розглядатись як найважливіший додатковий енергоресурс, не менш вагомий, ніж нафта і газ. Розвинені країни уже давно визнали енергоефективність глобальним енергоресурсом. Енергозбереження – це також найбільш оптимальний спосіб зниження техногенного впливу на довкілля.



Рисунок 4.5 – Структура та ключові статті Директиви 2012/27/ЄС

У соціально прийнятній, застрахованій від криз і екологічно ощадній енергетичній політиці повинні враховуватись, як мінімум, 4 основних принципи:

1) у першу чергу повинен використовуватися пріоритетний потенціальний екологічно ощадний енергоресурс – економія енергії (енергоефективність);

2) для енергопостачання повинні залучатися технології, що оптимально використовують теплоту спалювання палива і теплоту енергоносіїв;

3) слід в декілька разів збільшувати темпи використання нетрадиційних відновлюваних енергоресурсів;

4) енергогенеруючі установки повинні оснащуватися економічно прийнятними на сучасному технологічному рівні пристроями для уловлювання та нейтралізації шкідливих викидів.

4.2. Парадигма та концепція реверсивної логістики (логістики ресурсозбереження)

На сьогодні логістика як практична наука зайняла важливе місце в сучасній економіці й промисловості. Останнім часом все частіше дискутуються

питання логістики як «управління цілями поставок від моменту закупівлі до передачі товару кінцевому споживачеві», і основним об'єктом впливу в цьому процесі стає мінімізація суми витрат підприємства.

Сучасне виробництво вимагає залучення у господарський оборот величезних обсягів матеріальних, енергетичних і природних ресурсів. Щоб задовольнити потребу однієї людини у всьому необхідному, за рік добувають близько 20 т (за деякими даними до 45 т) різної сировини. При цьому в готову продукцію переходить 1–2 % (за більш оптимістичними оцінками, до 6 %) використаної сировини. Усе інше перетворюється у відходи, що утворюються на всіх проміжних стадіях виробництва. У відходи в результаті перетворюється і сам продукт, тому можна сказати, що в процесах виробництва та споживання не випускається нічого, окрім відходів. Точних даних про кількість відходів немає ні в світі, ні в жодній країні, однак наявні розрахункові показники свідчать про те, що маса відходів щорічно зростає й досягає вже критичної величини. За прогнозами, що містяться в документах Конференції ООН з НС та розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), якщо темпи приросту обсягів твердих відходів зберігатимуться й надалі, то до 2025 р. їх сумарний обсяг збільшиться в 4–5 рази.

Виробництво як визначальна складова господарської діяльності суспільства реалізується через вплив людини на природне середовище з метою створення матеріальних і духовних благ, що необхідні для її гармонійного існування та розвитку. Під час виробничої діяльності частина речовини, енергії та інформації витрачається на створення цільового продукту, а інша, у вигляді відходів, потрапляє у НС. Внаслідок виробничо-господарської діяльності, а також процесів споживання різноманітної продукції утворюється антропогенний кругообіг потоків речовини, енергії та інформації, що за своїм складом, швидкістю проходження процесів та впорядкованістю є відмінним від біологічного та геологічного, властивих природним екосистемам. Незамкненість антропогенного речовинно-енергетичного циклу є причиною виникнення галузевих і регіональних еколого-економічних проблем, найбільш

гострою з яких є проблема утворення, накопичення та використання відходів виробництва та споживання. Розв'язання цих проблем пов'язано з процесами розвитку «зеленої» економіки, що, звісно, обумовлює необхідність розгляду сутнісно-змістовної основи та вихідних принципів екологізації виробництва. Екологізація виробництва формує матеріально-технічну та організаційно-управлінську основи екологічно збалансованого, сталого соціально-економічного розвитку суб'єктів господарювання різного ієрархічного рівня (перш за все підприємств), національних господарських комплексів, а також регіонів (територій). Під екологізацією виробництва розуміється також сукупність усіх видів господарської діяльності, що забезпечують зниження негативної дії виробництва та запобігання порушенню екологічної рівноваги в природному середовищі. Екологізація виробництва може здійснюватися за наступними напрямками:

- природозберігаюча раціоналізація господарської діяльності, спрямована на вдосконалення матеріального виробництва й невиробничої сфери;
- природоохоронна діяльність і екологічна орієнтація розміщення виробництва.

У свою чергу, згідно методологічного підходу, екологізація в загальному вигляді розуміється як об'єктивно обумовлений процес перетворення усієї суспільної праці, спрямований на збереження й розвиток суспільно-економічних функцій природи.

При цьому, на рівні промислового підприємства екологізація виробництва припускає:

- 1) екологізацію продукції, тобто розроблення таких її видів, під час використання яких наноситься мінімальний збиток довкіллю;
- 2) екологізацію технології виробництва продукції, розробку безвідходних і маловідходних технологій, ефективного очисного устаткування, засобів автоматизації, вимірів і контролю;
- 3) розроблення варіантів отримання нової корисної продукції з побічних відходів галузі.

Екологізація виробництва розглядається також і з точки зору вирішення еколого-економічних протиріч взаємодії суспільства і природи. Одним з напрямів вирішення цих протиріч є кардинальне перетворення існуючого технологічного способу виробництва через його екологізацію. Потрібний такий спосіб організації і розвитку виробничих процесів, коли за мінімальних витрат живої та матеріалізованої праці й мінімальному збитку, що заподіюється природним зв'язкам, суспільство досягає максимального виходу високоякісної продукції та забезпечує максимальне збереження довкілля, екологічну рівновагу.

Останнім часом, у промислово-розвинених країн світу, у відповідності до діючих у них систем природокористування, технологічних процесів та сучасних вимог у сфері охорони довкілля все ширше зустрічається поняття «Екологічність природокористування». Під екологічністю природокористування розуміють виробничі стосунки, що складаються під час взаємодії виробництва з довкіллям, що спрямовані на підвищення рівня екологічного ефекту на одиницю вироблюваної споживної вартості.

Екологізація виробництва включає такі основні моменти:

- раціоналізацію природокористування на інтенсивній основі узгодженням економічних, організаційно-технологічних, соціальних і екологічних інтересів господарюючих суб'єктів;
- вирішення існуючих і виникаючих протиріч з позиції стратегічних потреб майбутніх поколінь;
- максимально можливе забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності населення і природних екосистем;
- істотне зниження впливу дестабілізуючих чинників на стан довкілля інноваційно-технологічною перебудовою виробництва та споживання товарів і послуг;
- припускає створення високоефективного господарського (економічного) механізму природокористування для оптимального вирішення проблем

екологічно сталого соціально-економічного розвитку сьогодні й в досяжному майбутньому.

Крім того, екологізація суспільного виробництва передбачає, зокрема:

- якісніше і кількісне використання інституціональних, фінансово-економічних, соціальних і правових принципів і інструментів раціоналізації природокористування ринкової орієнтації (екологічний аудит, екологізацію системи оподаткування, екологічне страхування, «зелена» логістика та ін.);

- поглиблення еколого-економічних досліджень в системах «суспільство – природа», «економіка – екологія», «видобуток сировини – виробництво – споживання – утилізація» (наприклад, вимір повних витрат у сфері природокористування, оцінку економічного збитку від екодеструктивного рівня виробництва та ін.);

- екологічну орієнтацію участі громадськості в рішенні екологічних проблем.

Екологізація суспільного виробництва також повинна мати кількісну та якісну визначеність, виражатися цілісною системою натуральних і вартісних (еколого-економічних) показників. При цьому, екологічність виробництва, природокористування розглядається як характеристика процесу екологізації господарської діяльності:

- екологічний ефект на одиницю вироблюваної споживної вартості;
- рівень екологічної безпеки виробництва;
- інтегральне екологічне навантаження на природо-ресурсний потенціал та ін.

Екологізація виробництва формує основи екологічно сталого, екобезпечного соціально-економічного розвитку природо-господарських комплексів, а також регіонів (територій).

Так, згідно досліджень Ради з вивчення продуктивних сил України Національної академії наук України (РВПС України НАН України) сталий розвиток – це процес гармонізації продуктивних сил, забезпечення гарантованого задоволення необхідних потреб усіх членів суспільства за умови збереження і поетапного відновлення цілісності природного довкілля,

створення можливостей для рівноваги між її потенціалом і вимогами людей усіх поколінь.

У практичній діяльності реалізація принципів сталого, екологічно-збалансованого природокористування, біосферо-сумісності виробничих процесів, а також вирішення завдань оптимізації ресурсно-матеріального циклу «виробництво – споживання – утилізація» пов'язуються з організацією безвідходного виробництва. У сучасному розумінні безвідходне виробництво означає розроблення та реалізацію комплексу заходів, які забезпечують мінімальні втрати природних ресурсів за максимальної економічної ефективності, тобто таку організацію виробничих процесів, за якої обсяги забруднювальних речовин, що надходять у НС, відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам і нормативам екологічної безпеки. Досягнення цілей безвідходного виробництва забезпечується через:

- організацію оборотних систем водоспоживання; організації принципово нових виробничих процесів з виключенням або скороченням технологічних стадій, на яких утворюється основна кількість відходів;

- використання відходів виробництва та споживання як вторинних матеріальних ресурсів;

- розроблення та створення територіально-виробничих комплексів із замкненою структурою матеріальних потоків сировини та відходів між елементами комплексу.

Як свідчить світовий досвід, значні резерви підвищення еколого-економічної ефективності виробництва можуть бути мобілізовані використанням концептуально нових методів управління, що базуються на інтегральній парадигмі «зеленої» логістики. У зв'язку з цим важливого значення набуває розроблення теоретико-методологічних та науково-методичних засад еколого-орієнтованого логістичного управління виробництвом у різних галузях економіки.

Аналіз розвитку теорії логістики дозволив визначити напрями застосування логістичних інструментів для вирішення еколого-економічних проблем природокористування (рисунок 4.6).

Так, основні концептуальні положення логістики знаходять конструктивне відображення у механізмах екологічного регулювання природокористування, формуючи, тим самим, нову екологоорієнтовану («зелена») логістику.

Екологоорієнтована («зелена») логістика передбачає інтеграцію різних функцій господарювання, пов'язаних з ресурсними потоками для досягнення цілей екологічно збалансованого, сталого розвитку.

Логістика, через комплекс організаційно-економічних заходів, дозволяє забезпечити вирішення завдань ресурсозбереження, що зумовило формування відповідного наукового напрямку у промисловій логістиці – логістики ресурсозбереження (реверсивна логістика). Західними вченими Д. Ламбертом та Дж. Стоком одними з перших було запропоновано розглядати реверсивну логістику як функцію логістики у поверненні продукції, ресурсозбереженні, рециклінгу, заміні матеріалів, поводженні з відходами, їх відновленні та повторному використанні.



Рисунок 4.6 – Напрями розвитку логістики на еколого-економічних засадах

У сучасному розумінні реверсивна логістика являє собою процес планування, реалізації та контролю продуктивних і витратоефективних потоків сировини, незавершеного виробництва, готової продукції та пов'язаної з ними інформації від споживача до первинного джерела з метою відновлення цінності чи забезпечення відповідної утилізації.

Слід відмітити, що повернені ресурси можуть бути повторно продані у спеціальних торгових точках, повторно використані у виробництві, перероблені на іншу продукцію, захороненні тощо. Ефективна реалізація реверсивної логістики потребує розробки відповідних гнучких схем контролю, збору, транспортування зворотних ресурсів і відповідного інформаційного забезпечення. При цьому зазначимо, що реверсивна логістика є також невід'ємним елементом логістичного управління, що реалізується у формі гарантійного та постгарантійного обслуговування.

Ідеї концепції реверсивної логістики втілені також у дослідженнях українських і зарубіжних вчених, пов'язаних із управлінням відходами та рециклінгом вторинних матеріальних ресурсів. Значна кількість публікацій з даної тематики зумовила формування нового напрямку наукових досліджень у логістиці, що отримав назву «логістика відходів». Для позначення логістичної діяльності з управління відходами також вживаються терміни «логістика рециклінгу», «логістика утилізації та рециклювання», що за змістом не відрізняються від «логістики відходів».

Логістична система управління відходами охоплює всі стадії життєвого циклу (ЖЦ) відходів:

- їх виявлення, планування збору та використання;
- збирання та підготовку до використання чи реалізації;
- забезпечення корисного використання та контроль за їх використанням.

На рівні окремого суб'єкта господарювання (промислового підприємства) управління відходами може здійснюватись створенням відповідної підсистеми (підрозділу). Створення макрологістичних систем управління відходами дозволяє ефективно вирішити проблему накопичення відходів виробництва та

споживання, забезпечивши їх своєчасний збір, транспортування, переробку, повторне використання та екологічно безпечне розміщення у регіоні.

Дослідження змісту концепцій логістики ресурсозбереження, реверсивної логістики та логістики відходів дозволяє зробити висновок про їх певний «функціональний» характер, тобто такий, що охоплює певний еколого-економічний аспект у сфері природокористування та охорони НС, а саме: управління відходами, раціональне використання та рециклінг ресурсів тощо.

Отже, формування екологічно орієнтованого логістичного управління промисловим виробництвом слід розглядати як певну форму управління промисловими системами з урахуванням їх екологічних параметрів (орієнтирів). Під екологічно орієнтованим логістичним управлінням (зокрема, промисловим виробництвом) пропонуємо розуміти управлінську діяльність, що передбачає врахування екологічних чинників на всіх етапах просторово-часового планування, організації, контролю й регулювання руху матеріальних, інформаційних і фінансових потоків від джерела їх виникнення до кінцевого споживача на основі концепції логістики.

Сучасні тенденції інтеграції та глобалізації сприяють активному розвитку підприємств, однак, нерідко, прагнення досягти успіху за будь-яку ціну спричиняють шкідливий вплив на зовнішнє середовище. Одним із можливих варіантів посилення взаємозв'язку економічного зростання з покращенням екологічної ситуації є так зване «озеленення економіки». Упровадження «зеленої» концепції передбачає застосування «зелених технологій», до яких прийнято відносити інноваційні рішення у сфері відновлювальних джерел енергії, перероблення й вторинного використання матеріалів, контролю забруднення повітря, очищення стічної води, енергозбереження, захисту НС тощо.

Для того, щоб відповідати вимогам часу й розвитку технологій, сучасна логістика також дотримується такої важливої вимоги як «екологічність».

Аналіз зарубіжних і вітчизняних наукових джерел створили підґрунтя для виокремлення тлумачення «зеленої логістики», на які найчастіше спираються

науковці, що досліджують це питання, і дійти висновку щодо неоднозначності цих тлумачень.

Так, колумбійські вчені дають таку характеристику цьому поняттю: «Зелена логістика описує всі спроби виміряти й мінімізувати екологічні наслідки логістичної діяльності, використовуючи баланс між економічною та логістичною ефективністю та застосовуючи при цьому передові технології й оснащення».

Термін «зелена логістика», на думку П. Мерфі та його співавторів, «...виник на початку 90-х рр. XX ст. як новий метод в логістиці, що скеровує стандартні логістичні вимоги до раціональності, ефективності й швидкості обробки та руху товару, та враховує заходи щодо охорони НС».

Д. Роджерс та Р. Тіббен-Лембке трактують «зелену логістику» як «...сукупність дій, спрямованих на мінімізацію екологічних наслідків логістичної діяльності».

На офіційному сайті організації Green Logistics зазначається, що «в «зеленій логістиці» компанії приділяють більшу увагу зовнішнім витратам, що пов'язані зі зміною клімату, забрудненням повітря, води та ґрунту, прагнучи досягнути стійкого балансу між економікою, зовнішнім середовищем і суспільством».

Принципи «зеленої логістики» пропагує і Європейська логістична асоціація, що щорічно проводить європейський рейтинг логістичних проєктів. Наприклад, у 2012 р. стартував ініційований проєкт Green Freight Europe (Зелений фрахт Європи) для вантажоперевізників і логістичних компаній з метою розробки єдиних підходів до визначення факторів шкідливих викидів, порівняння екологічних параметрів різних транспортних операторів тощо.

Німецький дослідник Г. Куметштайнер визначає «зелену логістику» як «...цілісне перетворення логістичних стратегій, процесів і систем на підприємствах і в корпоративних мережах з метою створення екологічних і ресурсозаощадливих логістичних процесів, завдання яких полягає у зменшенні

шкідливого впливу на НС і зниженні використання ресурсів, що не відновлюються».

Дослідники Лі Яньбо та Лю Сунсянь «зелену логістику» визначають як «...новий напрям, що передбачає застосування прогресивних технологій логістики та сучасного обладнання з метою мінімізації забруднень та підвищення ефективності використання логістичних ресурсів».

Дж. Родрігу визначає «зелену» логістику як «екологічно прийнятну та ефективну транспортну систему розподілу». У межах цієї концепції логістична діяльність зводиться лише до транспортної системи розподілу, що повинна здійснюватися на екологічних принципах.

Існує також думка, що «зелена логістика» володіє значним потенціалом для здійснення екологічного контролю транспортних систем, процесів утилізації продукції, пакувальних матеріалів з метою мінімізації забруднень, а також для реалізації процесів енерго- і ресурсозбереження.

Заслуговують на увагу підходи до визначень цього поняття і вітчизняних учених. Так, І. Смирнов розглядає «зелену логістику» з позиції забезпечення екологічної безпеки окремої системи як для всього суспільства, так і для окремого споживача. А вчені М. Григорак, Ю. Варенко стверджують, що «зелена логістика»: «...це система заходів, що передбачає застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій логістики і сучасного обладнання у всіх ланках ланцюжка поставок з метою мінімізації негативного впливу на НС й підвищення загальної споживчої цінності продукції для споживачів».

Дослідниця Н. Чернописька трактує поняття «зелена логістика» таким чином: «...це управління екологічним, економічним і соціальним впливом логістичної системи, що передбачає дії у таких ключових напрямках, як: зменшення інтенсивності використання матеріалів, енергоінтенсивності, дисперсії токсичних субстанцій, збільшення рециклінгу ресурсів, максимізація використання відновлювальних джерел енергії, подовження терміну використання продукції, підвищення інтенсивності надання послуг». Думка Ю. Чортюк визначає «зелену логістику» як «підсистему управління потоками

продукції від постачальника до кінцевого споживача з мінімальним рівнем екодеструктивного впливу на довкілля». Метою «екологічної» логістики на думку цього автора, є «...мінімізація шкідливого впливу господарюючої діяльності на довкілля на всіх етапах руху матеріального і пов'язаних з ним потоків». Отже, логістика, що заснована на ресурсозберігаючих і екологічно безпечних процесах і технологіях, дістала назву «зелена логістика» («Green Logistics»). Польські вчені Z. Korzen і J. Kusztal запропонували екологічний напрям логістики називати екологістикою, що вказує на екологічну орієнтацію логістики, а також на таку її мету, як створення інтегрованої екологістичної системи. Тому екологістика є перспективним напрямом розвитку сучасного підприємства (рисунок 4.7).

Сучасний стан економіки в Україні свідчить, що екологічна та соціальна сфери діяльності підприємств не є вагомими чинниками прийняття стратегічних рішень в управлінні виробничими системами. За таких умов забезпечення сталого, «зеленого» розвитку вітчизняної економіки та становлення України як конкурентоспроможного учасника економічних відносин є вкрай проблематичними.

Натомість у Польщі проблемами екологістики займаються порівняно давно. Дослідження у цьому напрямі пов'язані з відомими прізвищами польських логістів Z. Korzen, A. Korzeniowski, M. Skrzypek, B. Rzeczynski, J. Witkowski, A. Baraniecka, B. Rodawski, A. Skowronska, також німецьким дослідником Н.-Ch. Pfohl та іншими.

Сучасний розвиток господарського механізму управління виробництвом в Україні повинен здійснюватися на інноваційних засадах із застосуванням ринково орієнтованих підходів до організації управлінської діяльності, визначальними рисами яких є інтегрований підхід до оцінки соціо-еколого-економічних результатів виробництва, а також забезпечення комплексної оптимізації ресурсопотоків у системі «формування ресурсів – виробництво – споживання – утилізація відходів», тобто принципів, методів та інструментів логістичного управління виробничими процесами.

Однак, одне іншому зовсім не заважає: зменшення шкідливих впливів на довкілля найчастіше й має на увазі економне використання усіх видів ресурсів – перш за все, енергії, палива й матеріалів. Екологічно орієнтована (або зелена) логістика має на меті, з одного боку, мінімізувати шкідливий вплив на довкілля логістичних процесів, а з іншого – скоротити або повністю виключити споживання невідновлюваних або частково відновлювальних енергоресурсів. При цьому під шкідливими впливами розуміється не тільки викиди ВГ. Це також шум та вібрація, що створюють автомобільні, залізничні та авіаційні ТЗ, відходи ПММ, що потрапляють в землю та воду, використана упаковка та браковані вироби, що потрібно утилізувати, і багато іншого – все, що призводить до несприятливих змін умов проживання на нашій Планеті.

Сучасна парадигма екологістики – новий науковий міждисциплінарний напрям в екології та економіці природокористування, спрямований на виявлення закономірностей раціонального екологічного управління рухом матеріальних, інформаційних і енергетичних потоків у системах природокористування.

Концепція екологістики розглядається як ефективний мотивований підхід до управління ресурсними потоками не тільки з метою зниження витрат, а й зменшення екодеструктивного впливу на компоненти природного середовища. Екологістика передбачає інтеграцію різних функцій господарювання, пов'язаних ресурсними потоками, для досягнення цілей сталого та екологічно безпечного розвитку.

Досягнення мети екологоорієнтованого логістичного управління зумовлює необхідність вивчення та аналізу основних принципів логістичного управління у взаємозв'язку з принципами раціонального природокористування та охорони НС (рисунок 4.8).

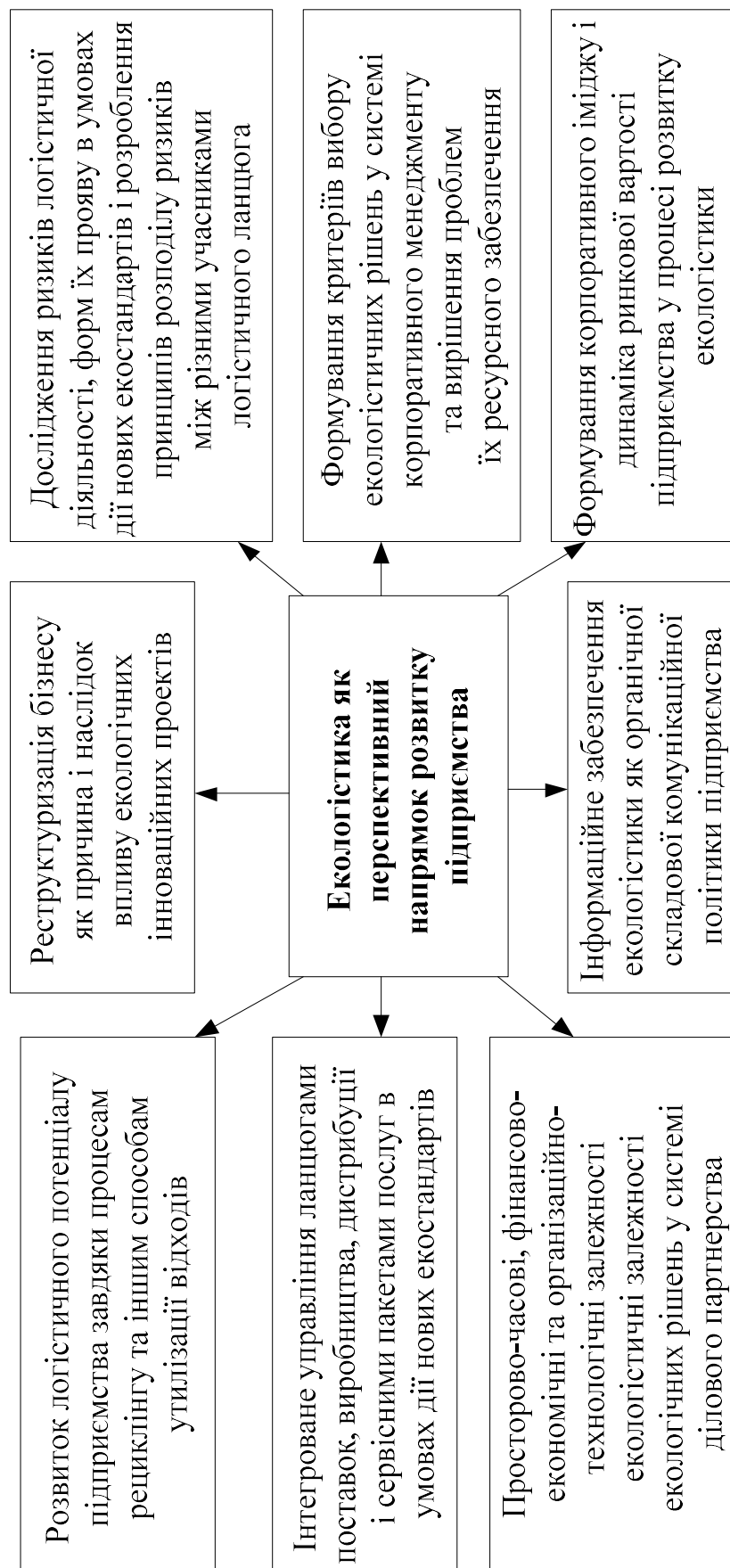


Рисунок 4.7 – Екологістика як перспективний напрям розвитку підприємства

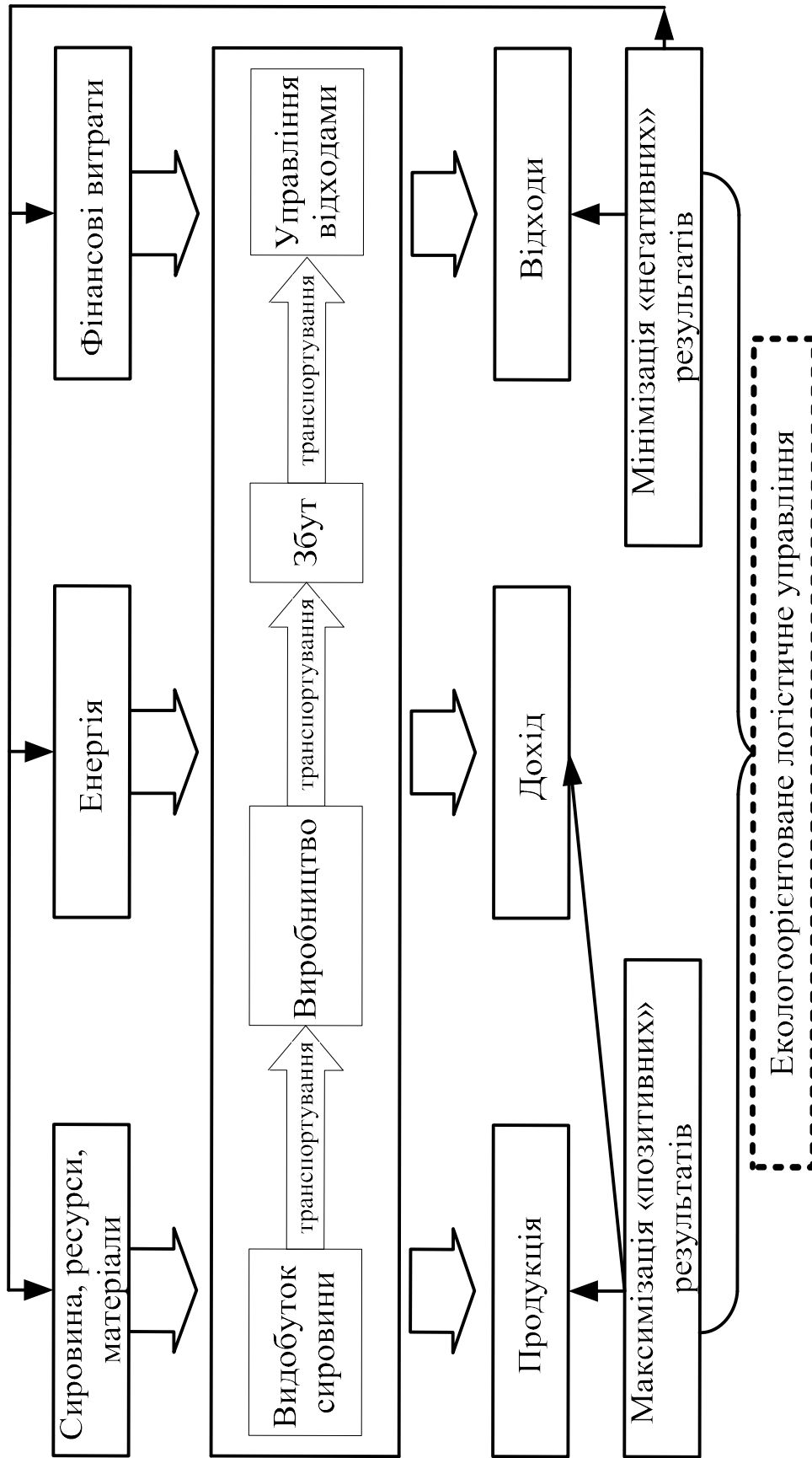


Рисунок. 4.8 – . Екологоорієнтоване логістичне управління

4.3. Екологістика в управлінні відходами енергетичного сектору

Високий попит на енергетичні ресурси, надмірна експлуатація виробничої та логістичної інфраструктури, використання переважно невідновлюваних джерел енергії негативно впливають на довкілля. Як наслідок, все більше уваги приділяється мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, а також потенціалу використання відходів як сировини для наступного виробництва енергії. Ці процеси тісно узгоджені з концепцією економіки замкнутого циклу (циркулярною економікою), що передбачає повторне використання відходів у певному виробничому процесі або їх відновлення в інших процесах.

Діяльність, що спрямовна на захист довкілля у енергетичному секторі, зокрема щодо поводження з відходами енергетики та їх екологістичним управлінням є особливо актуальною. У середньому в країнам Європи лише близько 60 % відходів енергетичного сектору повторно використовуються в промисловості. Решту відходів вивозять на сміттєзвалища, що створює додаткові загрози для навколишнього середовища.

На сьогодні найпопулярнішими галузями використання відходів енергетичного сектору залишаються:

- будівельна промисловість (включаючи цемент і будівництво);
- будівництво доріг та машинобудування,
- видобуток корисних копалин.

Серед багатьох проблем, що виникають із такою кількістю відходів, що утворюються в енергетичній промисловості, є їх ефективний потік – від місця виробництва до місць утилізації. Ефективне управління цим потоком є частиною діяльності з управління ланцюгом постачань, що належить до сфери логістики. Врахування екологічних аспектів, що виникають в логістичній діяльності, пов'язаній з транспортуванням, зберіганням та переробкою енергетичних відходів для повторного використання, є основою екологістики.

Екологістика – це ще молода наукова дисципліна в рамках логістики, що в першу чергу спрямована на організацію та оптимізацію ланцюгів ліквідації

відходів. Подібним до еквівалентного терміну в німецькій екологістиці є Entsorgungslogistik. Явище, що виражає еколого-логістичні проблеми в нормативно-правовій базі, що регулює, відбулося лише в середині 70-х років, особливо в 90-х роках. У той же час системне мислення в категоріях екологістики поряд з технічними елементами має також враховувати економічні аспекти. На сьогодні роль екологістики в плані сталого розвитку стає все більш важливою. Сьогодні суспільство має вживати заход, пов'язаних із реалізацією оптимальних рішень щодо збору, зберігання, утилізації та управління переробкою різних видів відходів.

Екологістика – це відносно нова концепція, що виникла як потреба зосередитися на екологічних питаннях логістичної діяльності, що здійснюється промисловими підприємствами, на рівні з такими підходами, як корпоративна соціальна відповідальність та екологічний менеджмент. Екологістика як концепція поєднує три важливі виміри: соціальний, екологічний та економічний, що також свідчить про її інтеграцію у концепцію сталого розвитку. У літературі можна знайти багато визначень екологістики, а також ідентичних або подібних термінів, таких як: логістика відходів, реверсивна логістика, логістика відновлення, логістика переробки або зелена логістика. Ці поняття, хоча в деяких областях можуть розглядатися однаково, не завжди означають те саме.

У контексті даного посібника концепція екологістики розглядається як сукупність інтегрованих процесів, пов'язаних зі збором і зберіганням відходів, що утворюються на підприємствах енергетичного й транспортного секторів, з урахуванням подальших дій, спрямованих на їх видалення та направлення на утилізацію або остаточну ліквідацію, враховуючи насамперед екологічні та соціальні фактори.

Сутність екологістики можна визначити як комплексну систему, що:

1. На основі теорії управління та рециркуляційних потоків відходів в економіці та інформаційних потоків у поєднанні з ними забезпечує готовність і здатність підвищувати ефективність, сегрегацію, обробку та повторне використання відходів відповідно до прийнятих принципів та технічних

процесів, відповідаючи вимогам законодавства та стандартами охорони навколишнього середовища.

2. Дозволяє приймати організаційно-технічні рішення в напрямку зменшення (тобто мінімізації) негативних наслідків впливу навколишнього середовища, що супроводжує реалізацію процесів закупівлі, переробки, виробництва, обслуговування та логістичних ланцюгів постачання.

Між виробником енергетичних відходів і суб'єктом, що має право на управління ними, існує багато логістичних проблем, пов'язаних з організацією спалювання продуктів згорання. Оптимізація маршрутів, вибір зовнішнього та внутрішнього транспорту, зберігання та інформаційний потік в ланцюгу видалення відходів безпосередньо впливають на економічну ефективність та результативність усієї системи. Основний ланцюг видалення відходів побічних продуктів згорання енергетичної промисловості наведено на рисунку 4.9. Це частина всієї системи поводження з відходами, де з точки зору впливу ми маємо справу з правовими, політичними, соціальними, технологічними, екологічними та економічними аспектами навколишнього середовища. Важливо, що цей ланцюг видалення відходів передбачає потік відходів, спрямований на їх утилізацію за лінійною моделлю економіки.

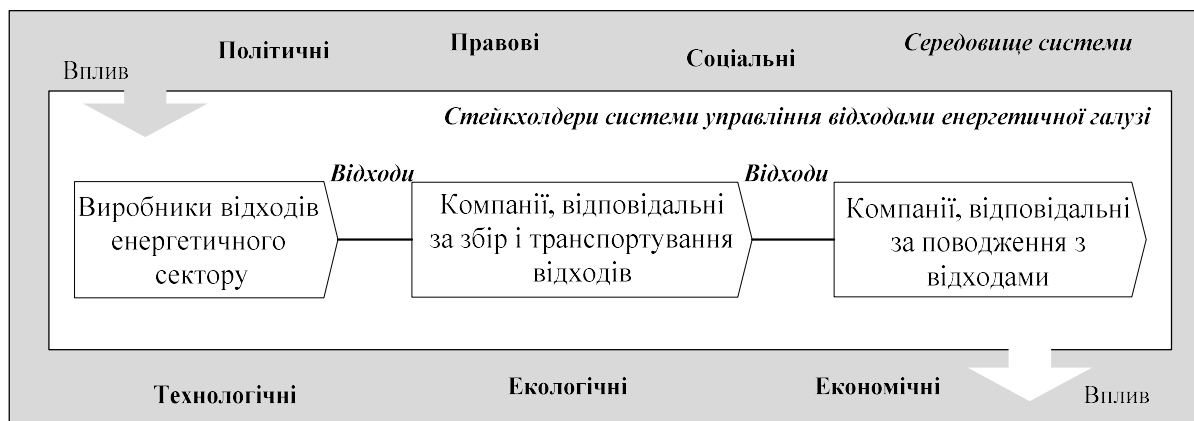


Рисунок 4.9 – Загальна схема ланцюга видалення відходів енергетичного сектору у системі поводження з відходами

При цьому, можливим є досягнення істотних змін у випадку застосування екологістично-орієнтованої системи поводження з відходами, основною метою якої є відновлення відходів при мінімізації впливу ланцюга видалення відходів

на навколишнє середовище. На рисунку 4.10 схематично показано загальні принципи екологістичної системи поводження з відходами, де на етапі потоку відходів від місця утворення до місця переробки ми спостерігаємо зміною статусу відходів на повноцінний продукт.

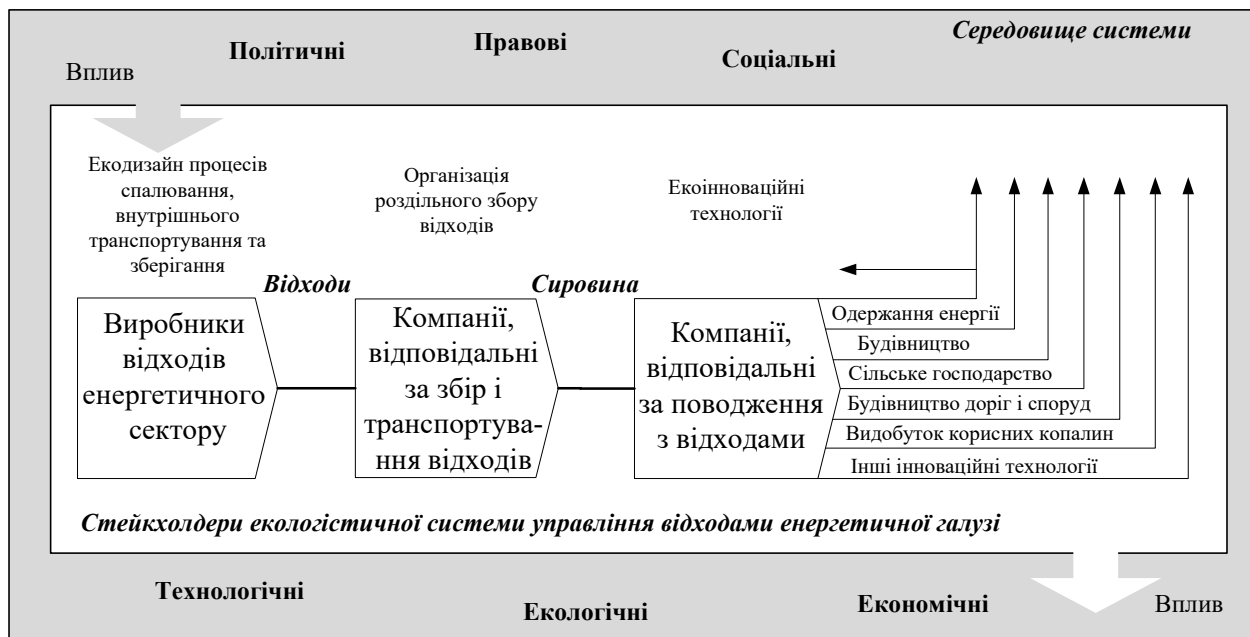


Рисунок 4.10 – Загальна схема ланцюга видалення відходів енергетичного сектору в екологістично орієнтованій системі поводження з відходами

У результаті розроблення ланцюгів видалення продуктів згорання енергетичного сектору у вибраних елементах екологічної системи (екосистеми) змінюється вся логістична система компанії. Технологічні (виробничі), транспортні та складські процеси повинні бути спроектовані та запущені таким чином, щоб ефективно зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище. Сам потік повинен забезпечувати максимальне відновлення відходів, що завдяки своїм специфічним характеристикам можуть піддаватися різноманітним процесам обробки. Тому серед багатьох ознак логістичної системи можна виділити виникнення явища синергії у взаємозв'язках між елементами і процесами логістичної системи та ефектах її функціонування.

В екологічній системі ці взаємозв'язки є синергією логістичного та екологічного потенціалу як елементів, що дозволяють створити додану вартість для енергетичних установок. Вибрані концептуальні засади екологістики у

сфері управління відходами енергетичного сектору, пов'язані зі зменшенням впливу на навколишнє середовище, представлені у таблиці 4.1. У таблиці наведено огляд можливостей широкого врахування екологічних аспектів в окремих процесах ланцюгів видалення відходів.

Таблиця 4.1 – Основні концептуальні засади екологістики

№ з/п	Компоненти екологістичних процесів		Засади екологістики
1	Технологічні процеси	Процеси спалювання	- зменшення утворених відходів - оптимізація управління процесом спалювання
2		Перероблення відходів енергетичного сектору	- видалення металів для зменшення їх вмісту (мокра обробка) - обмеження кількості залишку після спалювання (система термічної обробки)
3		Утилізація відходів енергетичного сектору	- збільшення раціонального використання відходів для досягнення екологічного ефекту - впровадження екоінноваційних технологій переробки відходів для їх економічного використання
4	Процеси потоку відходів	Внутрішнє транспортування та зберігання відходів енергетичного сектору	- відокремлення залишків від обробки димових газів, що дозволяє проводити подальше очищення (наприклад, при сухій обробці) і регенерацію корисного матеріалу
5		Зовнішнє транспортування та доставка відходів	- оптимізація транспортування відходів - оптимальне розташування потужностей з перероблення відходів
6	Логістична інфраструктура		- розділення об'єктів та засобів транспортування / зберігання відходів - зменшення негативного впливу транспортування та зберігання відходів на навколишнє середовище, використання комп'ютерних технологій для підтримки обміну даними та інформацією про потоки відходів
7	Логістичні витрати		- оптимізація витрат на поводження з відходами - уникнення витрат на утилізацію - зниження витрат на управління потоками руху відходів та продукції, що виробляється з них
8	Інформування та прийняття рішень		- прийняття рішень, спрямованих на досягнення високого екологічного ефекту та низького екологічного впливу підприємства - економіко-екологічний аналіз можливостей організації процесів перероблення відходів - вибір процесів відновлення енергії
9	Освіта населення		- підвищення суспільної свідомості щодо економічного використання відходів енергетичного сектору

Поряд з концепцією екологістики подібною відповіддю на сучасні загрози навколишньому природному середовищу є модель циркулярної економіки (ЦЕ), що є системним рішенням, метою якого є мінімізація негативного впливу процесів виробництва та споживання на навколишнє середовище, особливо в контексті зменшення викидів парникових газів і утворення відходів. Важливість моделі циркулярної економіки набуває значення з огляду на більшу додану вартість від кожної одиниці ресурсів, порівняно з традиційною лінійною моделлю. Модель ЦЕ базується на багатьох «старих», а також «нових» концепціях, метою яких є, окрім іншого, мінімізація впливу діяльності виробничих компаній на навколишнє середовище.

Циркулярна економіка (ЦЕ) має досить багато визначень.

За визначенням Європейської Комісії, у ЦЕ цінність продуктів, матеріалів і ресурсів в економіці зберігається якомога довше, а утворення відходів обмежується до мінімуму.

ЦЕ покладається на закриття циклів циркуляції продукції тривалого терміну служби і розглядає відходи як цінні перероблені матеріали.

ЦЕ – це економічна модель, що охоплює всі види діяльності, що передбачають обмеження, повторне використання та переробку матеріалів у процесах виробництва, розподілу та споживання.

Важливою ланкою системи циркулярної економіки є концепція збалансованого споживання і виробництва.

Очікується, що замикання ланцюгів економічних систем сприятиме зниженню ступеня забруднення навколишнього середовища, зниженню рівня споживання природних ресурсів, зниженню капітало- та енергоємності процесів одержання вторсировини та обробки та дотримання принципу 3R.

Для ефективної роботи всієї системи ЦЕ часто потрібно перепроєктувати цілі промислові системи. Іншими словами, ЦЕ – це цілісна система, яка обслуговує безвідходний спосіб виробництва, послуг і споживання, з метою зменшення використання цінних природних ресурсів і споживання енергії. ЦЕ – це концепція створення продукції за допомогою раціонального

використання ресурсів та мінімізації негативного впливу виробленої продукції на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу продукції, що дає змогу повторно використовувати використані матеріали. У своїх основних припущеннях концепція ЦК використовує як старі, так і нові концепції, що сприяють пом'якшенню негативного впливу на навколишнє середовище продукції, що виробляється компаніями, і включає такі концепції:

- від колиски до колиски (C2C);
- 3R – reduce–reuse–recycle (зменшення, повторне використання та переробка) і 4R – reduce–reuse–recycle–repair (зменшення, повторне використання, переробка та ремонт);
- ОЖЦ – оцінка життєвого циклу;
- чистіше виробництво;
- промислова екологія;
- стале управління ланцюгом поставок;
- зелений ланцюг поставок.

Усі вищезазначені концепції вписуються в реалізацію ідеї сталого розвитку. Сюди варто додати ще одне поняття, а саме *зелену логістику*, що є передумовою та ключовим елементом розвитку ЦЕ. Зелена логістика поєднує вищезгадані концепції та просуває ідею сталого. Важливим аспектом концепції ЦЕ є замкнута циркуляція матерії («зелена речовина»), що можна використовувати для розвитку зеленої логістики. Семантичний зміст зеленої логістики широкий. На початку важливо зазначити, що в концепції екологічно орієнтованої логістики є два напрями в розумінні впливу логістики на потоки залишків в економічній системі, а саме: екологістика або зелена логістика, що часто розуміються ідентично, і логістика переробки (також відома як логістика відходів або реерсивна логістика).

Екологістика розглядається як логістична підсистема, в якій вона орієнтована на логістичні процеси, зокрема на збирання, зберігання та транспортування, а об'єктом функціонування екологістики є відходи. Отже, екологістика займається мінімізацією впливу діяльності компаній на природне

середовище, включаючи, наприклад, повторне використання відходів (також сміттєвої упаковки). Діяльність екологістики спрямована на оптимальні рішення щодо збору, зберігання, видалення та переробки або екологічно і соціально не обтяжливої утилізації різних видів відходів. Однак деякі визначення екологістики суворо орієнтовані на потоки відходів від місця їх походження до повторного використання або знешкодження. Навпаки, реверсивна логістика була визначена в ранніх дослідженнях як застосування логістики до переробки та утилізації відходів та управління небезпечними відходами, тоді як у ширшому розумінні вказувалися на логістичну діяльність, що спрямована на зменшення використання ресурсів, переробка речовин, повторне використання матеріалів та утилізацію відходів. Тому реверсивну логістику можна розуміти як у вузькому, так і в ширшому сенсі.

Термін «зелена логістика» визначається як набір практик і стратегій управління ланцюгами поставок, що зменшують екологічний та енергетичний слід розподілу товарів, що зосереджується на обробці матеріалів, управлінні відходами, упаковці та транспортуванні. Вчені визначають зелену логістику як зелене управління ланцюгом поставок компанії (організації), що враховує екологічні проблеми та інтегрує їх з управлінням ланцюгом поставок, щоб змінити екологічні показники постачальників і клієнтів. Зелена логістична діяльність включає визначення впливу на навколишнє середовище різних стратегій розподілу, зменшення споживання енергії в логістичній діяльності, зменшення кількості відходів та управління їх обробкою. З точки зору сталого розвитку, зелена логістика визначається як виробництво та розподіл товарів у сталий спосіб з урахуванням екологічних та соціальних факторів. Це широке визначення зеленої логістики узгоджується з визначенням ECED (1987) сталого розвитку та визначенням корпоративної відповідальності. Концепція зеленої логістики охоплює всі види діяльності, пов'язані з екологічно ефективним управлінням потоком продуктів (push and pull) та інформації з метою створення додаткової вартості для клієнтів та задоволення їх потреб.

Підводячи підсумок, «зелена» логістика покликана забезпечити коректне виконання логістичних процесів, мінімізуючи їх негативний вплив на природне середовище. Зелена логістика – це багаторівнева концепція, що включає як «зелену» логістичну діяльність, так і соціальну діяльність на допомогу екологічному управлінню, стандартизації та контролю. Незважаючи на те, що зелена логістика та екологістика часто розглядаються як ідентичні поняття, здається, що поняття зеленої логістики дещо ширше, ніж екологістика, і набагато ширше порівняно зі реверсивною логістикою. Усі три поняття тісно взаємопов'язані і використовуються в ЦЕ. Зв'язки між реверсивною логістикою, екологістикою та зеленою логістикою проілюстровані на рисунку 4.10. Загальна концепція системи ЦЕ зображена на рисунку 4.11.

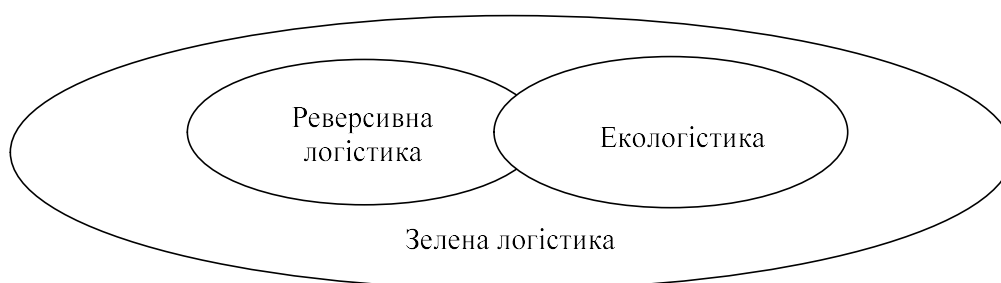


Рисунок 4.10 – Взаємозв'язок логістики відновлення, екології та зеленої логістики



Рисунок 4.11 – Система циркулярної економіки

Концепція зеленої логістики не тільки служить збереженню природних ресурсів, але також забезпечує міст між природними ресурсами і продуктами, продуктами і споживачами, а також є інструментом для замикання циклу в системі ЦЕ. Таким чином, зелена логістика визначатиме ефективність економічного циклу в ЦЕ. Важливі заходи зеленої логістики в реалізації компаніями концепції ЦЕ включають такі екологічно чисті:

- зелена упаковка;
- зелений транспорт;
- зберігання;
- потоки перероблення.

Вищезгадані види діяльності підтримуються реверсивною логістикою та логістикою відходів. Ключове значення для ефективності системи ЦЕ має потік матеріалів, що є частиною виробничої діяльності промисловості, і пов'язаний з ним потік енергії в промислових системах компаній. Невід'ємною вимогою ЦЕ та промислової екології є забезпечення ефективного потоку та переробки матеріалів між компаніями. Намір полягає в оптимізації логістичних процесів у виробничих системах компаній, що займаються доставкою продукції, раціоналізації виробничої логістики та ефективному управлінні ланцюжками поставок компаній, що беруть участь у системі ЦЕ. Тим не менш, на систему ЦЕ та компанії, що в ній беруть участь, впливатимуть різні фактори, зокрема:

- політико-правові фактори;
- ринкові фактори;
- соціальні та культурні фактори;
- техніко-технологічні фактори;
- природні фактори.

Бажано, щоб перераховані вище фактори підтримували суб'єктів господарювання у повторному використанні та переробці відходів. Проте продукція компаній, що після споживання може знову стати цінним матеріалом в економічній системі, віддають перевагу та вважаються екологічно чистими.

Матеріали мінерального походження та органічні ресурси часто повертаються у виробничі системи як вторинні матеріали.

Досягнення стратегічних цілей підприємства забезпечується логістичним управлінням взаємозв'язаними інвестиційною, інноваційною, фінансовою, кадровою, виробничою та природо-охоронною сферами діяльності. Це дозволяє розглядати систему екологічно орієнтованого логістичного управління промисловим виробництвом як інтегровану частину загальної системи управління підприємством на логістичних засадах. Складовими системи екологічно орієнтованого логістичного управління, відповідно до положень загальної теорії управління, є суб'єкт, об'єкт і відповідний механізм управління, що розглядається як сукупність форм, методів, інструментів і функцій управління. Як відомо, суб'єктом управління є персонал, який реалізує управлінські функції.

Суб'єктами екологічно орієнтованого логістичного управління є як вище керівництво підприємства, так і персонал окремих підрозділів.

Стосовно об'єкта екологічно орієнтованого логістичного управління в контексті формування системи управління доцільно надати такі пояснення. У теорії логістики потік, зокрема матеріальний, розглядається як виділений з урахуванням його просторово-часових параметрів рух однорідних речовин у рамках операцій, структур і процесів, що забезпечують трансформацію та зміну його стану. Під час формування системи екологічно орієнтованого логістичного управління необхідно виділити ті сутнісні характеристики потоку, що здатні сприймати управлінський вплив. Із цих позицій керованою підсистемою є сукупність процесів і структур (відповідно і працівників), що забезпечують формування і зміни стану логістичних потоків – матеріального, фінансового та інформаційного, виходячи з їх взаємозв'язку та взаємозалежності. Взаємовідносини між суб'єктом та об'єктом екологічно орієнтованого логістичного управління – це, перш за все, суспільні відносини, що виникають між людьми як функціональними суб'єктами процесів виробництва, розподілу та споживання й визначають конкретні способи

здійснення господарської діяльності. За своїм характером вони є організаційно-економічними, а отже, механізм екологічно орієнтованого логістичного управління, виступаючи формою прояву цих відносин, є за змістом організаційно-економічним. Механізм управління повинен відповідати цілям, завданням і природі об'єкта управління, враховувати реальні умови здійснення управлінської діяльності та забезпечувати гнучкість відповідно до змін зовнішнього і внутрішнього середовища. Отже, механізм екологічно орієнтованого логістичного управління можна подати як цілісну систему форм, методів та інструментів управління потоковими процесами, яка забезпечує узгодження екологічних та економічних інтересів господарювання з метою отримання інтегрального еколого-економічного ефекту функціонування виробничої логістичної системи. Комплексний характер екологічно орієнтованого логістичного управління, а отже й відповідного організаційно-економічного механізму управління, на наш погляд, зумовлений такими факторами: взаємозв'язком економічної, екологічної та соціальної основ господарювання; інтеграцією механізму екологічно орієнтованого логістичного управління в господарський механізм підприємства та його відповідністю напрямам основної економічної діяльності; необхідністю функціонування механізму екологічно орієнтованого логістичного управління за всіма напрямками еколого-економічної діяльності підприємства, що забезпечує досягнення стратегічних цілей підприємства. Формування механізму управління пов'язується з конкретизацією цілей та завдань, а також функцій управління й ресурсів, що забезпечують їх реалізацію. Відповідно до загальної теорії господарського механізму в структурі механізму управління виділяють цільову, функціональну та підсистему забезпечення. Разом з тим нестабільність і динамічність зовнішнього середовища, притаманні ринковим трансформаціям, додатково актуалізують проблеми забезпечення гнучкості та адаптивності систем та механізмів управління промисловими підприємствами, особливо логістичних. Таким чином, формування організаційно-економічного механізму екологічно орієнтованого логістичного управління необхідно розглядати у

контексті сутності, змісту та специфіки цільової, забезпечувальної, адаптаційної та функціональної підсистем з урахуванням екологічних чинників. Коментуючи наведену структурно-функціональну схему функціонування організаційно-економічного механізму екологічно орієнтованого логістичного управління, потрібно зазначити, що його зміст полягає в еколого-економічній оптимізації потокових процесів. Її результат повинен відповідати цільовій підсистемі, що визначає сутність функціонування механізму екологічно орієнтованого логістичного управління. Як уже ми зазначали, головною метою екологічно орієнтованого логістичного управління є отримання інтегрального еколого-економічного ефекту. Це пов'язано з тим, що ефективність системи екологоорієнтованого логістичного управління сьогодні розглядається у контексті її здатності вирішувати основні економічні завдання товаровиробника, не завдаючи шкоди компонентам навколишнього природного середовища. Ця обставина формує обмеження у процесі мінімізації витрат (зокрема, через природоохоронні витрати) і водночас орієнтує на пошук нових джерел підвищення продуктивності використання виробничих ресурсів.

Кількісно величина інтегрального еколого-економічного ефекту може бути визначена на основі економічного та еколого-економічного результатів логістизації потокових процесів, яких можна досягти за існуючого рівня організації виробництва, якісних параметрів техніки та технології, а також загальних логістичних витрат (рисунок 4.12).

Економічний результат логістизації потокових процесів – це виражений у вартісній формі результат інтеграції та координації діяльності всіх підрозділів підприємства. Еколого-економічний результат виникає внаслідок більш повного та комплексного врахування екологічних чинників у процесі управління матеріальними, фінансовими та інформаційними потоками та відповідної координації виробничої (у тому числі постачання, збут) та природоохоронної сфер діяльності. Він виявляється у зменшенні шкідливого впливу виробничих процесів на компоненти навколишнього природного середовища та населення та може бути кількісно виражений у натуральних і

вартісних показниках. Важливим елементом організаційно-економічного механізму екологічно орієнтованого логістичного управління є підсистема забезпечення. Її складовими є методологічне, ресурсне, нормативно-правове та інформаційне забезпечення. Тут важливо відмітити, що інформація про ці складові формується підсистемою інформаційного забезпечення у вигляді інформаційного потоку, що пронизує всі ланки механізму екологічно орієнтованого логістичного управління та забезпечує реалізацію його функцій. Процеси планування, регулювання, аналізу, контролю та обліку в сфері природокористування й охорони навколишнього природного середовища під час здійснення виробничої діяльності визначаються законодавчими й нормативно-правовими актами, рівнем розвитку техніки й технологій, обсягами фінансування, а також розвитком екологічної культури підприємницьких структур та суспільства.

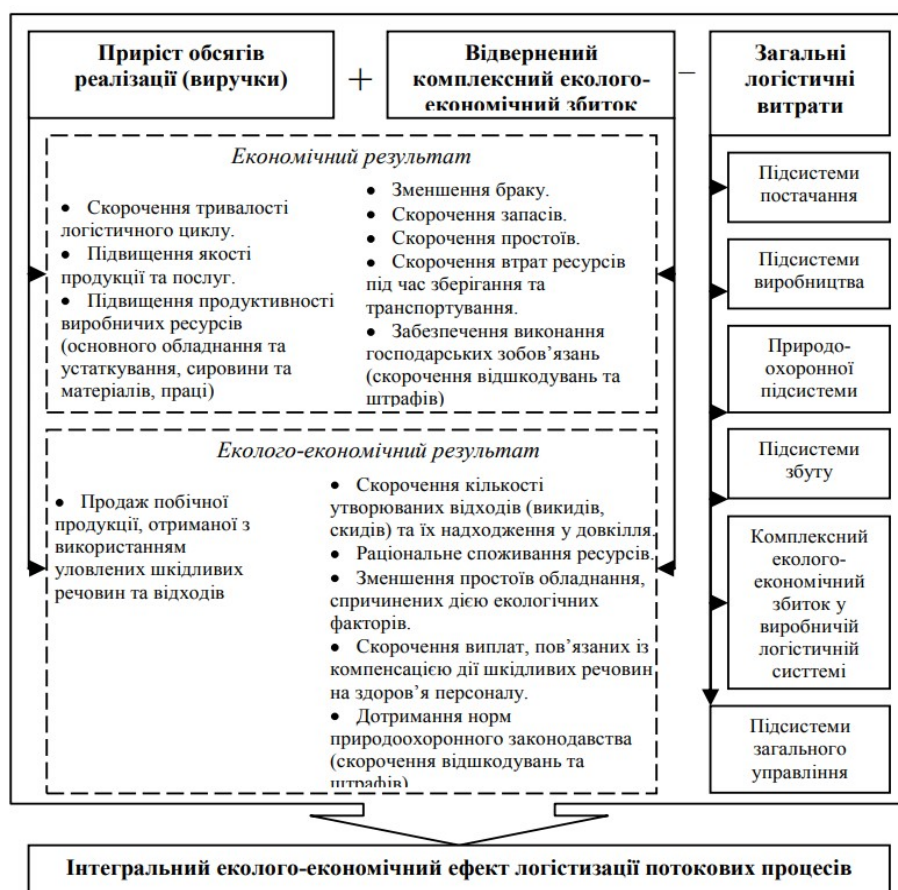


Рисунок 4.12 – Зміст та принцип розрахунку інтегрального еколого-економічного ефекту впровадження екологічно орієнтованого логістичного управління

Отже, інформаційні потоки, що характеризують цю діяльність, з одного боку, визначаються вхідними інформаційними потоками у вигляді законодавчих вимог та обмежень, вимог споживачів і некомерційних організацій, а з іншого – внутрішньою інформацією, що генерується виробничою логістичною системою. Повертаючись до структури організаційно-економічного механізму екологічно орієнтованого логістичного управління, зазначимо, що проблеми адаптації виробничої логістичної системи до умов зовнішнього середовища доцільно розглядати у контексті надійності та безпеки її функціонування. При цьому, як інтегральний критерій безпеки виробничої логістичної системи доцільно розглядати економічну безпеку (містить фінансову, інтелектуальну, кадрову, техніко-технологічну, політико-правову, екологічну, інформаційну, силову, ринкову, інтерфейсну складові), що характеризує стан ефективного використання ресурсів та існуючих ринкових можливостей, що дозволяє відвернути внутрішні й зовнішні загрози, забезпечити тривале функціонування та стійкий розвиток підприємства на ринку відповідно до обраної місії. Завданнями адаптаційної підсистеми є оперативне виявлення змін факторів зовнішнього середовища (зокрема, на основі підсистеми моніторингу), оцінка їх впливу на економічну безпеку підприємства у розрізі її основних складових і визначення інтегрального критерію економічної безпеки, на основі якого, за умови відхилення параметрів зовнішнього середовища від прийнятих для логістичної системи, відбувається коригування механізму управління та його окремих складових із використанням інструментів бенчмаркінгу (рисунок 4.13).

Сучасний етап розвитку концепції логістики дозволяє розглядати її як стратегічний інструмент управління будь-якими поточними процесами, що забезпечує економічну ефективність господарської діяльності. З цих позицій логістичний аналіз за змістом є управлінським аналізом, що здійснюється на всіх рівнях управління та всіма функціональними підрозділами з метою надання керівництву інформації, необхідної для планування, контролю та прийняття управлінських рішень, розроблення стратегії й тактики стосовно

фінансової політики, маркетингової діяльності, організації процесів виробничо-господарської діяльності, вдосконалення техніки, технології, а також діяльності у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища, виходячи зі зростаючого впливу останньої на результати господарювання. Таким чином, основою прийняття рішень під час реалізації екологічно орієнтованого логістичного управління мають бути дані техніко-економічного, соціально-економічного, фінансового, маркетингового, інвестиційного та еколого-економічного аналізу. Існує декілька методичних підходів до визначення ефективності функціонування логістичних систем. Досить поширеним є поняття функціональної ефективності, що кількісно характеризується величиною корисного ефекту (обсяг продукції, розмір прибутку тощо), отриманого в результаті функціонування логістичної системи за певний період часу. Ефективність логістичної системи може розглядатись і з позицій теорії кваліметрії як показник (система показників), що характеризує рівень якості її функціонування при заданому рівні загальних логістичних витрат.

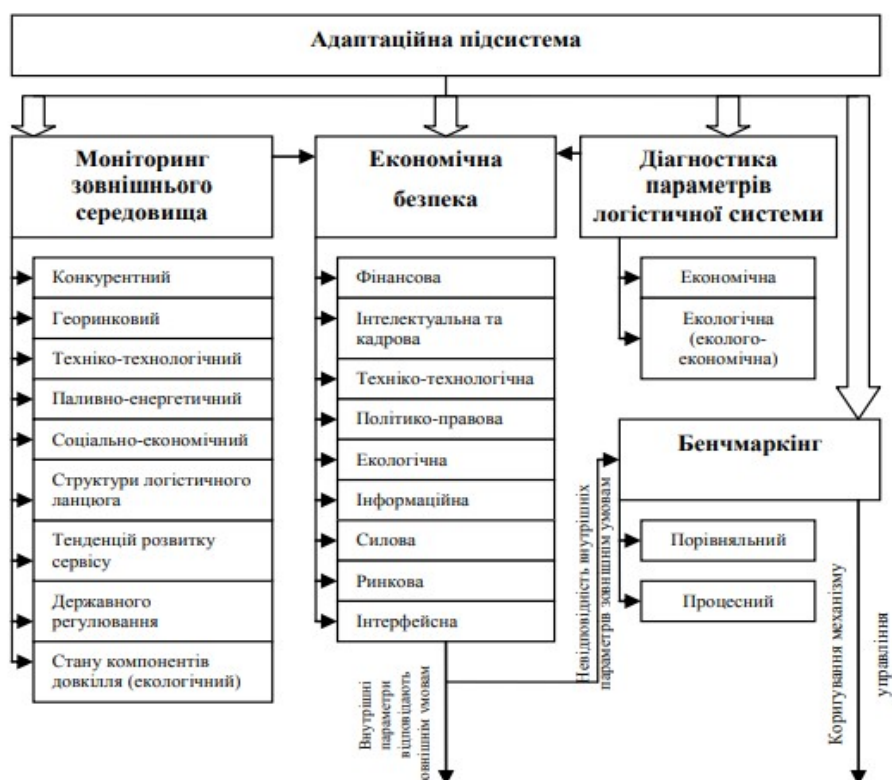


Рисунок 4.13 – Складові адаптаційної підсистеми механізму екологічно орієнтованого логістичного управління

Також необхідно відмітити, що логістичний підхід ґрунтується на мінімізації загальних логістичних витрат, що дозволяє розглядати їх як основний показник оцінки ефективності. Водночас мінімум витрат є виправданим за умови забезпечення певного рівня сервісу, що приводить до необхідності використання багатокритеріальної оцінки ефективності функціонування логістичних систем. За визначенням Європейської логістичної асоціації, під ключовими показниками результативності логістичної діяльності (Logistics Key Performance Indicators) слід розуміти необхідний та достатній комплекс порівняно легких у застосуванні показників результативності (продуктивності), що дозволяють поєднати виконання логістичного плану з основними функціями та результатами управління товарним потоком і тим самим визначити потребу у коригувальних заходах. Основні вимоги, що висуваються до показників СЗП, можуть бути охарактеризовані правилом SMART, відповідно до якого, показники мають бути: конкретними (Specific); вимірюваними (Measurable); реалістичними (Achievable); орієнтованими на результат (Result-oriented); прив'язаними до певного відрізка часу (Time-specific). Система ключових показників оцінки результативності логістичної системи визначається специфікою (функціями) господарської діяльності та цілями аналізу. Найбільш поширеними є такі критерії: якість; задоволення споживачів; логістичні витрати; тривалість логістичного циклу; продуктивність; використання інвестицій.

4.4. Методологічні основи оцінки еколого-економічної ефективності транспортної логістики підприємства в системі поводження з відходами

Враховуючи той факт, що одним із завдань екологічно орієнтованого логістичного управління є зменшення екодеструктивного впливу на довкілля, зазначені групи показників результативності (якість, задоволення споживачів, витрати, тривалість циклу, продуктивність та інвестиції) повинні бути доповнені групою еколого-економічних показників, що характеризують вплив логістичної системи на компоненти навколишнього середовища.

Для оцінки якісних параметрів виробничих процесів, продукції та послуг можуть бути використані такі еколого-економічні показники:

1) *Коефіцієнт екологічності виробу* ($k_{вир}^e$):

$$k_{вир}^e = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \sigma_i}{M_{вир}}, k_{вир}^e \rightarrow 0, \quad (4.1)$$

де m_i – маса i -ї шкідливої речовини у складі виробу, кг; σ_i – коефіцієнт відносної екологічної небезпеки i -ї шкідливої речовини; i – вид шкідливої речовини у складі готового виробу, ($i=1, \dots, n$); $M_{вир}$ – маса виробу, кг.

2) *Екологічні витрати споживання продукції* (B_{cn}^e):

$$B_{cn}^e = \sum_{i=1}^n B_i, B_{cn}^e \rightarrow 0, \quad (4.2)$$

де B_i – екологічні витрати i -го виду, пов'язані з експлуатацією виробу споживачем, грн; i – вид екологічних витрат підприємства (вартість палива, енергії, води, розміщення відходів, тощо), ($i=1, \dots, n$).

3) *Коефіцієнт прогресивності очисного обладнання* ($k_{обл}^{np}$):

$$k_{обл}^{np} = \sum_{j=1}^n \frac{m_j}{M_j}, k_{обл}^{np} \rightarrow 1, \quad (4.3)$$

де m_j – маса вловлених забруднюючих речовин j -тою одиницею очисного обладнання, т; M_j – загальна маса забруднюючих речовин, що надходить на j -ту одиницю очисного обладнання, т; j – окрема одиниця очисного обладнання підприємства, ($j=1, \dots, n$).

4) *Показник, що характеризує рівень контролю за функціонуванням очисного обладнання* ($k_{оч.обл}$)

$$k_{оч.обл} = \frac{n_{оч.обл}^{к.в.ан}}{N_{оч.обл}}, k_{оч.обл} \rightarrow 1, \quad (4.4)$$

де $n_{оч.обл}^{к.в.ап}$ – кількість очисного устаткування, що обладнане контрольно-вимірною апаратурою, од; $N_{оч.обл}$ – загальна кількість очисного обладнання, од.

Для оцінки тривалості логістичного циклу у виробничій логістичній системі можуть бути використані такі еколого-економічні показники:

1) *Коефіцієнт, що характеризує питому вагу тривалості простоїв природоохоронного обладнання у загальній тривалості логістичного циклу ($k_{обл}^{трив.пр}$):*

$$(k_{обл}^{трив.пр}) = \frac{\sum_{j=1}^n t_j^{е.пр}}{T_{л.ц.}}, (k_{обл}^{трив.пр}) \rightarrow 1, \quad (4.5)$$

де $t_j^{е.пр}$ – тривалість простою j -ї одиниці природоохоронного обладнання, год; j – окрема одиниця природоохоронного обладнання підприємства, ($j=1, \dots, n$); $T_{л.ц.}$ – загальна тривалість логістичного циклу, год.

2) *Показник, що характеризує втрати ефективного фонду часу роботи основного обладнання, зумовлені забрудненням навколишнього природного середовища ($T_{втр}^{осн}$):*

$$(T_{втр}^{осн}) = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot \gamma_i}{F_{\delta}}, (T_{втр}^{осн}) \rightarrow 0, \quad (4.6)$$

де n_i – позапланові простої i -ї одиниці обладнання, год; γ_i – питома вага позапланових простоїв i -ї одиниці обладнання через забруднення навколишнього природного середовища; i – окрема одиниця обладнання підприємства, ($i=1, \dots, n$); F_{δ} – дійсний фонд часу роботи основного обладнання, год.

Для оцінки ефективності інвестицій доцільно використовувати стандартні критерії оцінки (чистий дисконтований дохід, внутрішня норма доходності,

термін окупності та ін.), що розраховуються для проєктів у сфері охорони довкілля, ресурсо- та енергозбереження.

Аналіз значень еколого-економічних показників результативності виробничої логістичної системи доцільно здійснювати порівнянням із середньогалузевими (нормативними), а також у динаміці. Запропонована система еколого-економічних показників результативності функціонування виробничої логістичної системи може бути використана для вивчення впливу екологічних факторів на соціально-економічну ефективність функціонування логістичних систем, виявлення резервів підвищення еколого-економічної ефективності логістичного управління, характеристики еколого-економічного рівня логістичних процесів у часі, наприклад, в межах стратегічного планування оптимізації природокористування.

Для оцінки *продуктивності виробничої логістичної системи* модуть бути використані такі еколого-економічні показники:

1) Показник, що характеризує *продуктивність використання виробничих ресурсів у сфері охорони навколишнього природного середовища* ($Pr_{в.ф}$):

$$Pr_{в.ф} = \frac{Q}{q_{в.ф}}, Pr_{в.ф} \geq 1, \quad (4.7)$$

де Q – обсяг виробленої продукції; $q_{в.ф}$ – обсяг використаного виробничого фактору (у натуральних чи вартісних показниках).

2) Показник, що характеризує *рівень екологічної рентабельності природоохоронних заходів* ($P_{ек}$):

$$Pr_{в.ф} = \frac{П}{ОФ_{пр.ох} + O_{пр.ох}} \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

де $ОФ_{пр.ох}$ – вартість основних фондів природоохоронного призначення, грн;
 $O_{пр.ох}$ – середня вартість оборотних засобів природоохоронного призначення, грн).

Вплив виробничої логістичної системи на навколишнє природне середовище можна охарактеризувати за допомогою показника природоємності виробленої продукції ($Pr_{\epsilon MH}$):

$$Pr_{\epsilon MH} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{Q}, Pr_{\epsilon MH} \rightarrow 0, \quad (4.9)$$

де m_i – обсяг використаного для виробництва продукції i -го природного фактора, год; i – вид природного фактора, що використовується у виробничих процесах підприємства, ($i=1, \dots, n$); Q – обсяг виробленої продукції (у натуральних чи вартісних показниках).

Ці показники є також основою для визначення першочергових заходів щодо оптимізації потокових процесів на еколого-економічних засадах та є інструментом практичної реалізації принципів екологічно орієнтованого логістичного управління в умовах конкретного промислового виробництва.

З позицій процесного підходу, екологічно орієнтоване логістичне управління, як і будь-яке управління, представляється як процес, що охоплює сукупність циклічних дій, пов'язаних із виявленням проблем, пошуком та організацією виконання прийнятих рішень. Процес прийняття управлінських рішень як основний елемент процесу управління безпосередньо пов'язаний зі встановленням сутності та змісту проблем підприємства та вибором серед можливих альтернатив способів їх вирішення. Реалізація функцій управління в механізмі екологічно орієнтованого логістичного управління виробництвом ґрунтується на всебічному дослідженні еколого-економічних параметрів функціонування виробничих логістичних систем, виявленні невідповідностей між існуючими характеристиками й бажаними, та виробленні рішень, спрямованих на досягнення кінцевої мети. При цьому ключовим логістичним принципом раціоналізації господарської діяльності є сприйняття всього матеріального потоку як цілісного об'єкта управління з інтегрованою координацією всіх процесів матеріалоруку, починаючи від закупівлі необхідних матеріальних ресурсів, організації процесу виробництва та природоохоронної

діяльності та закінчуючи доставкою готової продукції споживачу. З цих позицій резерви якісного підвищення еколого-економічної ефективності виробництва можуть бути виявлені та реалізовані на кожному етапі руху матеріального потоку як через організаційно-економічні, так і виробничо-технологічні заходи (рисуюнок 4.14).



Рисуюнок 4.14 – Система заходів еколого-економічної оптимізації поточкових процесів у виробничій логістичній системі

Предметом логістики постачання є також планування операцій транспортування та розміщення складів сировини з урахуванням вимог екологічної безпеки.

Отже, забезпечення екологічно орієнтованої постачальницької діяльності охоплює проблеми вибору найбільш екологічних засобів транспортування (зокрема, вибір постачальників з урахуванням можливостей транспортування

залізничними та водними засобами транспорту), а також місць для розміщення складів сировини (особливо для хімічно активних, токсичних речовин). Не менш важливим з точки зору організації безвідходного виробництва є відмова від власного виробництва сировини на користь співпраці з надійним, екологічно та соціально відповідальним постачальником. Звичайно, ключове значення під час прийняття такого рішення має сукупність технологічних і економічних факторів, соціальні зобов'язання тощо. Водночас необхідно враховувати, що відмова від власного виробництва сировини дозволяє значно скоротити кількість утворених на підприємстві речовинно-енергетичних викидів, а отже, й пов'язаних із ними витрат, включаючи плату за ресурси та екологічний податок. Управління запасами виконує провідну роль у раціональному використанні матеріальних (природних) ресурсів. Підходи, що використовуються при визначенні оптимальної партії замовлення та розміру запасів, мають враховувати не лише витрати, пов'язані з розміщенням замовлення, зберіганням та транспортуванням партії ресурсів, а й втрати, пов'язані зі зв'язуванням фінансових ресурсів у запасах, їх знеціненням, пошкодженням, розкраданням чи погіршенням якісних параметрів унаслідок тривалого зберігання. З точки зору попередження утворення відходів, важливого значення набувають функції підсистеми виробництва. Раціоналізація просторово-часової організації виробничого процесу та нормування витрат ресурсів сприяють попередженню їх втрат під час переміщення, зберігання у цехах та обробки. Зменшення кількості відходів, що потрапляють у навколишнє природне середовище, досягається рециклінгом. На етапі виробництва виявляються додаткові можливості щодо повторного використання чи переробки відходів як резерву виробництва додаткового обсягу основної чи супутньої продукції із вторинної сировини, що можуть бути реалізовані для отримання додаткового прибутку. Основним завданням впровадження процесів рециклінгу є обґрунтування та реалізація найбільш ефективних способів використання відходів з точки зору максимального використання їх ресурсної цінності та мінімізації витрат. У рамках природоохоронної підсистеми

виявляються можливості щодо екологічно безпечного видалення відходів і мінімізації пов'язаних із цим витрат. Вони реалізуються забезпеченням належного збору та зберігання відходів, що унеможлиблюють їх втрати чи негативний екологічний вплив на компоненти навколишнього природного середовища та здоров'я населення, а також оптимізації витрат, пов'язаних з управлінням відходами (транспортуванням, зберіганням, розміщенням, сплатою екологічних податків).

У таблиці 4.2 наведено інформацію про інформаційні потоки, що характеризують діяльність у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища.

Таблиця 4.4 – Інформаційні потоки, що характеризують діяльність у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища

Група інформаційних потоків	Елементи інформаційних потоків
Законодавчі вимоги та обмеження	- Нормативи впливу на навколишнє природне середовище. - Порядок та вимоги щодо отримання ліцензій та дозволів. - Форми ведення природоохоронного обліку. - Нормативи плати за використання природних ресурсів та ставки екологічного податку. - Стандартизовані вимоги до якості продукції, процесів, системи управління виробництвом тощо.
Вимоги споживачів та некомерційних організацій	- Вимоги до якості продукції та рівня логістичного сервісу. - Вимоги щодо доступу до екологічної інформації тощо.
Технологічний регламент	- Характеристики сировини, основного технологічного та допоміжного обладнання. - Характеристика продукції та побічних продуктів. - Нормативи ресурсомісткості виробничих процесів та продукції. - Потенційні форми впливу на навколишнє природне середовище. - Проекти реконструкції виробництва тощо.
Дані природоохоронного обліку	- Кількісний та якісний склад забруднюючих речовин, що фактично надходять у навколишнє природне середовище, у розрізі технологічних процесів та загалом по підприємству. - Характеристика системи поводження з відходами. - Параметри використання водних та інших природних ресурсів. - Показники використання паливно-енергетичних ресурсів тощо.
Фінансова інформація	- Інформація про платежі за використання природних ресурсів. - Інформація про сплачені суми екологічного податку. - Інформація про поточні та капітальні витрати на охорону навколишнього природного середовища. - Інформація про сплачені штрафи за порушення вимог природоохоронного законодавства.

Необхідно відмітити, що організаційно-економічні можливості оптимізації поточкових процесів значною мірою пов'язані з управлінням відходами. Процес прийняття рішень щодо удосконалення системи управління матеріальними потоками на промисловому підприємстві у контексті вирішення проблем поводження з відходами наочно наведено на рисунку 4.15.

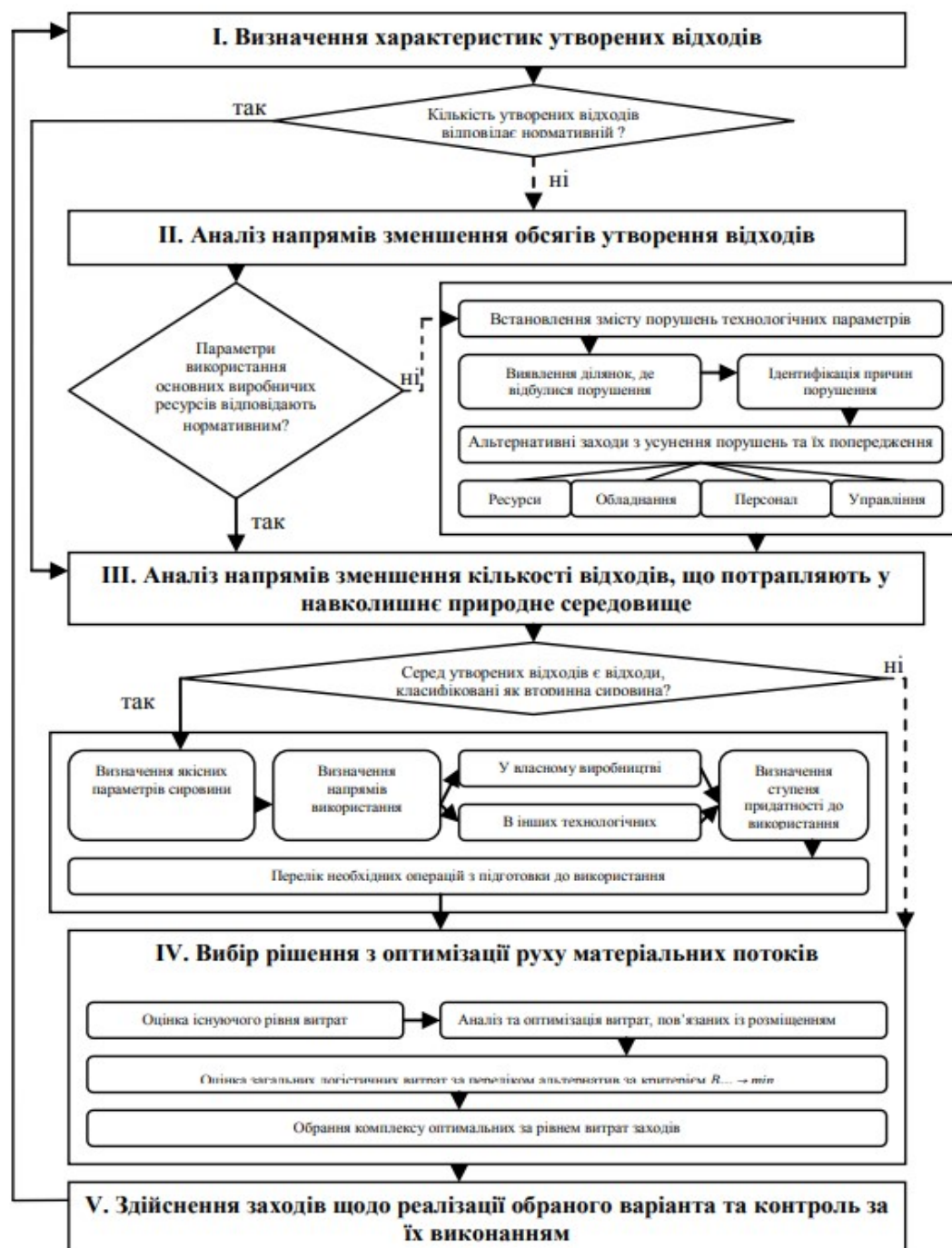


Рисунок 4.15 – Структурно-логічна схема прийняття рішень щодо оптимізації системи управління матеріальними потоками у сфері поводження з відходами

Оцінювання ефективності функціонування логістичної системи, повинно передбачати, окрім визначення загальних витрат, оцінку втрат прибутку, що зумовлені нераціональним використанням ресурсів потоку, що визначає специфічність логістичного підходу та його відмінність від системного. Це дозволяє оптимізувати витрати системи і стимулювати максимальне використання її резервів. Специфічні ознаки управлінської діяльності на основі логістичного підходу трансформують її в логістичне управління (рисунк 4.16).



Рисунок 4.16 – Зв'язок основних категорій логістики

Розрахунок еколого-економічної ефективності процесів в системі транспортної логістики підприємства (регіону) з урахуванням повних логістичних еколого-економічних витрат пропонується проводити на основі порівняння таких найбільш значимих аспектів: в економічному контексті – витрати на забезпечення транспортний засіб (ТЗ) паливно-мастильними матеріалами ($E_{ВПММ}$); в екологічному контексті – екологічні збитки від спалювання палива й забруднення атмосфери ($E_З$). Показник відносної еколого-економічної ефективності ($\tilde{E}_{EE}$), що дозволяє співставити величину екологічного збитку ($E_{EЗ}$) на 1 одиницю експлуатаційних витрат ($E_{ЕВ}$) формулою:

$$\tilde{E}_{EE} = E_{EЗ} / E_{ЕВ} \quad (4.10)$$

Завдання для самостійної роботи:

1. Наведіть визначення поняття «сталий розвиток».
2. Наведіть перелік основних глобальних екологічних проблем.
3. Якою є основна мета Стратегії сталого розвитку «Україна 2030»?
4. Охарактеризуйте екологічну складову сталого розвитку.
5. Наведіть перелік стратегічних цілей Стратегії сталого розвитку України до 2030 р.
6. Які основні напрями екологізації виробництва вам відомі?
7. Які основні підходи до екологізації промислового підприємства вам відомі?
8. Як ви розумієте поняття «екологічність природокористування»?
9. Наведіть визначення поняття «безвідходне виробництво».
10. Наведіть основні варіанти досягнення безвідходного виробництва.
11. Охарактеризуйте поняття «екологоорієнтована (зелена) логістика».
12. Сформулюйте основні принципи реверсивної логістики»
13. Сформулюйте визначення терміну «екологістика».
14. Наведіть основні принципи екологоорієнтованого логістичного управління.
15. Як провідні компанії світу використовують та упроваджують принципи екологістики?
16. Опишіть систему заходів еколого-економічної оптимізації поточкових процесів у виробничій логістичній системі.
17. Охарактеризуйте зв'язок основних категорій логістики.
18. Опишіть методику оцінки еколого-економічної ефективності транспортної логістики підприємства в системі поводження з відходами.
19. Охарактеризуйте інформаційні потоки, що характеризують діяльність у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища.
20. Складіть схему системи заходів еколого-економічної оптимізації поточкових процесів у виробничій логістичній системі.
21. Опишіть та охарактеризуйте зміст та принцип розрахунку інтегрального еколого-економічного ефекту упровадження екологічно орієнтованого логістичного управління.
22. Наведіть та опишіть загальну схему ланцюга видалення відходів енергетичного сектору в екологістично орієнтованій системі поводження з відходами.

ПЕРЕЛІК

ВИКОРИСТАНИХ І РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захист навколишнього середовища в авіатранспортних процесах: підручник / В. М. Ісаєнко, С. В. Бойченко, К. О. Бабікова, О. О. Вовк. К.: НАУ, 2020. 320 с.
2. Boichenko S., Yakovlieva A., Lejda K., Kurdel P. Modern Road Transport's Operational materials. Technical University of Košice, 2020. 279 p.
3. Моторні палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимір Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. К.: «Центр учбової літератури». 2017. 324 с.
4. Бойченко С., Пушак А., Топільницький П., Любінін Й., Лейда К. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість: підручник. За редакцією професора С. В. Бойченка. – К.: Центр учбової літератури, 2019. 323 с.
5. Пластичні мастила: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Петро Топільницький, Андрій Пушак, Вікторія Романчук, Йосип Любінін, Ігор Трофімов, Оксана Мікосянчик. За редакцією проф. С. Бойченка. – К.: Центр учбової літератури, 2021. – 274 с.
6. Boichenko S.V., Yakovlieva A.V., Vovk O.O., Radomska M.M., Cherniak L.M., Shkilniuk I.O. Fundamentals of chemmotology: manual. Kyiv: National Aviation University, 2019. 296 p.
7. Бойченко С.В., Іванченко О.В., Лейда К., Фролов В.Ф., Яковлева А.В. Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. – К.: НАУ, 2019. – 266 с.
8. Anna V. Yakovlieva, Sergii V. Boichenko, Kazimierz Lejda, Oksana O. Vovk. Modification of jet fuels composition with renewable bio-additives: Monograph. K.: National Aviation University, 2019. 207 p.
9. Sergii Boichenko, Olexander Aksionov, Petro Topilnytskyi, Andrii Pushak, Kazimierz Lejda / under the general editorship of prof. Sergii Boichenko. Selected aspects of providing the chemmotological reliability of the engineering: Monograph. K.: Center for Educational Literature, 2019. 342 p.
10. Бойченко С. В. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навч. посіб. / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, В. Ф. Новикова [та ін.]. К.: НАУ, 2012. 308 с.
11. Бойченко С.В. Вступ до хіммотології палив та олив: навчальний посібник у двох частинах / С. В. Бойченко, Й. А. Любінін. – Одеса: «Астропринт», 2009, 2010. Ч. 2. 276 с.
12. Мішенін Є. В., Коблянська І. І. Логістичне управління промисловим виробництвом у контексті розвитку «зеленої» економіки в Україні. Економіст. 2012. №1, С. 8–12. 14.
13. Іванченко О.В., Бойченко С.В., Лейда К. Екологістика, утилізація та рециклінг транспортних засобів — особливості в авіації. Monografia № 7. Seria: Transport. Systemy i środki transportu samochodowego: wibrane zagadnienia. Rzeszów, 2016. P. 45–52.

14. Бойченко С.В., Лейда К. Світовий досвід і перспективи розвитку утилізації та рециклінгу транспортних засобів. Monografia № 6 "Systems and means of motor transport". Selected problems. Seria: Transport. Rzeszow, 2015. P. 247–252.

15. Бойченко С.В., Лейда К., Іванченко О.В. Екологістика, утилізація та рециклінг транспортних засобів: тенденції та перспективи розвитку. Наукоємні технології. 2016. № 2(30), С. 221–227. DOI: 10.18372/2310-5461.30.10568.

16. Довга Т.М. Визначення ефективності рециклінгу: економіко-екологічний аспект. Актуальні проблеми економіки. 2012. №3 (129), С. 84–89.
77. Małuszyńska I., Bielecki B., Wiktorowicz A., Małuszyński M.J. Recykling materiałowy i surowcowy odpadów samochodowych. Inżynieria Ekologiczna. 2012. No 28, P. 111–118.

17. Małuszyńska I., Bielecki B., Wiktorowicz A., Małuszyński M.J. Recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji jako metoda ograniczająca ilość odpadów niebezpiecznych w środowisku. Ochrona środowiska i zasobów naturalnych. 2011. No. 48, P.362–378.

18. Бойченко С.В., Спіркін В.Г. Вступ до хімотології палив та олив : Навчальний посібник у двох частинах. Ч. 1. Одеса : «Астропринт», 2009. 236 с.

19. Бойченко С.В., Лейда К. Європейський досвід і перспективи системи утилізації та рециклінгу транспортних засобів. Вісник Національного транспортного університету. 2015. № 2 (32), С. 20–28.

20. Матейчик В.П., Коломієць С.В., Смешек М. Управління окремими етапами життєвого циклу транспортних засобів. Вісник СевНТУ, Серія: Машиноприладобудування та транспорт. 2011. № 121, С. 11–13.

21. Солошич І.А., Напхоненко Н.В., Сучасні проблеми утилізації відходів на прикладі автотранспортного підприємства. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2014. № 3-4, С. 109–111.

22. Коблянська І.І. Методичний підхід до визначення загальних логістичних витрат з позицій еколого-орієнтованої логістики / І.І. Коблянська // Економіка: проблеми теорії та практики: збірник наукових праць. – Випуск 255: в 9 т. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2009. – Т. VIII. – С. 1985–1995.

23. Крикавський Є. Логістичне управління: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Євген Крикавський. – Львів. : Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 684 с.

24. Окландер М.А. Логістика : [підручник] / М. А. Окландер. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 346 с.

25. Фролова Л. В. Концепція логістичного управління – основа підвищення ефективності функціонування підприємств / Л. В. Фролова // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Логістика. – 2005. – № 526. – С. 173–180.:

26. Екологоорієнтоване логістичне управління виробництвом: монографія / [Є.В. Мішенін, І.І. Коблянська, Т.В. Устік, І.Є. Ярова]; за наук. ред. д.е.н., проф. Є.В. Мішеніна – Суми: ТОВ «Друкарський дім «Папірус», 2013. – 248 с.

27. Green logistics. Improving the environmental sustainability of logistics / Alan McKinnon, Sharon Cullinane, Michael Browne and Anthony Whiteing, the Chartered Institute of Logistics and Transport, London, 2010, 372 p. 2.

28. Мішенін Є. В. Стратегія реалізації еколого-орієнтованого логістичного управління виробничою системою підприємства / Є. В. Мішенін, І. І. Коблянська, Н. В. Мішеніна // Економічний часопис – XXI. – 2015. – № 3–4 (1). – С. 64–67.
29. Мананков А.В. Урбоекология и техносфера: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. – М.: Юрайт, 2018. – 494 с.
30. Бойченко С. В., Іванченко О. В., Лейда Казимір, Фролов В. Ф., Яковлева А. В. (за редакцією професора С. В. Бойченка). Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. – К.: НАУ, 2019. – 266 с.
31. Вострякова В.І. "Зелена" логістика аграрного сектору як складова екологічної, енергетичної та продовольчої безпеки держави // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету / Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, 2014. – С. 145–152.
32. Гречин Б.Д. Екологістика як перспективний напрямок розвитку підприємства: закордонний досвід / Б.Д. Гречин // Сталий розвиток економіки. – 2013. – № 4. – С. 213–219.
33. Маргіта Н.О. Сучасні тенденції впровадження "зеленої" логістики / Н.О. Маргіта, У.З. Білоніжка //Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2014. – №1. – С. 279–284.
34. Сумець О.М., Бабенкова Т.Ю. Логістичні системи і ланцюги поставок: навчальний посібник. – К.: "ХайТек Прес", 2012. – 220 с.
35. С. І. Гриценко, Л. В. Савченко. Екологістика: навчальний посібник. – К.: НАУ, 2019. – 266 с.
36. Збірник задач та вправ для вивчення термодинамічних процесів. Навч. посіб. / І. А. Василенко, С. О. Куманьов, О. А. Півоваров – Д.: Акцент ПП, 2014. – 249 с.
37. В.А. Маляренко, Л.В. Лисак Енергетика, довкілля, енергозбереження. /Під заг. ред. проф. В. А. Маляренка, Х.: Рубікон, 2004. – 368 с.
38. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
39. Шаніна Т.П. Техноекологія: Конспект лекцій. – Одеса: 2005. – 205 с.
40. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: аналіт. доп. / [Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Сменковський А. Ю., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.]; за заг. ред. О. М. Суходолі. – Київ: НІСД, 2020. – 178 с.
41. Синєглазов В. М. Відновлювальна енергетика: навчальний посібник / В. М. Синєглазов, О. А. Зеленков, Ш. І. Аскеров, Б. І. Дмитренко – К.: НАУ, 2015. – 278 с.
42. Дубровська, В.В. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», Вид-во “Політехніка», 2016. – 152 с.
43. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: підручник. – К.: «Золоті ворота», 2012. – 592 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Загальні терміни, визначення та поняття

Автоматизована система обліку – сукупність об'єднаних в єдину функціональну систему локального устаткування збору і обробки даних засобів обліку, каналів передачі інформації та пристроїв приймання, обробки, відображення та реєстрації інформації.

Багатотарифні засоби обліку – засоби вимірювальної техніки, які використовуються для визначення обсягу електричної енергії та реалізують процедуру погодинної реєстрації показань засобів обліку та/або реєстрації показників засобів обліку за зонами доби.

Баланс витрат на енергоресурси – енергетичний баланс (енергобаланс) у грошовій формі.

ВВП (Валовий внутрішній продукт) – показник, що характеризує результати економічної діяльності в сфері матеріального і нематеріального виробництва, ринкова вартість усіх кінцевих товарів і послуг, вироблених (наданих) протягом року. Показник дозволяє зробити інтегрований вимір підсумків діяльності держави;

Висновок аудиту – професійне судження чи думка, висловлені аудитором щодо предмету аудиту, основою та обмеженням яких є міркування аудитора з приводу даних (інформації), отриманих під час аудиту.

Дані (результати) аудиту – результати оцінювання зібраних доказів аудиту, зіставлені з погодженими критеріями аудиту. Дані (результати) аудиту є основою звіту про енергетичний аудит.

Державна експертиза з енергозбереження – це система заходів з метою досягнення якомога більшої ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, впровадження сучасних досягнень техніки і технології у галузях суспільного виробництва, запобігання впровадженню неефективних технологій, виготовленню неефективної техніки, обладнання, приладів, побутової техніки, пов'язаних з видобуванням, переробкою, виробництвом, транспортуванням,

збереженням та використанням усіх видів паливно-енергетичних ресурсів.

Джерело теплопостачання – виробничий об'єкт, призначений для виробництва теплової енергії.

Експлуатація – період служби устаткування від моменту введення його в роботу і до виведення з роботи, протягом якої підтримується і відновлюється його роботоздатність. Експлуатація поділяється на чотири оперативні стани: робота, резерв, ремонт, консервація.

Енергетичний аудит – це технічне, технологічне та економічне обстеження підприємств, характер і аналіз ефективності використання енергоресурсів з метою: аналізу характеру використання і втрат енергоресурсів, визначення та аналіз економічно ефективних варіантів їх використання, можливості впровадження енергозберігаючих проєктів та технологічного переозброєння підприємств, об'єднання в одну систему планування енергозберігаючих проєктів, впровадження систем енергетичного менеджменту.

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення.

Енергоаудитор – спеціаліст з питань раціонального використання ПЕР, що має належну підготовку та визначені законодавством дозволи на проведення енергетичного аудиту, представляє і захищає інтереси суб'єктів господарювання в питаннях енергозбереження.

Енергоефективний проєкт – проєкт, спрямований на зменшення енергоспоживання, а саме: реконструкція мереж і систем постачання, регулювання і облік споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів.

Енергоефективні продукція, технологія, обладнання – продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними

техніко-економічними показниками;

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізовується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правове і фінансово-економічне регулювання процесів видобування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу та використання паливно-енергетичних ресурсів з метою їх раціонального використання та економного витрачання.

Енергоощадні (енергоефективні) заходи – заходи, спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних продукції, технологій та обладнання.

Ефективне використання енергетичних ресурсів – досягнення економічно виправданої ефективності використання енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки і технологій і дотриманні вимог до охорони навколишнього природного середовища.

Індивідуальний тепловий пункт – тепловий пункт, із якого здійснюється теплопостачання та керування системою теплоспоживання не більше ніж однієї будівлі (споруди) або її частини.

Локомотив – силова тягова машина (паровоз, тепловоз, електровоз) призначена для переміщення вагонів по рейковій колії і виконання всіх функцій по управлінню руху потяга.

Марнотратне витрачання паливно-енергетичних ресурсів – систематичне, без виробничої потреби, не зумовлене вимогами технічної безпеки недовантаження або використання на холостому ходу електродвигунів, електродвигунів та іншого електро- і тепло устаткування; систематична втрата стисненого повітря, води і тепла, спричинена несправністю арматури, трубопроводів, печей і тепловикористовуючого устаткування; недотримання вимог нормативної та проєктної документації щодо теплоізоляції споруд та

інженерних об'єктів, що призводить до зниження теплового опору огорожувальних конструкцій, вікон, дверей в опалювальний сезон (вид нерационального використання паливно-енергетичних ресурсів);

Менеджмент з енергозбереження – система управління, спрямована на забезпечення раціонального використання споживачами паливно-енергетичних ресурсів.

Мережна вода – спеціально підготована вода, яка використовується у водяній тепловій мережі як теплоносії.

Наскрізна норма питомих витрат – це показник витрат даного виду енергоресурсу на одиницю продукції протягом певного технологічного циклу виробництва в основних і допоміжних службах підприємства.

Непродуктивна витрата енергетичних ресурсів – втрати енергоресурсів, викликані порушенням стандартів, норм, регламентів і безгосподарністю.

Нераціональне (неефективне) використання паливно-енергетичних ресурсів – прямі втрати паливно-енергетичних ресурсів, їх марнотратне витрачання та використання паливно-енергетичних ресурсів понад встановлений показник питомих витрат, визначених системою стандартів, а до введення в дію системи стандартів – нормами питомих витрат палива і енергії.

Норма питомої витрати енергетичного ресурсу (енергоресурсу) – технічно та економічно обґрунтована витрата енергоресурсу, необхідна для вироблення одиниці продукції у прогресивних умовах виробництва продукції та експлуатації енергоустаткування.

Норма питомої витрати ПЕР – це затверджений уповноваженим на те Кабінетом Міністрів України органом виконавчої влади показник їх використання на одиницю виробленої продукції, виконаних робіт або наданих послуг встановленої якості, орієнтований на прогресивне виробництво;

Нормування витрат ПЕР – це встановлення планової об'єктивно необхідної величини їх споживання на одиницю виробленої продукції, виконаних робіт або наданих послуг встановленої якості.

Об'єкт аудиту – організація чи територія, що підлягає (піддається) аудиту.

Паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) – сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, що використовуються в економіці.

Показник енергоефективності – абсолютна або питома величина споживання, або втрати енергетичних ресурсів для продукції будь-якого призначення, встановлена державними стандартами.

Прибуток – ефект в абсолютних значеннях (перевищення доходів над витратами в грошовому виразі).

Прилад комерційного обліку теплової енергії – засіб вимірювальної техніки, що має нормовані метрологічні характеристики, тип якого внесений до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, або такий, що пройшов державну метрологічну атестацію, на основі показань якого визначається обсяг спожитої теплової енергії.

Прямі втрати паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) – втрата паливно-енергетичних ресурсів поза технологічними процесами (вид нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів).

Режим теплопостачання (теплоспоживання) – відпуск (споживання) теплової енергії у кількості та якості, обумовлених договором на теплопостачання (теплоспоживання), відповідно до температурного графіка.

Рентабельність – ефект у відносних одиницях (відношення прибутку або доходів до витрат), яка відображає частку витрат, повернену щорічно у вигляді прибутку або доходів.

Система енергетичного менеджменту – це система керування, яка забезпечує таку роботу підприємства, при якій споживається тільки цілком необхідна для виробництва кількість енергії та інструмент керування підприємством, знання про розподіл і умови споживання енергоресурсів на підприємстві.

Споживач теплової енергії – юридична або фізична особа (територіально відокремлений цех, будівельний майданчик тощо), яка використовує теплову енергію на підставі договору або від власних джерел теплопостачання.

Температурний графік теплової мережі – розрахункові значення

температури теплоносія, які залежать від кліматичних розумів (стосовно розрахункової зовнішньої температури повітря для системи опалення), після джерела теплопостачання на вході в теплову мережу споживача теплової енергії і після його повернення від споживачів.

Теплова мережа – трубопроводи, призначені для транспортування пари або гарячої води до споживачів тепла і повернення конденсату пари та відпрацьованої гарячої води в системи теплопостачання.

Теплова установка – узагальнене поняття обладнання (пристроїв), призначеного для виробництва, перетворення та споживання теплової енергії.

Тепловий вузол – комплекс пристроїв, призначених для приєднання систем теплоспоживання до теплової мережі з метою керування ними та забезпечення відповідного режиму теплоспоживання.

Тепловий пункт – спеціально обладнане приміщення, із якого здійснюється керування місцевими системами теплоспоживання (опаленням, гарячим водопостачанням, вентиляцією, технологічним навантаженням). У ньому відбувається трансформація параметрів теплоносія за видами споживання тепла, облік тепла тощо.

Тепловикористовувальна установка – комплекс обладнання (пристроїв), що використовують теплову енергію гарячої (мережної) води чи пари для опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, технологічних чи комунально-побутових потреб.

Теплопостачальна організація – суб'єкт господарської діяльності з постачання споживачам теплової енергії.

Термін окупності – період, протягом якого інвестиції відшкодовуються за рахунок прибутку і можуть бути використані для нових вкладень (розширеного відтворення).

Балансоутримувач (будинку, групи будинків, житлового комплексу) – власник відповідного майна або юридична особа, яка за договором з власником утримує на балансі відповідне майно і уклала договір купівлі-продажу теплової енергії з теплогенеруючою або теплопостачальною організацією, а також

договори на надання житлово-комунальних послуг з кінцевими споживачами.

Група будинків (споруд) – два або більше будинків (споруд), що разом з тепловими мережами до місця установки приладу комерційного обліку теплової енергії мають одну балансову приналежність.

Джерело теплової енергії – виробничий об'єкт, призначений для виробництва теплової енергії.

Ентальпія – кількість енергії, що передана паром споживачу.

Когенераційна установка – комплекс обладнання, що працює у спосіб комбінованого виробництва електричної та теплової енергії або перетворює скидний енергетичний потенціал технологічних процесів в електричну та теплову енергію

Магістральна тепла мережа – комплекс трубопроводів і споруд, що забезпечують транспортування теплоносія від джерела теплової енергії до місцевої (розподільчої) теплової мережі.

Місцева (розподільча) тепла мережа – сукупність енергетичних установок, обладнання і трубопроводів, яка забезпечує транспортування теплоносія від джерела теплової енергії, центрального теплового пункту або магістральної теплової мережі до теплового вводу споживача.

Об'єкти в сфері теплопостачання – теплогенеруючі станції чи установки, теплові електростанції, теплоелектроцентралі, котельні, когенераційні установки, теплові мережі, що призначені для виробництва та транспортування теплової енергії.

Ринок теплової енергії – сфера обороту теплової енергії як товару, на який є попит і пропозиція.

Сепарація – виділення часток води з пари, а призначений для цієї мети пристрій усередині котла називається сепаратор.

Система автономного теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю до 1 Гкал/год., місцевих (розподільчих) теплових мереж.

Система децентралізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 1 до 3 Гкал/год., місцевих (розподільчих)

теплових мереж;

Система помірно-централізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 3 до 20 Гкал/год, магістральних та/або місцевих (розподільчих) теплових мереж.

Система централізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю понад 20 Гкал/год., магістральних і місцевих (розподільчих) теплових мереж.

Тариф (ціна) на теплову енергію – грошовий вираз витрат на виробництво, транспортування, постачання одиниці теплової енергії (1 Гкал) з урахуванням рентабельності виробництва, інвестиційної та інших складових, що визначаються згідно із методиками, розробленими центральним органом виконавчої влади у сфері теплопостачання.

Теплова енергія – товарна продукція, що виробляється на об'єктах сфери теплопостачання для опалення, підігріву питної води, інших господарських і технологічних потреб споживачів, призначена для купівлі-продажу.

Теплогенеруюча організація – суб'єкт господарської діяльності, який має у своїй власності або користуванні теплогенеруюче обладнання та виробляє теплову енергію.

Теплогенеруюча установка – комплекс взаємопов'язаного обладнання, що виробляє теплову енергію, незалежно від місця його розташування.

Теплоносій – рідка або газоподібна речовина, що циркулює у трубах або каналах і передає теплову енергію в системах теплопостачання, опалення, вентиляції та технологічних установках.

Теплопостачання (постачання теплової енергії) – сфера діяльності з виробництва, транспортування, постачання теплової енергії споживачам.

Теплотранспортуюча організація – суб'єкт господарської діяльності, що здійснює транспортування теплової енергії.

Вимірювач витрат теплоти – пристрій, призначений для контролю та обліку кількості теплоти у замкнутих системах теплопостачання, в яких використовується в якості теплоносія вода.

Витратомір – засіб вимірювальної техніки, призначений для вимірювання об'ємних витрат рідини.

Гідравлічні випробування – це випробування теплових мереж для визначення фактичних значень коефіцієнта тертя та еквівалентної шорсткості які використовуються при проведенні розрахунків гідравлічних опорів трубопроводів.

Дифманометр – засіб вимірювальної техніки, призначений для вимірювання перепаду тиску у теплових мережах.

Мережний насос – пристрій, який забезпечує циркуляцію теплоносія у теплових мережах, та необхідний напір перед тепловим пунктом.

Підживлюючий насос – пристрій, який забезпечує підживлення водою теплових мереж, внаслідок втрат її через нещільності у трубопроводах та забезпечує необхідний тиск у теплових мережах.

Теплові випробування – це випробування для визначення фактичних втрат тепла у водяних теплових мережах, для порівнянням їх з нормативними значеннями.

Термометр – засіб вимірювальної техніки, призначений для визначення температури теплоносія.

Енергетична безпека – це задоволення на оптимальному рівні поточних і перспективних потреб держави в паливно-енергетичних ресурсах як у звичайних умовах розвитку економіки, так і в надзвичайних ситуаціях.

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) – галузі економіки, що здійснюють видобуток первинних паливних ресурсів, їх переробку, виробництво альтернативних видів палива та джерел енергії, транспортування рідкого, газоподібного палива та енергії до споживачів.

Доказ аудиту – інформація, протоколи, записи, заяви чи констатація фактів іншим чином, які можуть бути перевірені.

Консалтинг з питань енергоаудиту, енергоменеджменту та енергоресурсозбереження – надання консультаційних послуг енергоаудиторами з таких питань:

експертиза з питань енергоресурсозбереження (в тому числі – державна);

оцінювання з точки зору ефективності використання ПЕР існуючих (або тих, що проєктуються) машин і технологій;

обґрунтування застосування та оцінювання ефективності енергоощадних заходів;

розроблення нормативної, учбової, довідкової та інформаційної документації з питань енергоресурсозбереження.

Критерії аудиту – політика, методи, методики чи вимоги, за якими аудитор зіставляє (перевіряє) зібрані під час аудиту докази щодо предмету аудиту.

Повторний енергетичний ресурс – енергетичний потенціал основного, проміжного, побічного продукту і відходів виробництва, що не використовується в основному процесі, але достатній для використання в інших.

Правила тягових розрахунків (ПТР) – правила, обов’язкові за різного роду тягових розрахунків для поїзної роботи локомотивів під час експлуатації та проєктуванні залізниць з шириною колії 1520 мм, а також є основою для розрахунків палива та електроенергії, що витрачаються на тягу поїздів.

Суб’єкти енергетичного аудиту – є його замовник та виконавці:

Замовник (клієнт) – організація (установа) або фізична особа, що замовляє та доручає здійснення енергетичного аудиту.

Клієнтом (замовником) може бути сам об’єкт енергетичного аудиту, або будь яка інша юридична (фізична) особа, що має на це встановлене законом чи нормативним актом право, або яка має право доручати здійснення аудиту будь якій аудиторській групі, що спеціалізується на здійсненні енергетичного аудиту.

Тепловикористовуюча установка – установка, що споживає енергію у вигляді пари або гарячої води. До них відносяться парові і водяні системи опалювання і вентиляції, мийні машини, бойлерні установки для отримання гарячої води, парові сушки, установки для сушки і миття цистерн, пристрої для

зовнішньої обшивки вагонів, виварні ванни і автоклави, пристрої для розігрівання нафтопродуктів і т.д. Опалювально-вентиляційний паспорт складається для окремо взятої будівлі.

Тягово-енергетична вагон-лабораторія залізниці (ТЕВЛ) – призначена для проведення випробувань локомотивів згідно ПТР (правил тягових розрахунків) і діючих нормативних документів Укрзалізниці.

Водопідігрівальна установка (водопідігрівник) – теплообмінний пристрій, що знаходиться під тиском середовища вище від атмосферного і використовується для нагрівання води за допомогою водяної пари, гарячої води.

Допуск – комплекс організаційно-технічних заходів щодо гарантування правильності підготовки робочого місця, достатності вжитих заходів безпеки, що здійснюється допускаючим, після виконання яких бригада має право розпочати роботу на робочому місці, до якого вона допускається за нарядом-допуском або розпорядженням.

Закрита водяна система тепlopостачання – водяна система тепlopостачання, в якій вода, що циркулює в тепловій мережі, використовується тільки як теплоносій і з мережі не відбирається.

Інструкція з експлуатації – документ, у якому викладено відомості, необхідні для правильної експлуатації (використання, транспортування, зберігання і технічного обслуговування) виробу (установки) та підтримання його (її) в постійній готовності до дії.

Персонал адміністративно-технічний – керівники підприємств, головний енергетик (механік), начальники цехів, дільниць, лабораторій, інженери та техніки, майстри та інші особи, на яких покладено адміністративно-технічні функції.

Персонал оперативний (черговий) – персонал, який перебуває на чергуванні в зміні і допущений до оперативного керування і оперативних перемикань: диспетчери, чергові інженери та техніки, начальники змін, чергові на щитах керування, члени оперативно-виїзних бригад, що обслуговують

теплові установки та мережі.

Персонал оперативно-ремонтний – ремонтний персонал, спеціально навчений і підготований для оперативного обслуговування в затвердженому обсязі закріпленого за ним устаткування.

Персонал ремонтний – персонал, навчений і допущений до ремонту теплового устаткування і мереж, засобів виміральної техніки і автоматики теплового устаткування.

Підземні споруди – теплові камери, прохідні та напівпровідні канали, колектори і колодязі.

Ремонт – комплекс операцій для відновлення справності або працездатності устаткування шляхом заміни чи відновлення зношених і пошкоджених деталей та вузлів.

Центральний тепловий пункт – тепловий пункт, до якого приєднані системи теплоспоживання двох і більше будівель (споруд).

Договір про постачання електричної енергії – угода двох сторін (постачальник електричної енергії за регульованим тарифом і споживач), що є документом певної форми, що встановлює зміст та регулює правовідносини між сторонами під час постачання електричної енергії за регульованим тарифом.

Договір про приєднання – угода двох сторін (електропередавальна організація (основний споживач) та замовник), що є документом певної форми, який встановлює зміст та регулює правовідносини між сторонами під час отримання та виконання технічних умов електропостачання.

Договір про спільне використання технологічних електричних мереж основного споживача – угода двох сторін (основний споживач і субспоживач), що є документом певної форми, що встановлює зміст та регулює правовідносини між сторонами під час передачі електричної енергії технологічними мережами основного споживача для потреб субспоживача.

Договірна величина споживання електричної енергії – узгоджений в договорі між постачальником електричної енергії і споживачем обсяг

електричної енергії, що може бути спожитий споживачем за відповідний розрахунковий період.

Договірна потужність – узгоджена із споживачем на розрахунковий період відповідно до нормативних документів та зазначена у договорі гранична величина сумарної споживаної потужності в години максимального навантаження енергосистеми, яка встановлюється для об'єктів споживача потужністю 150 кВА (кВт) і більше, що розташовані окремо від основного підприємства споживача і не мають спільної з іншими об'єктами споживача технологічної електричної мережі.

Електрична енергія (активна) – енергоносіє, що виступає на ринку як товар, що відрізняється від інших товарів особливими споживчими якостями та фізико-технічними характеристиками (одночасність виробництва та споживання, неможливість складування, повернення, переадресування), що визначають необхідність регулювання та регламентації використання цього товару.

Електрична мережа – призначена для перетворення, передачі та/або розподілу електричної енергії сукупність електроустановок з усією інфраструктурою, у тому числі системи автоматики, захисту, управління, регулювання та зв'язку.

Електропередавальна організація – суб'єкт господарювання, який отримав ліцензію НКРЕ на право здійснення підприємницької діяльності з передачі електричної енергії магістральними та міждержавними електричними мережами або місцевими (локальними) електричними мережами, а також суб'єкт господарювання, який отримав ліцензію НКРЕ на право здійснення підприємницької діяльності з передачі електричної енергії місцевими (локальними) електромережами та ліцензію НКРЕ на право здійснення підприємницької діяльності з постачання електричної енергії за регульованим тарифом, що здійснює свою діяльність на закріпленій території.

Локальне устаткування збору і обробки даних (ЛОУ) – обчислювальна система, яка збирає, обробляє і накопичує дані про обсяги та параметри потоків

електричної енергії та рівень споживаної потужності.

Межа балансової належності – точка розподілу елементів електричної мережі між власниками електроустановок за ознаками права власності або повного господарського відання.

Межа експлуатаційної відповідальності – точка розподілу електричної мережі за ознакою зобов'язань з експлуатації тих чи інших її ділянок або елементів, встановлюється за згодою сторін. За відсутності такої згоди (договору) межа експлуатаційної відповідальності збігається з межею балансової належності.

Недовідпущена електрична енергія – різниця між обсягом електричної енергії, який мав бути поставлений споживачеві у певний період відповідно до договору, і фактично отриманим споживачем обсягом електричної енергії за цей період, що виникла в результаті перерви в електропостачанні, у тому числі при відключеннях та обмеженнях.

Недоврахована електрична енергія – обсяг електричної енергії, використаний споживачем або переданий транзитом, але не врахований розрахунковими засобами обліку або врахований неправильно.

Однотарифні засоби обліку – засоби вимірювальної техніки, які використовуються для визначення обсягу електричної енергії та реєструють інтегральне (сумарне) значення показів.

Перетікання реактивної електричної енергії – складова фізичних процесів передачі, розподілу та споживання активної електричної енергії, яка залежно від параметрів, схеми та режиму роботи електричної мережі спричиняє додаткові технологічні втрати активної електричної енергії та погіршення показників якості електричної енергії.

Постачання електричної енергії за нерегульованим тарифом – надання електричної енергії споживачам за допомогою електроустановок електропередавальної організації, яке здійснює постачальник електричної енергії, за цінами, які визначаються відповідно до договору купівлі-продажу

електричної енергії із споживачем.

Постачання електричної енергії за регульованим тарифом – надання електричної енергії споживачу за допомогою власних електроустановок ліцензіата з постачання електричної енергії за регульованим тарифом на підставі договору за тарифами, які формуються відповідно до Умов та Правил здійснення підприємницької діяльності з постачання електричної енергії за регульованим тарифом.

Приєднана потужність – сумарна потужність приєднаних до електричної мережі електродвигунів напругою вище 1000В та трансформаторів споживача (без врахування резервних трансформаторів), які перетворюють електроенергію на робочу напругу (яка безпосередньо живить струмоприймачі). У тих випадках, коли живлення електроустановок споживача здійснюється від трансформаторів чи низьковольтних мереж електропередавальної організації, за приєднану потужність приймається дозволена до використання потужність, величина якої зазначається у договорі.

Реактивна потужність – складова повної потужності, яка залежно від параметрів, схеми та режиму роботи електричної мережі спричиняє додаткові втрати активної електричної енергії та погіршення показників якості електричної енергії.

Реактивна електрична енергія – викликана електромагнітною незбалансованістю електроустановок технологічно шкідлива циркуляція електричної енергії між джерелами електропостачання та приймачами змінного електричного струму.

Розрахунковий (комерційний) облік електричної енергії – визначення на підставі вимірів та інших регламентованих процедур обсягу електричної енергії та рівня потужності для здійснення комерційних розрахунків між постачальником електричної енергії, електропередавальною організацією та споживачем.

Розрахунковий період – період часу, за який визначається обсяг спожитої

та/або переданої електричної енергії, величина потужності, та здійснюються відповідні розрахунки. Погоджений сторонами розрахунковий період вказується в договорі

Розрахункові засоби обліку – засоби обліку, що застосовуються для здійснення комерційних розрахунків між постачальником електричної енергії, електропередавальною організацією та споживачем.

Аналіз паливно-енергетичного балансу – функція керування споживанням паливно-енергетичних ресурсів, спрямована на вироблення оптимальних управлінських рішень щодо ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів.

Аудит системи енергетичного менеджменту – незалежний документально оформлений процес обстеження, пов'язаний із збиранням та об'єктивним оцінюванням доказів для визначення відповідності наявної на підприємстві системи енергетичного менеджменту вимогам керування ефективністю використання паливно – енергетичних ресурсів на підприємстві, а також з поданням висновків цього обстеження керівництву.

Енергоаудиторська група – енергоаудитори та представники підприємства-замовника енергетичного аудиту, призначені організовувати та провадити енергетичний аудит.

Енергоаудиторський висновок – документальне оформлення стану ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підприємством за результатами енергетичного аудиту.

Ефективне використання ПЕР – використання паливно-енергетичних ресурсів для досягнення економічно обґрунтованої ефективності за наявного рівня розвитку техніки та технології, а також за умови виконання технічних і технологічних вимог, вимог до якості продукції, охорони довкілля та охорони праці.

Замовник (енергетичного аудиту) – юридична особа (підприємство, організація тощо), що доручає провадити енергетичний аудит виконавцю енергетичного аудиту.

Методика проведення енергетичного аудиту – система методичних, технічних та організаційних процедур обстеження й аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підприємством, розроблення рекомендацій та їх техніко-економічне обґрунтування згідно з поставленим завданням підприємства у сфері енергозбереження.

Аналіз енергетичного балансу – функція управління енергоспоживанням, спрямована на вироблення оптимальних управлінських рішень щодо ефективного використання енергетичних ресурсів.

Баланс вторинних енергетичних ресурсів – система показників, що відображають кількісну відповідність між прибутком і витратою вторинних енергетичних ресурсів;

Баланс електричної енергії – система показників, що відображають кількісну відповідність між прибутком електроенергії (вироблення електроенергії та її надходження від інших джерел) та витратою електроенергії, включаючи її втрати і відпуск стороннім споживачам.

Баланс палива – система показників, що відображають кількісну відповідність між прибутком та витратою окремих видів первинних і вторинних енергетичних ресурсів у вигляді твердого, рідкого та газоподібного палива.

Баланс потужності енергетичної установки (енергоустановки) – сукупність графіків, що відображають відповідність між енергетичним навантаженням об'єкта залізничного транспорту та робочою потужністю енергоустановки.

Баланс теплової енергії – система показників, що відображають кількісну відповідність між прибутком теплової енергії (вироблення тепла, надходження теплової енергії від інших джерел, утилізація тепла) та витратою тепла (використання теплової енергії, її втрати та відпуск тепла стороннім споживачам).

Витратна частина енергетичного балансу – система показників, що характеризують напрямки та структуру чи ефективність використання на

об'єкті складення балансів всіх видів енергетичних ресурсів (включаючи корисну енергію, втрати енергії та вихід вторинних енергоресурсів), а також відпуск енергоресурсів іншим споживачам.

Вторинний енергетичний ресурс (*вторинний енергоресурс*) – паливо чи енергія різних видів та параметрів, що одержуються як побічний продукт чи відходи технологічних процесів.

Втрати енергії – різниця між підведеною та корисною енергією.

Експериментальний спосіб складання енергетичного балансу – спосіб, який ґрунтується на проведенні випробувань енергоустаткування, замірах та обліку фактичних витрат енергетичних ресурсів.

Електроозброєність праці за енергією – відношення всієї спожитої за рік на підприємстві електричної енергії, враховуючи втрати в мережах, до середньоспискової чисельності виробничого персоналу підприємства чи до відпрацьованих людино-годин за той самий час.

Електроозброєність праці за потужністю – відношення встановленої потужності електроспоживачів на підприємстві до середньоспискової чисельності виробничого персоналу найбільш завантаженої зміни, взятих за певний період.

Енергетична установка (*енергоустановка*) – пристрій, безпосередньо призначений для одержання, перетворення, транспортування і кінцевого використання первинних чи утилізації вторинних енергетичних ресурсів.

Енергетичне господарство структурного підрозділу залізничного транспорту – комплекс взаємопов'язаних енергетичних установок для вироблення чи одержання від інших джерел перетворення, зберігання, розподілу, та використання в структурному підрозділі енергоресурсів усіх видів.

Енергетичний баланс в аналітичній формі – баланс, що відображає розподіл загальної витрати енергетичних ресурсів, які виробляються та надходять від інших джерел, на корисну складову та втрати енергоресурсів з наступною деталізацією корисної складової за напрямками використання, а

втрат – за місцем.

Енергетичний баланс у робочій формі – баланс, у витратній частині якого відображено розподіл енергетичних ресурсів, що виробляються чи надходять від інших джерел, за виробничо-територіальною та цільовою ознакою без розподілу їх витрати на корисну складову та втрати.

Енергетичний носій (енергоносій) – матеріальне тіло, що має енергетичний потенціал і використовується для транспортування енергії від джерела до кінцевого споживання чи до наступного ступеня перетворення.

Енергетичний потік (енергопотік) – рух енергоресурсів в енергетичному господарстві структурного підрозділу залізничного транспорту у напрямку від джерела до споживача енергії, включаючи стадії, що характеризують зміну кількості (чи) якісного стану, переміщення та зберігання енергетичних ресурсів.

Енергетичний ресурс – паливо чи енергія різних видів та параметрів, що використовуються або можуть бути використані на залізничному транспорті.

Енерговикористовувальний агрегат – агрегат кінцевого використання енергетичного ресурсу, який складається з енергоприймача та технологічного апарата.

Енергомісткість основних виробничих фондів – відношення енергії всіх видів у перерахунку на первинну енергію, що підводиться до підприємства за рік, до вартості основних виробничих фондів.

Енергомісткість продукції – відношення всієї енергії, що споживається за рік (у перерахунку на первинну енергію), до річного обсягу продукції, що випускається підприємством.

Енергоозброєність праці – відношення повного енергоспоживання за рік у перерахунку на первинну енергію до середньоспискової чисельності виробничого персоналу підприємства чи до відпрацьованих людино-годин за той самий час.

Енергоприймач – частина енерговикористовувального агрегату, що сприймає, перетворює підведену енергію та передає її в технологічний апарат.

Звітний енергетичний баланс – баланс, складений за певний минулий

період часу.

Коефіцієнт електрифікації за корисною енергією – відношення всієї корисної енергії, отриманої за рахунок електричної енергії, до загальної кількості корисної енергії, витраченої підприємством.

Коефіцієнт корисного споживання енергії – відношення всієї корисно спожитої енергії в структурному підрозділі залізничного транспорту до всієї витраченої енергії (у перерахунку на первинну енергію).

Коефіцієнт перетворення енергетичного ресурсу – відношення всієї кількості енергії, одержаної в процесі перетворення енергетичного ресурсу, до кількості підведеної енергії.

Комбінований спосіб складання енергетичного балансу – спосіб, у разі використання якого корисна складова витрат енергетичних ресурсів визначається розрахунковим шляхом, а їх втрати встановлюються експериментальним та розрахунковим способами.

Корисна енергія – кількість енергії, що теоретично необхідна для виконання будь яких енергетичних процесів чи одержувана на стадії перероблення, транспортування та зберігання енергетичних ресурсів.

Національний енергетичний баланс – баланс, що складається на основі фактичного енергобалансу об'єкта з урахуванням проведення усіх реально можливих у даних умовах заходів щодо зниження питомої витрати та витрат енергетичних ресурсів.

Нормалізований енергетичний баланс – баланс, що розробляється на основі фактичного енергобалансу об'єкта з використанням науково-обґрунтованих прогресивних норм і нормативів корисної витрати та витрат енергетичних ресурсів.

Об'єкт складання енергетичного балансу (енергобалансу) – структурний підрозділ чи окрема його ланка (виробництво, цех, дільниця, група агрегатів, окремий агрегат чи установка), що розглядається як виробник чи споживач енергетичних ресурсів.

Оптимальний енергетичний баланс – баланс, що складається з метою

визначення варіанта енергопостачання об'єкта, за якого виробництво продукції буде здійснюватися з мінімальними витратами (вибір найекономніших видів енергетичних ресурсів, встановлення оптимальних режимів сумісної роботи генерувальних і енергоспоживних установок та ін.).

Перспективний енергетичний баланс – баланс, що складається на віддалені майбутні відрізки часу (на 5, 10-15 і більше років).

Питома витрата енергетичного ресурсу – енергетичний ресурс, що споживається установкою чи об'єктом, на одиницю сировини або виробленої продукції чи роботи.

Підведена енергія – кількість енергії у підведеному енергетичному ресурсі чи енергоносії.

Підведений енергетичний ресурс (*підведений енергоресурс*) – паливо чи енергія, підведені до енергетичної установки для наступного перероблення, перетворення, транспортування чи використання.

Плановий енергетичний баланс – баланс, що складається на відповідні майбутні відрізки часу.

Поточний енергетичний баланс – баланс, що складається на найближчі майбутні відрізки часу (рік, квартал, місяць та ін.).

Прибуткова частина енергетичного балансу – система показників, що характеризують склад та структуру всіх видів енергетичних ресурсів (які виробляються чи надходять від інших джерел) підведених до об'єкта складання балансу.

Проектний енергетичний баланс – баланс, що складається інститутом-проектувальником на стадії створення проєкту, побудови чи реконструкції підприємства і є підставою для розроблення схем його енергопостачання.

Розрахунковий спосіб складання енергетичного балансу – спосіб, у разі використання якого корисне споживання та втрати енергетичних ресурсів визначаються на підставі відповідних фізико-хімічних та емпіричних формул.

Споживання енергетичних ресурсів на власні потреби – витрати енергоресурсів на допоміжні енергетичні та технологічні потреби, які

забезпечують роботу об'єктів залізничного транспорту.

Стаття енергетичного балансу – назва виду енергетичних ресурсів, джерела їх надходження, генерувальної установки, об'єкта чи напрямку використання палива та енергії, а також виду їх втрат.

Структура аналізу енергетичного балансу – визначення основних споживачів енергоресурсів, а також (за наявності фактичного та оптимального енергетичних балансів) визначення місць (підрозділів, дільниць, цехів, технологічних процесів) де енергоресурси витрачаються найменш ефективно, щоб розробити пріоритетні напрями роботи з енергоощадності.

Структура балансу електроенергії – система показників ліцензіата-передавача за календарний (розрахунковий) період, яка складена на підставі показів розрахункових засобів обліку та характеризує сумарні і з розбивкою на кожному ступені напруги значення надходжень, віддач, трансформувальних електроенергії та структури звітних значень технологічних витрат електроенергії.

Структура витратної частини енергетичного балансу – питома вага (у відсотках) окремих напрямків використання палива та енергії, їх втрат чи відпуску іншим споживачам у загальній витраті енергетичних ресурсів об'єкта.

Структура прибуткової частини енергетичного балансу – питома вага (у відсотках) виробництва чи надходження від інших джерел окремих видів палива та енергії у загальній кількості підведених до об'єкта енергетичних ресурсів.

Тепломісткість продукції – відношення всього споживаного підприємством за рік тепла до річного обсягу виробленої продукції.

Технологічний апарат – частина енерговикористовувального агрегату, в якій відбувається перетворення сировини чи оброблюваного матеріалу.

Фактичний енергетичний баланс – баланс, що відображає існуючий стан використання енергетичних ресурсів (досягнутий рівень корисного споживання палива й енергії), а також усі виправдані та невиправдані втрати.

Частковий енергетичний баланс – баланс, що складається для окремих

видів палива, енергії чи енергоносіїв.

Економія паливно-енергетичних ресурсів – відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості.

Бензин – рідке нафтове паливо для використання в поршневих двигунах з іскровим запалюванням.

Вторинні паливно-енергетичні ресурси (ВЕР) – паливно-енергетичні ресурси, отримані як відходи або побічні продукти виробничого технологічного процесу.

Газотурбінне паливо – рідке нафтове паливо для застосування в наземних і суднових газотурбінних двигунах.

Горючі гази – вуглеводневе паливо, яке знаходиться в газоподібному стані при температурі вище 15 °С і при тиску 0,1 МПа.

Дизельне паливо – рідкий нафтопродукт, який може бути застосований для вироблення потужності в дизельних двигунах з samozайманням від стиснення.

Енергетичне вугілля – вугілля, витягнутий з надр, за винятком вугілля для фільтрів.

Мазут – рідке нафтове паливо для використання в топкових агрегатах або пристроях.

Невідновлювані паливно-енергетичні ресурси – джерела енергії, накопичені в природі у вигляді копалин та не відновлювані в існуючих геологічних умовах. *До них належать вугілля, нафта, газ, торф і горючі сланці.*

Паливно-енергетичні ресурси, ПЕР – сукупність природних і виробничих енергоносіїв, запасена енергія яких при існуючому рівні розвитку техніки та технології доступна для використання в господарській діяльності.

Паливо – речовина, що може бути використано в господарській діяльності для отримання теплової енергії, що виділяється при згоранні.

Питома теплота згорання палива – сумарна кількість енергії, що вивільняється у встановлених умовах спалювання палива.

Поновлювані паливно-енергетичні ресурси - природні енергоносії, постійно поповнюювані в результаті природних процесів.

Природний газ - метан і газові суміші.

Теплотворна здатність палива – сумарна кількість енергії, якою володіє паливо, вивільняючи її в регламентованих умовах. *Теплотворну здатність палива виражають в мегаджоулях на кілограм (МДж/кг), в мегаджоулях на кубічний метр (МДж/м³).*

Децентралізоване електропостачання – електропостачання споживача від джерела, що не має зв'язку з енергетичною системою.

Децентралізоване теплопостачання – теплопостачання споживачів від джерела теплової енергії, що не має зв'язку з енергетичною системою.

Диспетчерське управління енергосистемою – централізоване оперативне управління роботою енергосистеми, що здійснюється диспетчерською службою.

Електроенергетика – розділ енергетики, що забезпечує електрифікацію країни на основі раціонального розширення виробництва і використання електричної енергії.

Енергетика – галузь народного господарства, науки і техніки, що охоплює паливно-енергетичні ресурси, виробництво, передавання, перетворення, акумулювання, розподіл і споживання енергії різних видів.

Енергетична система; енергосистема – сукупність електростанцій, електричних і теплових мереж, з'єднаних між собою і пов'язаних спільністю режиму в безперервному процесі виробництва, перетворення і розподілу електричної енергії і тепла при загальному управлінні цим режимом.

Енергопостачання – забезпечення споживачів енергією (електричною енергією).

Об'єднана енергосистема – сукупність декількох енергетичних систем, об'єднаних загальним режимом роботи, що має загальне диспетчерське

управління як вищий щабель управління по відношенню до диспетчерським управлінням входять до неї енергосистем.

Теплоенергетика – розділ енергетики, пов'язаний з отриманням, використанням і перетворенням теплової енергії в енергію різних видів.

Теплопостачання – забезпечення споживачів тепловою енергією.

Теплофікація – централізоване теплопостачання при виробництві електричної енергії та теплової енергії в єдиному технологічному циклі.

Централізоване електропостачання – електропостачання споживачів від енергетичної системи.

Централізоване теплопостачання – теплопостачання споживачів від джерел теплової енергії через загальну теплову мережу.

Багатофункціональний енерготехнічний комплекс (БЕК) — електростанція, яка використовує для вироблення електроенергії сонячну енергію в поєднанні з перетворенням інших видів енергії, в тому числі спалюванням традиційних палив, в оптимальному ресурсощадному режимі.

Біодизельне паливо – складний метиловий ефір з якістю дизельного палива, одержуваний з олії рослинного або тваринного походження, який використовується в якості палива.

Біоенергетика – перетворення енергії біомаси, біогазу, продуктів переробки біомаси в інші види енергії.

Біопаливо – рідке, тверде або газоподібний паливо, що отримується з біомаси термохімічним або біологічним способом.

Вітроенергетика – галузь енергетики, пов'язана з розробкою методів і засобів перетворення енергії вітру в механічну, теплову і електричну енергію.

Вітроенергетична установка (ВЕУ) – обладнання і споруд, призначений для перетворення енергії вітру в інші види енергії.

Вторинні поновлювані джерела енергії – тверді побутові відходи, тепло промислових і побутових стоків, тепло і газ вентиляції.

Геліоенергетика – перетворення сонячної енергії в інші види енергії: теплову, електричну.

Геотермальна енергетика – перетворення енергії геотермальних вод в інші види енергії.

Гідроенергетичних установка (ГЕУ) – комплекс взаємопов'язаного обладнання і споруд, призначений для перетворення гідравлічної енергії в інші види енергії.

Джерела ресурсів малої гідроенергетики – природні і штучні водотоки, водосховища, озера і ставки, водогосподарські або гідравлічні системи різного призначення, а також інші малі водні потоки, потенціал яких може бути використаний для отримання електричної енергії за допомогою установок малої потужності.

Мала гідроенергетика – складова частина гідроенергетики, пов'язана з використанням енергії водних ресурсів та гідравлічних систем за допомогою гідроенергетичних установок малої потужності.

Приливна і хвильова гідроенергетика – перетворення енергії припливів, хвиль в інші види енергії.

Сонячна електростанція – електростанція, призначена для перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію.

Сонячне тепло- і холодопостачання – використання енергії сонячного випромінювання для опалення, гарячого водопостачання та отримання холоду.

Базовий рівень енергоспоживання (*energy baseline*) – кількісний показник, що дає основу для порівняння рівня досягнутої енергоефективності (ДСТУ ISO 50001:2014).

Верифікація інформації – процедура оцінювання вірогідності даних, отриманих під час збирання інформації, яка необхідна для проведення перевірки та контролю ефективності функціонування СЕнМ (ДСТУ 5077:2008).

Внутрішній аудит (*internal audit*) – систематизований, незалежний і документований процес отримання доказів аудиту та їх об'єктивної оцінки для визначення ступеня виконання встановлених вимог (ДСТУ ISO 50001:2014).

Група енергетичного менеджменту, група енергоменеджменту (*energy management team*) - особа (особи), що є відповідальною (-ими) за ефективне

впровадження заходів, спрямованих на безперервне поліпшення системи енергетичного менеджменту і підвищення рівня енергетичної ефективності (ДСТУ ISO 50001:2014)..

Енергетична ефективність, енергоефективність (*energy efficiency*)- співвідношення або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, послугами, виробленими товарами чи енергією і вхідним показником, тобто величиною енергоспоживання (ДСТУ ISO50001:2014).

Енергетична мета (ціль) (*energy objective*) – певний результат або досягнення, установлені для реалізації енергетичної політики організації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності (ДСТУ ISO50001:2014).

Енергетична політика (*energy policy*) - офіційна заява вищого керівництва організації про основні наміри та напрямки діяльності у сфері енергоефективності (ДСТУ ISO 50001:2014).

Енергетичний моніторинг – комплекс заходів (спостережень, оцінок, аналізу, прогнозів), що дає змогу неперервно аналізувати режими споживання паливно-енергетичних ресурсів у виробничій системі, реєструвати їх основні показники, оперативно виявляти результати впливу зовнішніх і внутрішніх чинників на ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів у виробничій системі (ДСТУ 4472:2005).

Енергоаудитор системи енергоменеджменту (СЕНМ) – особа, яка атестована на право проведення робіт з перевірки та контролю ефективності функціонування СЕНМ промислових підприємств на території України (ДСТУ 5077:2008).

Енергоаудиторська група – енергоаудитори та представники підприємства-замовника енергетичного аудиту, призначені організовувати та проводити енергетичний аудит (ДСТУ 4713:2007).

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів – досягнення економічно обґрунтованої ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів за наявного рівня розвитку техніки та технології, а також за умови

виконання технічних і технологічних вимог, вимог до якості продукції, охорони довкілля та охорони праці (ДСТУ 4713:2007).

Значне (суттєве) використання енергетичних ресурсів (*significant energy use, SEU*) – використання енергетичних ресурсів, що є суттєвим енергоспоживанням та/або потенційним істотним підвищенням рівня досягнутої (досяжної) енергоефективності (ДСТУ ISO 50001:2014).

Індикатор (показник) енергорезультативності; індикатор (показник) енергохарактеристики (*energy performance indicator, EnPI*) – кількісне значення чи показник енергетичної результативності, що їх визначає організація (ДСТУ ISO 50001:2014).

Карта споживання паливно-енергетичних ресурсів – графічне зображення на генеральному плані підприємства часткового споживання всіх видів паливно-енергетичних ресурсів у вигляді кіл, площа яких у вибраному масштабі дорівнює фактичному споживанню паливно-енергетичних ресурсів виробничих і допоміжних підрозділів підприємства (ДСТУ 4713:2007).

Компетентність – продемонстровані особисті якості і доведена спроможність застосовувати знання та вміння (ДСТУ 5077:2008).

Критерії перевірки ефективності функціонування системи енергетичного менеджменту; критерії перевірки – система визначених стандартом вимог та показників, керуючись якими порівнюють зібрані під час перевірки докази (документи, фактичні показники тощо) стосовно ефективності функціонування СЕнМ (ДСТУ 5077:2008).

Матриця енергетичного менеджменту – таблиця з набором критеріїв аудиту системи енергетичного менеджменту, яка використовується під час аудиту системи енергетичного менеджменту для візуалізації та аналізування стану функціонування СЕнМ (ДСТУ 4472:2005).

Межі (*boundaries*) – фізичні, або за місцем розташування, та/або організаційні межі, які визначила організація (ДСТУ ISO 50001:2014).

Методика проведення енергетичного аудиту – система методичних, технічних та організаційних процедур обстеження і аналізу ефективності

використання паливно-енергетичних ресурсів підприємством, розроблення рекомендацій та їх техніко-економічне обґрунтування згідно з поставленими завданнями підприємства в сфері енергозбереження (ДСТУ 4713:2007).

Паливно-енергетичний баланс – система показників, що характеризують кількісну відповідність між надходженням та витратою всіх видів паливно-енергетичних ресурсів на промисловому підприємстві (ДСТУ 4714:2007).

Перевірка ефективності функціонування системи енергетичного менеджменту – процедура визначення рівня ефективності функціонування СЕнМ із залученням аудиторів (ДСТУ 5077:2008).

Потенціал енергозбереження – максимально можлива сумарна економія паливно-енергетичних ресурсів, отримана за певний період часу, за оптимального використання передового технологічного і енергетичного обладнання, застосування передових технологій, наукової організації виробництва за умови виконання технічних і технологічних вимог, а також вимог до якості продукції, охорони довкілля та охорони праці (ДСТУ 4713:2007).

Прибуткова частина паливно-енергетичного балансу – система показників, що характеризують структуру видобування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва всіх видів паливно-енергетичних ресурсів, що виробляються чи надходять від інших джерел, а також перехідні залишки (ДСТУ 4714:2007).

Система енергетичного менеджменту

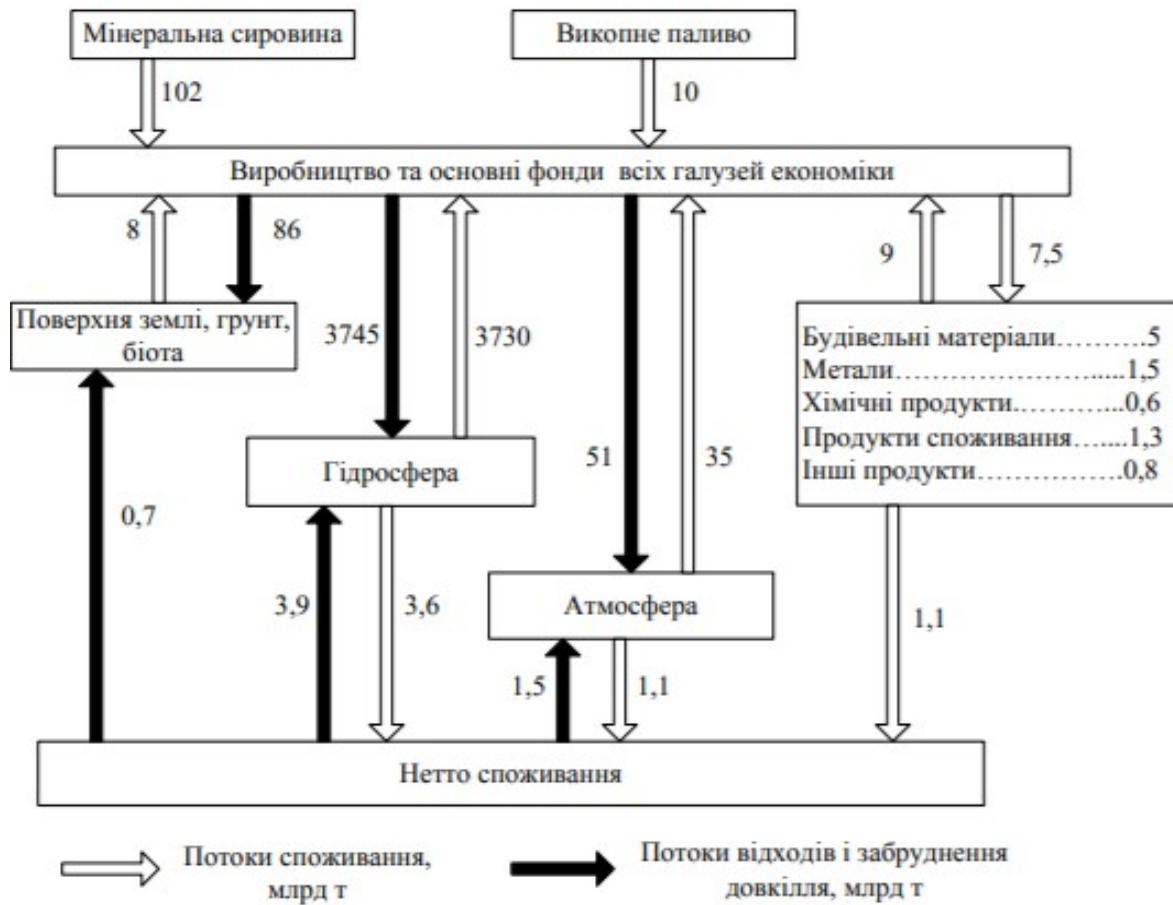
– частина загальної системи управління підприємством, основним завданням якої є управління ефективністю споживання паливно-енергетичних ресурсів (ДСТУ 4472:2005);

– набір взаємопов'язаних або взаємодійних елементів, що визначають енергетичну політику та енергетичні цілі, а також процеси і процедури для досягнення цієї політики та цих цілей (ДСТУ ISO 50001:2014).

Сертифікація системи енергетичного менеджменту – процедура, за допомогою якої визнаний в установленому порядку орган документально засвідчує відповідність СЕнМ промислового підприємства встановленим законодавством вимогам (ДСТУ 5077:2008).

Служба енергетичного менеджменту – частина системи енергетичного менеджменту підприємства, яка охоплює людські ресурси, апарат управління, засоби вимірювальної техніки, засоби контролю та аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів тощо і яка забезпечує формування, впровадження і досягнення цілей виробничої системи у сфері енергозбереження (ДСТУ 4472:2005).

АНТРОПОГЕННИЙ КРУГООБІГ РЕЧОВИН НА ЗЕМЛІ



**ІНДЕКСИ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПІД ЧАС ЗГОРАННЯ ПАЛИВА
РІЗНОГО ВИДУ (КГ/Т У. П.)**

Вид палива	Різнovid палива	Двооксид вуглецю (CO ₂)	Двооксид сірки (SO ₂)	Оксиди азоту (NO _x)
Вугілля	Буре вугілля	3 100	36	5–8
	Кам'яне вугілля	2 800	40	9–12
Нафта	Мазут	2 200	15–30	5–7
	Солярка	2 150	8	30–40
	Бензин	2 100	–	15–25
Газ	Газ	1 600	–	3–6

ЛАНЦЮГ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

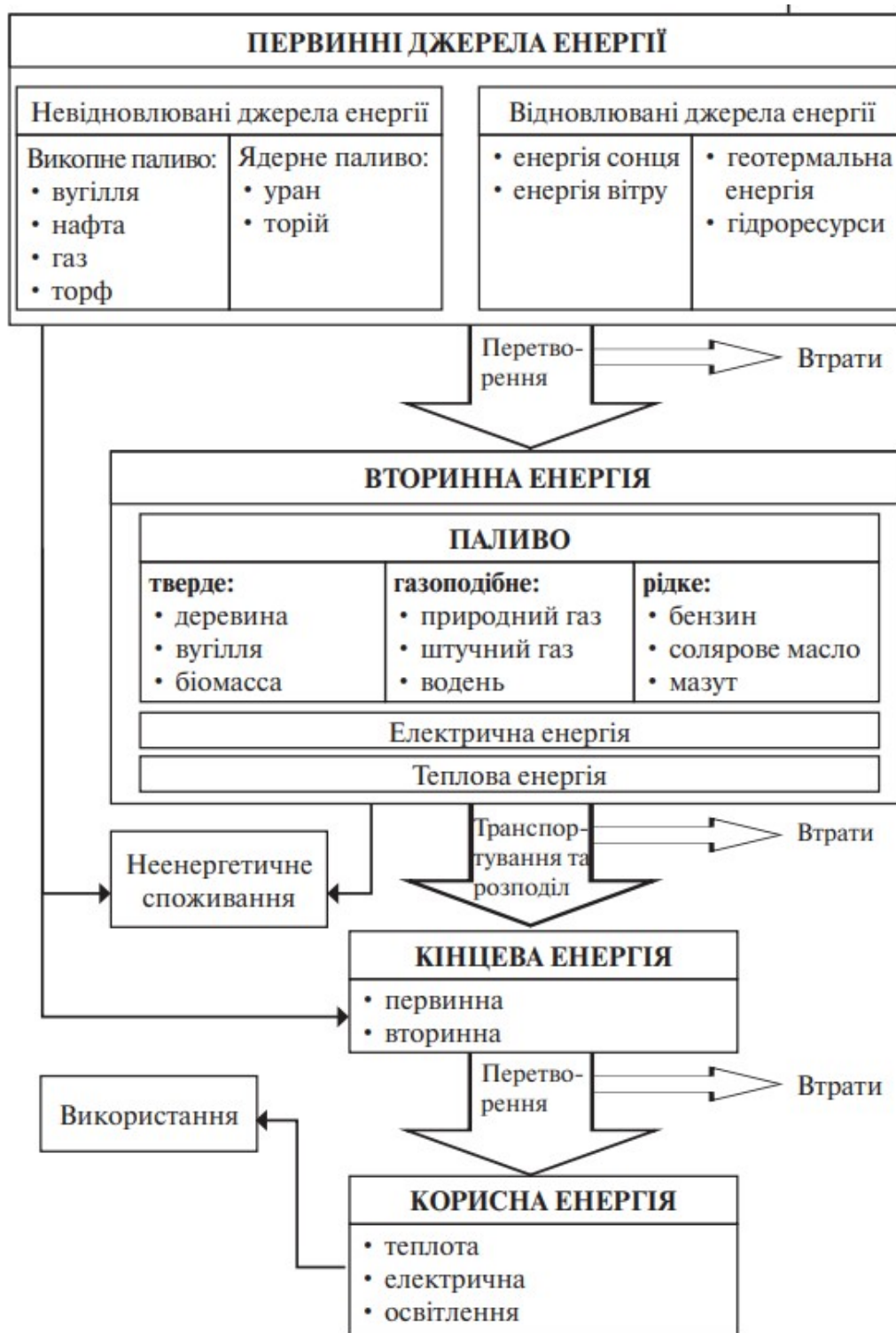


СХЕМА ОСНОВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВЕЛИКІЙ СИСТЕМІ “ЕНЕРГЕТИКА”

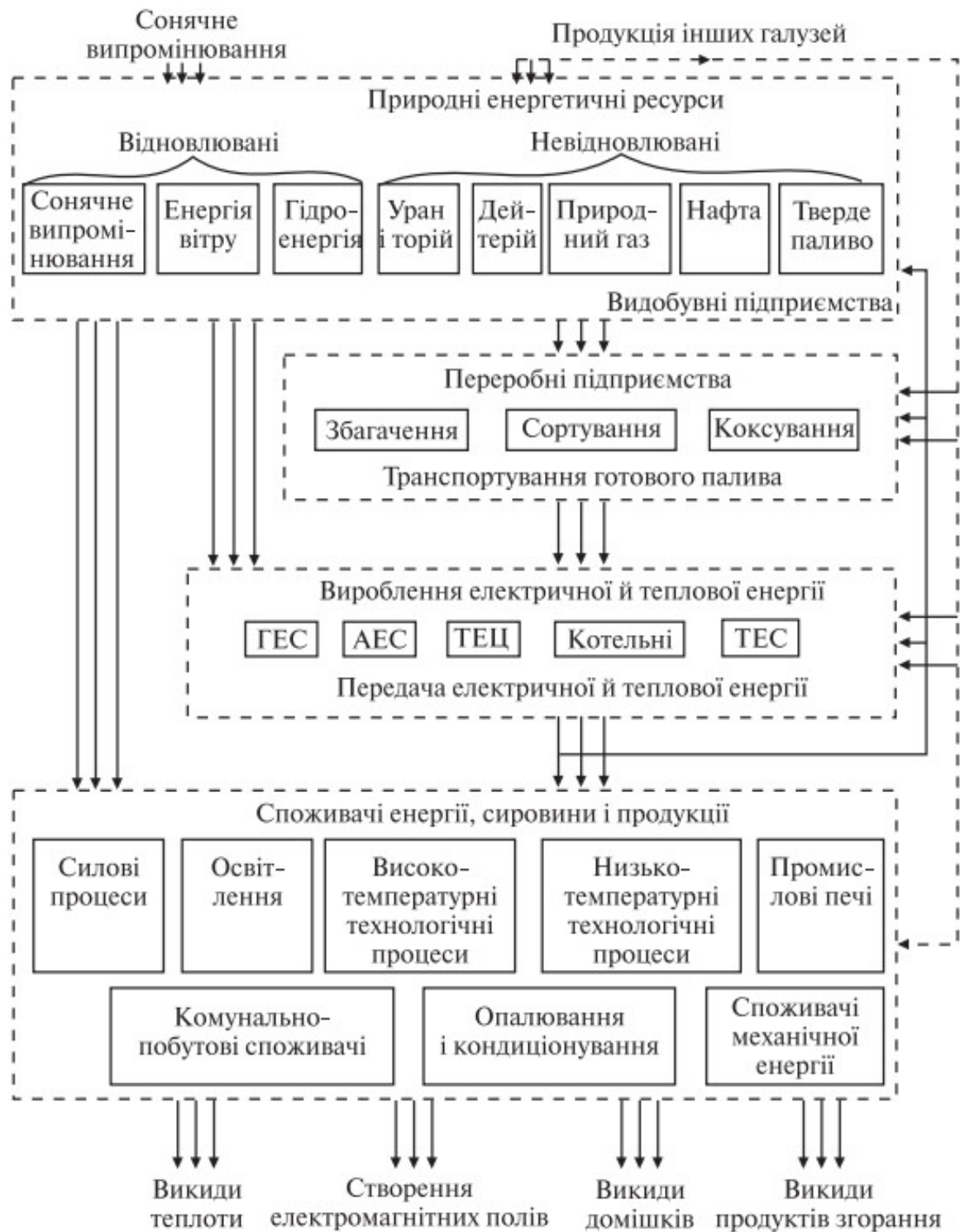
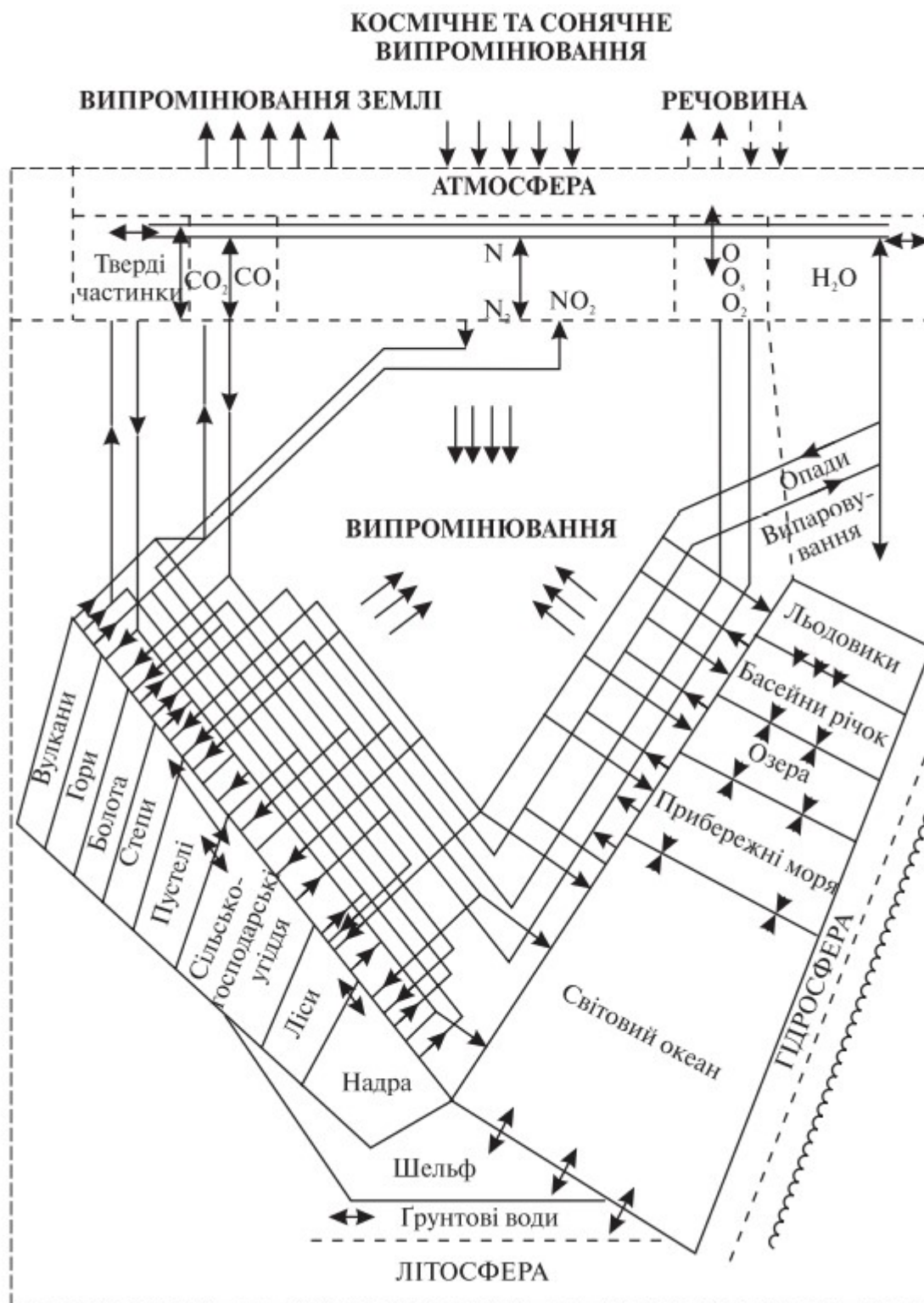


СХЕМА ОСНОВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВЕЛИКІЙ СИСТЕМІ “ДОВКІЛЛЯ-ЕНЕРГЕТИКА”



СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ “ДОВКІЛЛЯ-ЕНЕРГЕТИКА”

