

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

На правах рукопису

ХЛЄСТОВА Ольга Анатоліївна

УДК 669.16:504.062(043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СХЕМИ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА**

05.22.12 – промисловий транспорт

Дисертація на здобуття вченого ступеню
кандидата технічних наук

Науковий керівник

Капустін Євген Олександрович

доктор технічних наук, професор

Маріуполь – 2015

ЗМІСТ

| | Стр |
|--|-----|
| Вступ | 5 |
| Розділ 1. Огляд досліджень по підвищенню ефективності промислового транспорту доменного виробництва..... | 11 |
| 1.1 Аналіз структури об'єктів і процесів промислового транспорту доменного виробництва..... | 11 |
| 1.2 Огляд наукових досліджень з витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва | 16 |
| 1.3 Показники і оцінки дії промислового транспорту доменного виробництва на навколишнє середовище..... | 22 |
| 1.4 Природа втрат природно-енергетичних ресурсів у відходоутворюючих потоках транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 31 |
| 1.5 Постановка мети і задач досліджень, вибір методів дослідження..... | 38 |
| Висновки по розділу 1..... | 40 |
| Розділ 2. Теоретичні дослідження і розробка методів оцінки використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва..... | 41 |
| 2.1 Дослідження ролі транспортних потоків сировинних матеріалів у формуванні витрат природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті металургійного виробництва | 41 |
| 2.2 Дослідження ролі природно-кліматичних факторів промислової зони при формуванні втрат сировини..... | 46 |
| 2.3 Розробка концептуальної оціночної моделі транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 55 |

| | | |
|---|---|-----|
| 2.4 | Моделювання витрат природно-енергетичних ресурсів на етапах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 60 |
| 2.5 | Розробка методу оцінки етапів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 67 |
| | Висновки по розділу 2..... | 74 |
| Розділ 3. Експериментальні дослідження з оцінки використання природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва | | 75 |
| 3.1. | Загальний підхід до експериментальних досліджень оцінки використання природно-енергетичних і трудових ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва..... | 75 |
| 3.2. | Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва залежно від кліматичних умов..... | 77 |
| 3.2.1 | Основи дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від кліматичних умов | 77 |
| 3.2.2 | Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від температури навколишнього середовища..... | 84 |
| 3.2.3 | Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від вологості навколишнього середовища | 88 |
| 3.3. | Дослідження оцінки витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва..... | 94 |
| 3.4. | Визначення втрат енергоресурсів з використанням математичних моделей зниження температури при транспортуванні чавуну.... | 108 |
| | Висновки по розділу 3..... | 110 |
| Розділ 4. Розробка методу підвищення ефективності використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва | | 111 |
| 4.1 | Основи розробки методу оцінки ефективності елементів | |

| | | |
|-----|---|-----|
| | транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 111 |
| 4.2 | Оцінка на багатокритерійній основі витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва..... | 118 |
| 4.3 | Оцінка витрат природно-енергетичних ресурсів в відходоутворюючих вантажопотоках. | 122 |
| 4.4 | Області резерву втрат сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі залежно від кліматичних умов..... | 129 |
| 4.5 | Енергозбереження при транспортуванні рідкої наливної сировини..... | 132 |
| 4.6 | Приклад практичної реалізації розробленого методу підвищення ефективності використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва..... | 135 |
| | Висновки по розділу 4..... | 141 |
| | Висновки | 142 |
| | Перелік використаних джерел..... | 145 |
| | Додаток. | 162 |
| | Додаток 1, Таблиці..... | 162 |
| | Додаток 2, Акт впровадження..... | 172 |

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з найважливіших проблем сучасних умов технічного, конкурентного та економічного розвитку промислового транспорту металургійної галузі України є підвищення ефективності переміщення вантажів при зниженні витрат природно-енергетичних і трудових ресурсів. У складній структурі промислової транспортної системи металургійної галузі найбільша кількість енергетичних і сировинних ресурсів використовується в транспортно-технологічній схемі (ТТС) переміщення металургійної сировини від зовнішнього транспорту до доменної печі та руху від неї готової продукції і відходів доменного виробництва (ДВ).

Транспортно-технологічна схема доменного виробництва є об'єднанням в заданій технологічній послідовності транспортних споруд і агрегатів, вантажних і складських комплексів промислового транспорту.

Основними споживачами природно-енергетичних і трудових ресурсів (ПЕ і ТР) в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва є процеси і об'єкти промислового транспорту по переміщенню, підготовці, зберіганню а також переробці шихтових матеріалів, їх завантаженню в домену піч та вивозу готової продукції і відходів виробництва.

На долю доменного виробництва підприємств з повним металургійним циклом припадає близько 76% енергетичних витрат (21÷26 ГДж/т чавуну в Україні, в країнах ЄС - 19÷20 ГДж/т), 40% загальної витрати води (в Україні мінімальна витрата води - 19,7 м³/т, в країнах ЄС – 0,01м³/т), 70% відходів по масі сировинних матеріалів (в Україні - 471÷535 кг/т, в країнах ЄС - 232÷382 кг/т), з яких значна частина доводиться на транспортно-технологічні схеми доменного виробництва.

У цих умовах виникає необхідність адекватної оцінки використання природно-енергетичних ресурсів на етапах і об'єктах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, що дозволить визначити пріоритетність вдосконалення об'єктів і процесів транспортних технологій і

на цій основі виявити напрями а також резерви енергоресурсозбереження, що підвищують ефективність роботи промислового транспорту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Нові технології і ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості і агропромисловому комплексі» (Закон України від 11.07.2001 р., № 2623), а також дослідженням, що проводяться відповідно до Державної програми розвитку гірничо-металургійного комплексу України і Державної програми енергозбереження. Виконання дисертаційної роботи пов'язане з планами науково-дослідних робіт Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет».

Результати наукових досліджень використовувалися в держбюджетній науково-дослідній роботі, в частині досліджень з енергоресурсозбереження в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва (№№ ДР 0109U006584 та ДР 0109U006803.), а також в навчальному процесі (акт ДВНЗ «ПДТУ» від 26.03.2013, Додаток А).

Мета досліджень - підвищення ефективності транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на основі оцінки закономірностей формування витрат енергетичних та природних ресурсів, з урахуванням пріоритетного розвитку процесів і об'єктів промислового транспорту металургійного виробництва.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Здійснити огляд досліджень з підвищення ефективності промислового транспорту доменного виробництва на основі енергоресурсозбереження шляхом оцінки використання природних та енергетичних ресурсів, що сприяє визначенню напрямів і резервів енергоресурсозбереження, а також зниженню шкідливої дії на довкілля.

2. Провести теоретичні дослідження з формування витрат природних та енергетичних ресурсів, що дозволяють розробити метод оцінки використання природно-енергетичних ресурсів і шкідливої дії на довкілля в

транспортно-технологічній схемі підготовки сировини й транспортування продукції доменного виробництва.

3. Виконати експериментальні дослідження з оцінювання витрат і втрат природних та енергетичних ресурсів у ТТС підготовки сировини й транспортування продукції доменного виробництва.

4. Розробити основи практичної реалізації методу оцінки використання природних і енергетичних ресурсів, що дозволяють підвищити ефективність промислового транспорту, шляхом виявлення найбільш ресурсоємних об'єктів і процесів, з визначенням значущості та пріоритетності їхнього розвитку в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Об'єкт досліджень - транспортні процеси переміщення, зберігання і підготовки сировинних матеріалів, а також вивезення готової продукції і відходів у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Предмет дослідження - закономірності і залежності формування витрат та використання енергетичних і природних ресурсів на промтранспорті доменного виробництва.

Методи дослідження. У роботі основними методами досліджень є: аналіз і синтез систем при огляді структури об'єктів і процесів ТТС ДВ, факторів використання природно-енергетичних ресурсів, втрат сировини і забруднення довкілля для обґрунтування теоретичного дослідження підвищення ефективності промислового транспорту; метод багатокритеріальної оцінки за участю особи, що приймає рішення при дослідженні процесів та об'єктів основних етапів і логістичних потоків ТТС ДВ для розробки цільової функції витрат; статистичний аналіз та імітаційне моделювання втрат сировини в ТТС ДВ для побудови прогнозних трендових моделей опису; факторний аналіз залежностей величини втрат сировини від кліматичних умов для побудови функцій витрат; метод ранжування за участю особи, що приймає рішення, при оцінюванні елементів ТТС ДВ для встановлення пріоритетності розвитку з урахуванням закономірностей функціонування і раціональних параметрів об'єктів і технологій.

Наукова новизна представленої роботи полягає в наступному:

1. Уперше здійснено комплексне дослідження використання природно-енергетичних, трудових, а також сировинних ресурсів у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, що забезпечує зменшення їх витрат.

2. Уперше розроблено метод підвищення ефективності промислового транспорту металургійного виробництва, в основу якого покладено облік елементів транспорту і оцінку на багатокритеріальній основі структурованих витрат енергетичних і природних ресурсів, що дозволило обрати напрями енергоресурсозбереження.

3. Одержав подальший розвиток метод ранжування за участю особи, що приймає рішення, шляхом представлення промислового транспорту доменного виробництва як сукупності логістичних потоків з деталізацією на етапи, процеси і об'єкти, який на відміну від існуючого дозволяє визначити пріоритетність їх розвитку на багатокритеріальній основі.

Практичне значення отриманих результатів.

1. На основі логістичних принципів, з позицій зниження витрат природних і енергетичних ресурсів на промисловому транспорті металургії запропоновано основи практичної реалізації оцінки використання названих ресурсів, а також установлення значущості процесів і об'єктів відходоутворюючих потоків у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, що дозволяють виявити елементи транспортного процесу, які вимагають пріоритетного підвищення техніко-економічних показників та ефективності їх роботи.

2. Установлені діапазони резерву залежності величин витрат природно-енергетичних і сировинних ресурсів від кліматичних чинників (температури і вологості довкілля) у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва дозволяють коригувати розвиток промислового транспорту доменного виробництва з орієнтацією на мінімальні та максимальні витрати ресурсів.

3. На основі експериментальних даних діючої транспортно-технологічної схеми металургійного виробництва запропоновано прогнозні трендові моделі, які дозволяють на практиці встановити на об'єктах і технологіях транспортного процесу витрати природних ресурсів залежно від просторово-часових чинників.

4. Окремі результати досліджень і рекомендації використовуються у навчальному процесі. У інноваційних освітніх проектах, при підготовці бакалаврів і спеціалістів за напрямками підготовки: «Транспортні технології», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Металургія», у курсах дисциплін «Шляхи вирішення екологічних проблем у металургії», «Вторинні енергоресурси та енерготехнологічне комбінування», «Інжиніринг та охорона навколишнього середовища», що викладаються в Приазовському державному технічному університеті. Результати роботи рекомендуються до використання в ТТС з підготовки, зберігання, переробки, переміщення сировинних матеріалів і при завантаженні доменної печі, вивозі готової продукції і відходів ДВ.

Особистий внесок здобувача . Усі основні результати , які виносяться на захист, отримані автором самостійно. Роботи [23,24,25,26] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, Хлестовій О.А. належить: [1] – розробка методу оцінки і прогнозування надійності елементів підготовки сировини в металургії; [2,4,8]–запропоновані регульовані параметри обігріву застиглої рідкої сировини в транспортно-технологічному засобі; [3,5,6]–розробка методу економічної оцінки захисту навколишнього середовища, вибору основних критеріїв; [7,17,18] – постановка завдань і схема механізму утворення відходів вуглецю; [9]–структуризація підвищення ефективності перетворення енергоносіїв; [10,16] – постановка завдань і схема механізму утворення теплових потоків над промзоною, модель механізму «дощова тінь»; [11] – структуризація і ранжування логістичних потоків; [12,14] – розробка структуризації параметрів процесів і об'єктів у технологіях підготовки сировини доменного виробництва та захисту навколишнього

середовища; [13,28] – прогноз втрат сировини на основі моделі розвитку; [15] – економіко-математична модель і метод її реалізації; [19] – постановка завдань досліджень, природа і оцінка витрат ресурсів; [20,21] – розробка моделі відходоутворюючих потоків та витрат природних ресурсів у доменному виробництві; [22] – визначення ділянок з максимальним утворенням вуглецевмісних відходів; [27] – розробка мережевої моделі.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень представлені і схвалені в 12 доповідях на міжнародних, регіональних і внутрішньовузівських науково-технічних конференціях, у тому числі: на 7 міжнародних конференціях: міжнародна наук.-техн. конф. «Університетська наука-2009» (м. Маріуполь, ПДТУ, 2009 р.); 5-та міжнародна наук. практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи рішення» (м. Алушта, 2009 р.); Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (м. Вінниця, 2009 р.); міжнародна наук.-техн. конф. «Університетська наука-2010» (м. Маріуполь, ПДТУ, 2010 р.); міжнародна наук.-техн. конф. «Тепло- і масообмінні процеси в металургійних системах» (м. Маріуполь, ПДТУ, 2010 р.); 6-та міжнародна наук. практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи рішення» (м. Алушта, 2010 р.); міжнародна наук.-техн. конф. «Університетська наука-2014» (м. Маріуполь, ПДТУ, 2014 р.);

Публікації. З теми дисертаційної роботи опубліковано 28 наукових робіт, у тому числі 14 статей у фахових виданнях, 2 статті в іноземних виданнях та 12 тез доповідей. Зокрема, роботи [1-14] опубліковані у фахових виданнях, затверджених МОН України, роботи [7-14] – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, роботи [15, 16] – у закордонних виданнях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 163 найменувань на 17 сторінках і додатків на 11 сторінках. Загальний обсяг дисертації 172 сторінки, з яких 144 сторінок основного тексту; робота має 49 рисунків, у тому числі на 2 повних сторінках; 2 таблиці по тексту.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Аналіз структури об'єктів і процесів промислового транспорту доменного виробництва

Традиційно, металургійне підприємство представляється у вигляді складного виробничого комплексу, що включає різноманітні цехи і навіть окремі заводи, об'єднані складною промисловою транспортною системою від надходження сировини із зовнішнього транспорту до відправки готової продукції і відходів виробництва [18, 65].

Транспортно-технологічна схема технологій підготовки сировини доменного виробництва включає ряд складних енергоємних, споживаючих в значних кількостях природно-енергетичні і трудові ресурси (ПЕ і ТР) транспортно-технологічних операцій: доставку металургійної сировини на виробництво до доменної печі від зовнішніх об'єктів, розвантаження шихтових матеріалів на рудному дворі, перевантаження їх у відділення під бункерами, подавання шихти на грохоти, дозування і завантаження шихти в доменну піч, власне процес плавки, зливання чавуну і шлаку в транспортні ковши, шлаковози і чавуновози, а також інші допоміжні транспортно-технологічні операції.

Кожен етап транспортно-технологічної схеми металургійного переділу є споживачем різноманітних природних енергетичних та сировинних ресурсів і одночасно джерелом викиду значної кількості забруднюючих речовин в навколишнє середовище [24, 65].

З цієї точки зору на особливу увагу заслуговує промисловий транспорт доменного виробництва, транспортно-технологічна схема підготовки

сировини і транспортних потоків продукції якого представлена на рис.1.1.

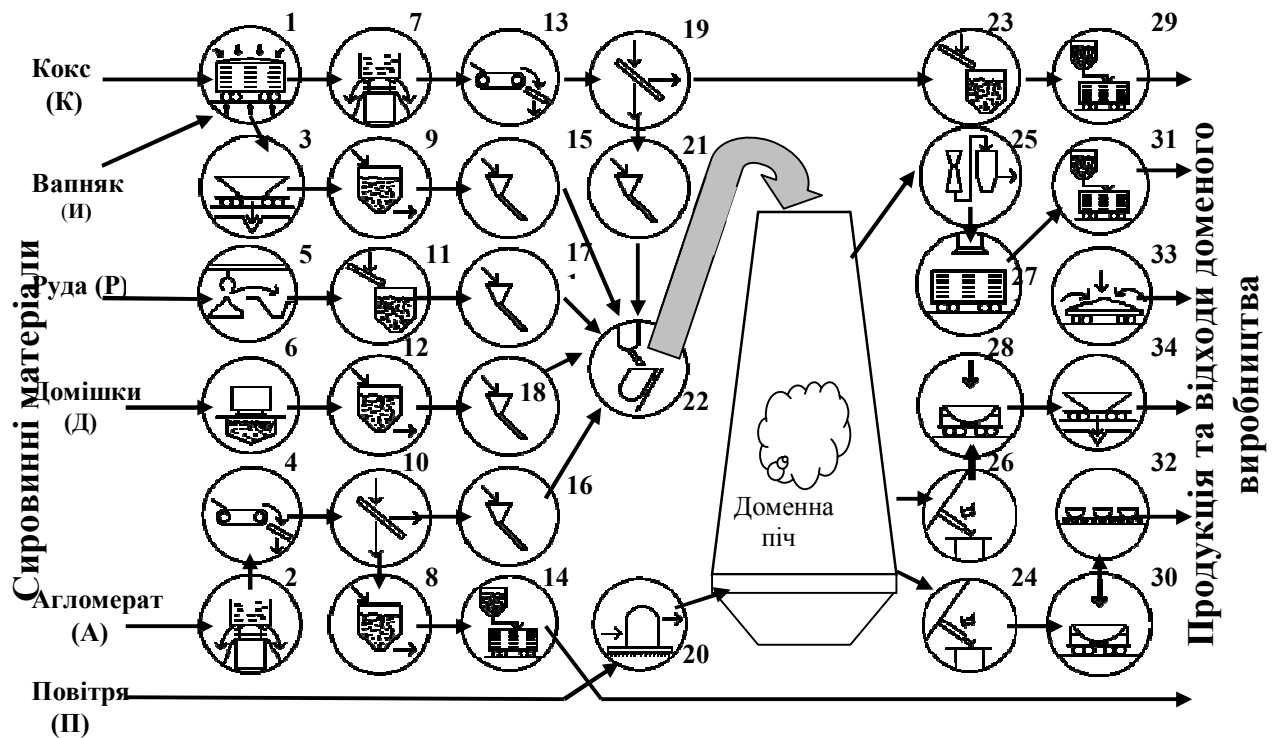


Рис. 1.1 Транспортно-технологічна схема підготовки сировини доменного виробництва з об'єктами і процесами, витратами природно-енергетичних ресурсів, що супроводяться втратами сировини в навколишнє середовище.

1 - розігрів в тепляку; 2 - вивантаження (А); 3 - вивантаження (И); 4 - подавання (а) на гуркіт; 5 - вивантаження (р); 6 - вивантаження (д); 7 - вивантаження (к); 8 - відсів (а); 9 - вивантаження у бункери (и); 10 - грохочення (а); 11 - вивантаження у бункери (р); 12 - бункеровка (д); 13 - подавання (к) на гуркіт; 14 - подавання дрібниці (а) у вагон; 15 - зважування (и); 16 - зважування (а); 17 - зважування (р); 18 - зважування (д); 19 - грохочення (к); 20 - нагрівання і подавання повітря (п); 21 - зважування (к); 22 - робота скіпу; 23 - подання дрібниці (к) у бункер; 24 - відкриття льоток чавуну; 25 - газоочистка; 26 - відкриття вічка шлаку; 27 - утруска пилу; 28 - наливання чавуну; 29 - подання дрібниці (к) у вагон; 30 - наливання шлаку; 31 - подання пилу у вагон; 32 - відвезення чавуну; 33 - прибирання сміття; 34 - відвезення шлаку.

Вона складається з сукупності взаємопов'язаних транспортно-технологічних ліній з їх об'єктами і процесами, що забезпечують рух потоків

природно - енергетичних ресурсів і сировинних матеріалів, а також вивезення готової продукції і відходів.

Як відзначає професор Тарасов В.П. [115], якість підготовки сировини – це фундамент, на якому повинна будуватися новітня технологія доменного виробництва.

Процеси і об'єкти транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва, а також вивезення готової продукції і відходів виробництва об'єднані складними системами різних видів транспорту : конвеєрного, пневматичного, гідравлічного та інших.

При цьому використання природно-енергетичних ресурсів, втрат сировини і забруднення навколишнього середовища відбувається упродовж усієї транспортно-технологічної схеми і обумовлене чинниками:

- конструкцією та експлуатаційними властивостями засобів промислового транспорту, що забезпечують фізико-хімічні процеси доменного виробництва;

- втратами енергетичних і сировинних матеріалів в навколишнє середовище при реалізації транспортно-технологічної схеми, при експлуатації, обслуговуванні і ремонті її об'єктів;

- рівнем технічної досконалості і експлуатаційним станом об'єктів і процесів транспортно-технологічної схеми;

- вилученням з землекористування територій під інженерні споруди промислового транспорту, що забезпечують безперервну роботу доменної печі;

- споживанням різного виду і кількості природно-енергетичних ресурсів (енерго - сировинних, матеріальних, фінансових і трудових) у транспортно-технологічній схемі.

Дослідження здійснюється для п'яти потоків сировини: коксу, агломерату, вапняку, залізняку та марганцевої руди, а також вивозу готової продукції і відходів виробництва, які проходять більш ніж через 34 транспортно-технологічних ділянки (рис.1.1).

Одним з чинників розглянутої взаємодії транспортно-технологічної схеми та навколишнього середовища є забруднення повітряного і водного басейнів, а також літосфери втратами сировини, пило-газовими викидами та відходами утворюючими потоками.

Негативна дія на навколишнього середовище транспортно-технологічної схеми доменного виробництва при використанні природно-енергетичних ресурсів вимагає вирішення багатьох наукових і інженерно-практичних завдань з її зниження.

До них в першу чергу слід віднести встановлення об'ємів шкідливої дії транспортного процесу, її наслідків і шляхів запобігання, а також витрат на усунення наслідків шкідливої дії на природне середовище.

Крім того, кожний об'єкт або процес транспортно-технологічної схеми доменного виробництва вимагає певних витрат на забезпечення його функціонування, які виділяються із загальної вартості продукції, сплаченої споживачем.

Найважливішою проблемою являє розподіл отриманого від споживача доходу між визначеною безліччю всіх об'єктів і процесів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Однією з проблем транспортно-технологічної схеми підготовки сировини є вибір раціональної транспортно-технологічної лінії, яка повністю б забезпечувала відповідне транспортування і необхідну переробку сировини і одночасно вимагала б мінімальних витрат енерго-сировинних ресурсів і мала найменшу дію на навколишнє середовище [122].

Всі об'єкти і процеси мають певний ранг за важливістю виконуваних функцій, які мають бути оцінені і враховані по мірі цінності та необхідності їх наявності в декомпозованій транспортно-технологічній схемі.

Як наголошувалося вище, транспортно-технологічна схема підготовки сировини становить собою вельми складну по структурності систему, що включає певну безліч об'єктів і технологій, взаємопов'язаних

різносторонніми оцінними критеріями та показниками, деколи не сумісними один з одним, а інколи і суперечливими.

В якості окремих оцінних критеріїв можуть бути витрати: капітальних вкладень, людської праці, енергії, територій, часу, природних ресурсів, втрат вантажу і відновлення його якості після транспортування і перевантаження, а також якості, продуктивності, вантажопідйомності механізмів та інших.

Відомо, що коли кількість критеріїв більше двох, загальноприйнятого підходу до вирішення завдань оптимізації не існує [23,148].

З методів багатокритерійної оцінки для наших умов найбільш прийнятними становлять людино-машинні процедури, в яких застосовується діалог особи, що приймає рішення і ЕОМ, з врахуванням сучасних досягнень інформаційних технологій і засобів комп'ютеризації [23,34,107,139].

При організації транспортно-технологічної схеми доменного виробництва істотне значення має вибір і оцінка таких об'єктів і технологій, залежно від вимог до властивостей сировини, використання яких забезпечувало б максимальну ефективність транспортування сировини.

Більш того, для вирішення існуючих екологічних проблем, необхідне залучення додаткових матеріально-сировинних, енергетичних і економічних ресурсів, що неминуче також впливає на стан навколишнього середовища (НС) [139].

1.2 Огляд наукових досліджень з витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва

Втрати природно-енергетичних ресурсів, що супроводжують всі транспортні процеси, призводять до забруднення навколишнього середовища з подальшим погіршенням умов життєзабезпечення і життєдіяльності суспільства. Це вимагає необхідності вирішення екологічних питань не лише у кожному конкретному випадку, але і в глобальних масштабах, а в той же час, до вибору методу оцінки втрат в умовах промислового транспорту металургійного процесу.

Встановлено, що в сумарному викиді в атмосферу забруднюючих речовин всіма антропогенними джерелами масова доля транспорту складає 50–60 %, металургії —13–20 %, енергетики —10–15 % [8,17].

Людина використовує ресурси Землі і забруднює біосферу: видобує близько 100 млрд. т руди, паливних копалин і іншої сировини, що складає 25 т на кожного мешканця планети. 96 – 98 % сировини, що добувається, йде у відходи. Густина доріг на планеті складає більше 24 км. на кожні 100 км² суші [112]. Зі всього потоку вантажів, що перевозяться магістральним транспортом, близько 96% зароджується і 84% гаситься на транспорті промислових підприємств [8].

На чорну металургію доводиться 32 % вантажних залізничних перевезень, на транспорті зайнято 20–30 % працюючих від загальної чисельності, на розвиток транспортної системи прямує до 12 % капіталовкладень, близько 14 % основних виробничих фондів доводиться на транспорт.

Питома вага витрат на транспорт в загальних витратах по виробничо-промисловій продукції коливається в межах 10–60 % [49].

Тому необхідно постійно оцінювати масштаб наслідків здійснюваних науково-технічних вдосконалень транспортно-технологічної схеми, їх доцільність, досягнуте поліпшення культурного, науково-технічного і

демографічного потенціалів [24].

Так, якщо коефіцієнт використання матеріальних ресурсів, з врахуванням їх транспортування, становить собою співвідношення корисно використаної у виробничому процесі сировини до здобутої сировини, що поступила до виробництва, більше, або рівний 0.9, процес можна вважати безвідходним, при сучасному показнику безвідходної в металургійному виробництві що становить в цілому по галузі 0,4 [145].

При цьому обсяг видобутку і переробки сировинних матеріалів подвоюється кожні 8-10 років [88]. Щорічні ж втрати залізної руди в транспортно-виробничих процесах видобутку складають 23 млн. т, втрати заліза при збагаченні здобутої сировини - 39 млн. т [57].

У цих умовах проведення енерго-ресурсозберігаючої політики – це не лише об'єктивна необхідність для людини, але і значний чинник, який зменшує шкідливий вплив на навколишнє природне середовище [122].

Дослідженням оцінки енерговитрат в транспортних технологіях промислових підприємств приділена увага в роботах Паранукяна В.Е. [91, 93].

Слід зазначити, що значний внесок у розвиток і підвищення ефективності сучасного промислового транспорту України внесли вітчизняні вчені Бабушкін Г.Ф. [6], Бейгул О.О. [7], Берестовой А.М. [8, 9], Брагін Б.Ф. [16], Голубенко О.Л. [33], Губенко В.К. [35, 36], Куліков Ю.О. [69], Литвиненко В.П. [72,73], Нечаєв Г.І. [16], Носко П.Л. [86], Осенін Ю.І. [89], Паранукян В.Е. [35], Рамазанов С.К. [99], Сьомін Д.А. [105], Смирний М.Ф. [109], Тартаковський Е.Д. [116], Ульшин В.О. [120], Чернецька-Білецька Н.Б. [142] та ін.

За ступенем екологічного збитку, що наноситься природному середовищу, металургія займає друге місце серед галузей промисловості в країнах СНД після паливно-енергетичного комплексу, відрізняючись високою енерго і ресурсоемністю і, як наслідок, великими обсягами відходів виробництва і втратами вантажів [57].

Питання мінімізації поворотних і неутилізованих відходів на промтранспорті з позицій логістики розглянуті в роботі [145, 40].

Підвищенню ефективності роботи об'єктів транспорту за рахунок раціонального використання енергоресурсів присвячена робота Литвиненко В.П. [72], де в якості оцінного критерію запропонований інтегральний показник, що характеризує ефективність процесів перетворення енергії.

За даними [57], викиди в атмосферу від виробничо-транспортних споруд металургії складають більше 11 млн. т щорічно, що перевищує ГДВ в 2 рази.

На долю даної галузі в загальній кількості викидів транспорту і основного виробництва припадає близько 20% по пилу, 43% по оксиду вуглецю, 16% по сірчистому ангідриду, 23% по оксидах азоту [110, 111].

Викидам оксидів азоту на транспорті присвячена робота [73].

Основними джерелами забруднення навколишнього середовища становлять процеси і об'єкти транспортно-технологічної схеми, що супроводжуються втратами сировини [122].

До причин несприятливих обставин, що склалися, автори відносять екстенсивний розвиток галузі, відсталу технологію і техніку, нераціональну структуру транспортно-технологічної схеми металургійного виробництва, низький рівень організації природоохоронних заходів в галузі, недооблік екологічних наслідків і економічного збитку від забруднюючих впливів, відсутність економічних стимулів до раціонального природокористування і ресурсозбереження [57,58,126].

Робота промислового транспорту металургії супроводжується викидом в атмосферу різних твердих і газоподібних речовин [37,39, 158]. Викид пилу у розрахунку на 1 тону чавуну складає 4,5 кг, сірчистого газу 2,7 кг, марганцю 0,6 - 0,1 кг. Основна кількість викидів твердих речовин утворюється при транспортуванні шихтових матеріалів, величина яких досягає 3,5 т на 1 тону виплавленого чавуну [145].

Джерелами забруднення навколишнього середовища в доменному виробництві виявляються неорганізовані викиди пилу, які утворюються як під час надходження шихтових матеріалів й вивантаження їх так і при вивезенні готового продукту з цеху [4].

Дані, що характеризують концентрацію забруднюючих речовин на різних робочих місцях транспортно-технологічної схеми доменного цеху на підставі робіт [50,56,113] зведені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Питомі викиди забруднюючих речовин на робочих місцях транспортно-технологічної схеми доменного цеху

| Робоча ділянка | Речовина | Концентрація <i>мг/м³</i> |
|--|----------|---|
| Закриті склади доменного цеху | пил | 1.8 - 22 |
| В кабінах кранів складу | пил | 1.7 - 6 |
| Вибивання пилу з бункерів запасу | пил | 10000 - 20000 |
| Робоча зона дробарок | пил | 25.7-47.3 |
| Робоча зона віброгрохоту | пил | 1000 |
| Вантаження пилу на відкриті залізничні платформи на відстані 5 м від пиловловлювачів | пил | 250 |

При завантаженні доменної печі викиди пилу з міжконусного простору складають 4 кг, CO - 2 кг і H₂S – 0,5 - 3 кг на 1т чавуну [145].

Середня концентрація пилу в повітрі при транспортуванні залізної руди досягає 16,3 мг/м³, що перевищує гранично допустимі норми. При завантаженні чавуновозних ковшів і шлаковозів виділяється до 0,7 кг пилу, фракційний склад якого коливається в межах від 2,2 до 280 мкм і складає: від 2,2 до 4,4 мкм - 59 – 88 %; від 22 до 280 мкм - 3,8 – 12 % [50].

Окрім пилу на кожну тонну чавуну виділяється 17 кг SO₂. [162]. Аналіз закордонних джерел показує, що шкідливі викиди на цій же ділянці складають 1,85 – 9,28 кг/т виплавленого чавуну [162]. На кожному

погонному метрі укосів залізничних колій щорік накопичується до 180-350 кг [14]. Величина втрат в підбункерному приміщенні при завантаженні бункерів досягає 1,2 кг/т чавуну. Всебічна оцінка витрат енерго-ресурсів і дії на довкілля кожного етапу процесу і його об'єктів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, дозволить виявити найбільш «вузькі» місця і намітити пріоритетні напрями їх вдосконалення.

Величини витрат (в умовних одиницях ціни на 1 тону сировини) природно-енергетичних ресурсів на етапах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва залежать від багатьох чинників. Основними з них є: фізико-хімічні властивості сировини; види транспортних засобів; способи транспортування сировини; транспортно-технологічні і кліматичні умови перевезень та ін.

Методом багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу статистичних даних можуть встановлюватися залежності величин втрат та ступінь діяння на навколишнє середовище транспортно-технологічної схеми від умов транспортування сировини на її конкретних етапах.

Так, на основі проведених експериментальних досліджень [10,11,14,48,118] в реальних умовах забруднення навколишнього середовища втратами сировини в транспортно-технологічній схемі отримані залежності економічних витрат (C) за періодами процесу транспортно-технологічної схеми (завантаження, транспортування, вивантаження) [124].

$$C = \begin{cases} b_0 + b_1\tau, \tau \in [0, \tau_1]; \\ (b_0\tau)/(b_1 + \tau), \tau \in [\tau_1, \tau_2]; \\ b_0 + b_1\tau + b_2\tau^2, \tau \in [\tau_2, \tau_3] \end{cases}, \quad (1.1)$$

де $[0, \tau_1]$ - період завантаження;

$[\tau_1, \tau_2]$ - період транспортування;

$[\tau_2, \tau_3]$ - період вивантаження;

b_0, b_1, b_2 - безрозмірні коефіцієнти.

Сумарна шкідлива дія транспортно-технологічної схеми на

навколишнє середовище, на прикладі втрат сировини, визначається як:

$$C_{\text{сум}} = \int_0^{\tau_3} C(\tau) d\tau, \quad (1.2)$$

підставляючи $C(\tau)$ з (1.1) в (1.2) і перетворивши його, отримуємо

$$C_{\text{сум}} = b_0(\tau_3 - b_1 \ln(\frac{\tau_2 + b_1}{\tau_1 + b_1})) + \frac{b_1}{2}(\tau_1^2 - \tau_2^2 + \tau_3^2) + \frac{b_2}{3}(\tau_3^3 - \tau_2^3), \quad (1.3)$$

При цьому, обчислювана в (1.3) сумарне шкідливе діяння ($C_{\text{сум}}$), приймається як шкідлива дія на навколишнє середовище транспорту.

Вартість середньогодинних втрат вантажу в розглянутих трьох періодах транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, при перевезенні його у відкритому транспортному засобі навалом, можна визначити з (1.3) :

- при завантаженні на транспортно-технологічний засіб :

$$\bar{C}_{\text{зав}} = b_0 + 0,5b_1\tau.; \quad (1.4)$$

- при переміщенні транспортно-технологічним засобом:

$$\bar{C}_{\text{пер}} = b_0(1 - \frac{b_1}{(\tau_2 - \tau_1)} \ln(\frac{\tau_2 + b_1}{\tau_1 + b_1})); \quad (1.5)$$

- при вивантаженні з транспортно-технологічного засобу :

$$\bar{C}_{\text{вис}} = \frac{b_0(\tau_3 - \tau_2) + \frac{b_1}{2}(\tau_3^2 - \tau_2^2) + \frac{b_2}{3}(\tau_3^3 - \tau_2^3)}{\tau_3 - \tau_2}. \quad (1.6)$$

При дослідженні втрат сировини в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва встановлюються фактичні втрати сировини в навколишнє середовище.

1.3 Показники і оцінки дії промислового транспорту доменного виробництва на навколишнє середовище

Поняття «навколишнє середовище» включає не лише природну складову, але й сукупність умов функціонування промислового транспорту, як одного з видів діяльності людини [150].

Різноманітність уявлень про середовище визначає і множинність існуючих підходів до її оцінки (соціологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних, містобудівних та ін.) [67].

Привнесення в середу або виникнення в ній нових фізичних, хімічних, біологічних, невластивих для неї речовин називається забрудненням [97,114].

Під забрудненням вод розуміється несприятлива зміна складу й властивостей водного об'єкту в результаті надходження до нього забруднюючих речовин, а також використання води у виробництві [20].

Дія транспортно-технологічної схеми на водні ресурси носить непрямий характер і відбувається при транспортуванні токсичних сировинних речовин [19]. Для оцінки якості водного середовища можуть використовуватися інтегральні показники її якості обрані експертним дорогою [68].

Так в роботах [68,96] якість води виражається в п'ятибальній шкалі, причому, якщо в [68] кожній категорії привласнюється коефіцієнт бальності, то в [96] оцінка якості води отримана на підставі виявлення залежностей якості від концентрацій ряду забруднюючих речовин.

Для цієї мети введено індекс забрудненості (I_z), що нормується за одним показником шкідливості домішок [96]

$$I_z = q_{min} * \sqrt[3]{\frac{\prod_{i=1}^n q_i}{S^n}}, \quad (1.7)$$

де q_i - оцінка якості води в балах для i - го інгредієнта забруднення;

q_{min} - мінімальне значення якості води в балах для всього набору n -х забруднень:

S - максимальна міра забрудненості.

Повітря прийнято вважати забрудненим, коли воно містить домішки, склад яких і концентрації можуть заподіяти збиток людині та об'єктам навколишнього середовища [24].

П'ять найбільш поширених забруднювачів повітря визначають на 90-98% валовий викид шкідливих речовин в атмосферу промислової зони. Для них характерне наступне вагове співвідношення, % : оксиди вуглецю - 50, оксиди сірки - 20, тверді частки - 16-20; оксиди азоту - 6-8, вуглеводні - 2-5 [106].

Рівень забрудненості повітря промислової зони залежить від метеорологічних умов: температури і вологості, напряму і швидкості переважаючих вітрів, інверсії температури та інших, від здатності різних політантів підсилювати забруднюючий ефект під час спільної дії й тригерності – здатності окремих забруднювачів запускати ланцюгові процеси, результати яких непорівнянні за масштабами з початковою дією [29].

У санітарно-гігієнічній практиці для сумарної оцінки забруднення довкілля застосовується метод, що полягає в класифікації окремих забруднювачів за мірою токсичності на основі відповідних номограм залежно від тривалості діяння концентрацій (одноразових, середніх: добових, місячних, річних) [13].

Існує концепція Ю.А. Ізраеля на основі геофізичного середового контролю, по якій вимірюється концентрація забруднюючих речовин в атмосфері, ґрунті, поверхневих і підземних водах [58].

Тривалість перебування забруднюючих речовин в ґрунтах набагато триваліша, ніж в інших компонентах біосфери, і забруднення ґрунтів, особливо важкими металами, - довічне [26,60,94].

Критерії стану екосистем визначаються за зниженням видової різноманітності і чисельності популяцій різних видів рослинного та тваринного світу [15]. Для кількісної характеристики стану природного середовища вводиться поняття граничнодопустимого і максимального навантаження, при якому виявляються структурні або функціональні її зміни [98], що дозволяє запобігати втратам коштовних енергосировинних і природних ресурсів.

В роботі [59] запропонована оцінка стану навколишнього середовища за якістю як природних ресурсів (флора, фауна, ґрунт, повітря, вода), так і ресурсів, пов'язаних з соціально-економічними чинниками. Існує проблема вироблення економічного механізму природокористування, що може забезпечити виконання умови [31]

$$(\alpha + \beta) * N < P_v, \quad (1.8)$$

де α та β – витрата відновлюваних та не відновлюваних ресурсів на 1 людину;

N – чисельність населення;

P_v – відтворюваний об'єм природних ресурсів.

Економічний механізм природокористування, стримуючи зростання значень α , β та N , орієнтується на максимізацію рівня Y життя [31]

$$Y(\alpha, \beta, N) \Rightarrow \max. \quad (1.9)$$

Якщо оцінка (F) від діяльності в цілому або від поодинокого заходу покращується, то вони доцільні для реалізації [31]

$$F(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4) > 0, \quad (1.10)$$

де γ_i – змінення i -го інтегрального результату.

Для вирішення існуючих екологічних проблем необхідне залучення додаткових природно-енергетичних та економічних ресурсів, що також неминуче впливає на стан навколишнього середовища.

Річний приріст доходу від поліпшення виробничих результатів внаслідок проведення багатоцільового природозахисного заходу ΔD визначають за наступною загальною формулою [104]

$$\Delta D = \sum_{j=1}^n q_{nj} * Z_{i(j)} - \sum_{i=1}^m q_{ni} Z_i, \quad (1.11)$$

де q_{ni} – кількість товарної продукції i -го виду (якості), що отримується до здійснення оцінюваного заходу ($I = \overline{1, m}$);

q_{nj} – теж саме, після його здійснення ($j = \overline{1, n}$);

$Z_{i(j)}$ – оцінка одиниці i -ї (j -ї) продукції.

Зіставлення варіантів природозахисних заходів й об'єктів, що характеризуються багатокритерійною оцінкою, інколи здійснюється лише за величиною сумарного економічного ефекту $R_{\text{сум}}$ за період експлуатації відповідних об'єктів з урахуванням чинника часу [104]

$$R_{\text{сум}} = \sum_{t=\tau}^T \frac{P_t}{(1 + E_{\text{н.н.}})^{t+\tau^6}} - Z_{\text{сум.}} \rightarrow \max, \quad (1.12)$$

де T – рік завершення об'єкту;

τ – рік початку експлуатації об'єкта;

P_t – економічний результат для t -го року;

$E_{\text{н.н.}}$ – нормативний коефіцієнт приведення витрат;

t^6 – базовий момент часу;

$Z_{\text{сум}}$ - сумарні витрати за період будівництва та експлуатації.

Обсяги викидів від основного джерела (наприклад, доменній печі) інколи якісно відрізняються від аналогічних викидів в окремих транспортно-технологічних операціях загального циклу (сушка доменної шихти, транспортування гарячого агломерату і тому подібне). При певному наборі транспортно-технологічних операцій, що є другорядними джерелами шкідливих викидів всього виробництва, їх вкладом в результуюче забруднення навколишнього середовища нехтувати не можна.

Результати сучасних досліджень дозволяють оцінювати забруднення навколишнього середовища лише за окремими видами виробництва і транспорту. Але спільно ці види створюють цикл транспортно-технологічної схеми, що нагромаджує шкідливе діяння на навколишнє середовище в значній кількості.

При існуючому рівні науково-технічного розвитку основними забруднювачами навколишнього середовища і споживачами природно-енергетичних ресурсів виявляються транспорт, металургія та їх симбіоз, рівного якому немає серед інших взаємозв'язаних промислових виробництв.

Загальний негативний вплив на природне середовище циклу транспортно-технологічної схеми не обмежується токсичним забрудненням: зростає споживання природно-енергетичних ресурсів, що вилучаються з природного кругообігу з наступним поверненням, але вже в іншому якісному та кількісному стані.

Облік такого виду впливу на природне середовище, поряд зі шкідливими викидами виробництв, можливий при ефективному використанні економетричного моніторингу [102, 124, 25], а також принципів сучасної логістики (управління процесами, комплексність підходу, компромісність в господарюванні) [155, 5].

Накопичення шкідливого діяннн транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва на навколишнє середовище концептуально і наочно показано на рис. 1.2.

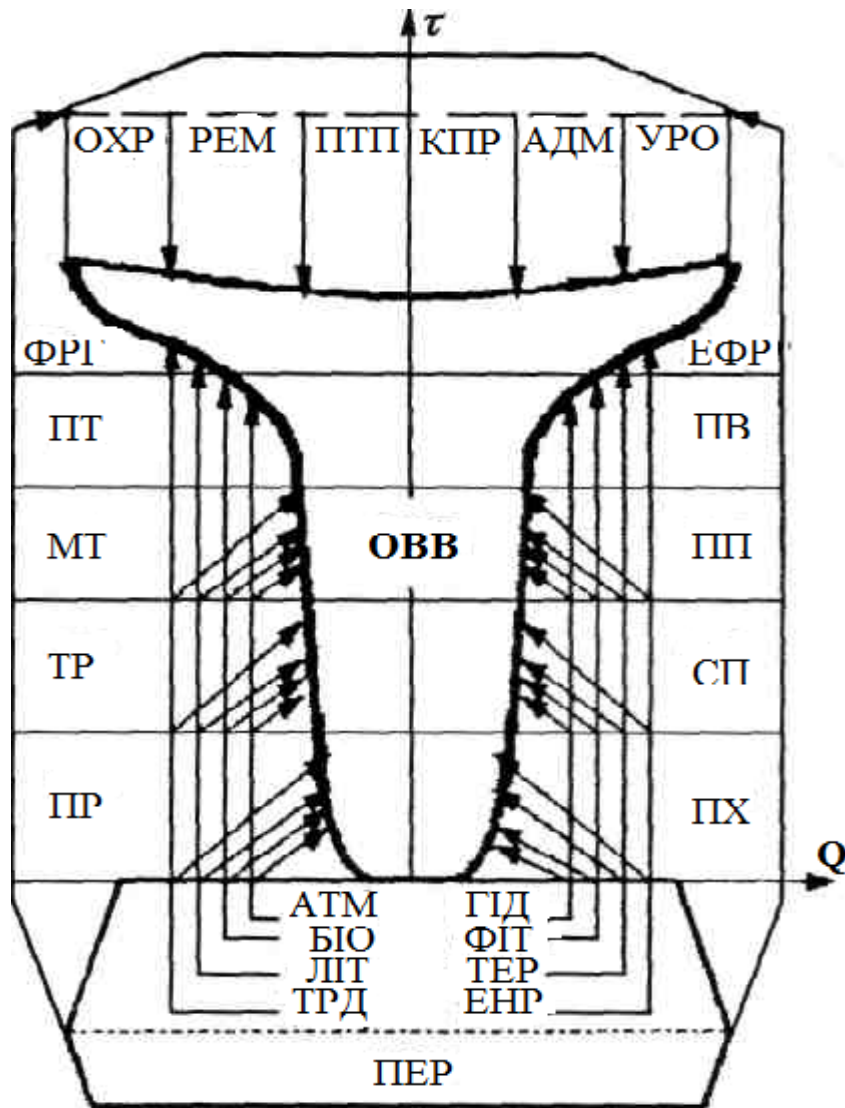


Рис. 1.2. Розвиток еколого-техногенного шкідливого діяннн транспортно-технологічної схеми на навколишнє середовище (концептуальна модель).

ОХР — природоохоронні технології та засоби; АДМ — адміністративно-природоохоронні заходи; УРО — утилізація відходів; ФРГ — фази накопичення шкідливих дій; ЕФР — етапи фаз накопичення; ПТ — споживання сировини; ПВ — вивантаження, зберігання; ПП — перевізний процес; СП — будівництво доріг і транспортуючих засобів; ПР — виробництво сировини; ПХ — зберігання, вантаження; Q - шкідливий вплив; ОВВ — сумарний обсяг шкідливого впливу.

Використання принципів логістики та моніторингу дозволяють наочно представити динаміку наростання шкідливого діяння на екологічні компоненти навколишнього середовища: атмосферу (АТМ), гідросферу (ГІД), літосферу (ЛІТ), фітосферу (ФІТ), біосферу (БІО), територію (ТЕР), трудові (ТРД) і енергетичні ресурси (ЕНР) [49].

Починаючи накопичення шкідливої дії на навколишнє середовище на споживанні виділених компонентів природно-енергетичних ресурсів, цей вплив накопичується впродовж основних фаз: виробництво вантажу, необхідність транспортування сировини (ТР), процеси переміщення і процеси переробки сировини на об'єктах магістрального і промислового транспорту (МТ), споживання вантажу.

Кожна фаза включає певні послідовні етапи роботи з вантажем, що транспортується: зміна стану вантажу, складування, зберігання, створення інфраструктури і виготовлення об'єктів транспортно-технологічного циклу, перевізний процес переміщення сировини, ремонт і обслуговування об'єктів (РЕМ), втрати вантажу і зміна його якості при переміщенні і тому подібне.

На цих етапах певним чином відбувається шкідлива дія на навколишнє середовище, зростаючі зміни в якому з часом негативно позначаються на умовах життя і здоров'ї людини.

Витрати на заходи щодо придушення накопичення шкідливих діянь формуються з тих самих 8 екологічних компонентів, що веде до збільшення об'єму шкідливих діянь накопичених в навколишньому середовищі, які представлено на рис. 1.2 у вигляді чашоподібної голівки моделі.

Форма чашоподібної голівки характеризує результативність комплементарного (за елементами) придушення зростання (КПР) шкідливих дій на навколишнє середовище. Геометрична форма моделі плоска. Половина площі моделі, що розрізана вертикальною осьюовою лінією (координати часу), дорівнює загальній вартості екологічних витрат на всіх часових етапах циклу переробки і переміщення сировини.

Загальна площа половини моделі (S^+) відповідає вартості екологічних

витрат за весь цикл транспортно-технологічної схеми при підготовці одиниці сировини, яка зменшується за рахунок комплементарного придушення $f_k(\tau)$ [124].

$$S^+ = \int_0^{T_u} f(\tau_u) d\tau + \int_0^{T_u} f_D(\tau_u) d\tau - \int_0^{T_u} f_K(\tau_u) d\tau, \quad (1.13)$$

де T_u - середня тривалість циклу переробки даного вигляду сировини;

τ_u - відлік часу циклу від його;

$f(\tau_u)$ - функція діяння з початку етапу виробництва;

$f_D(\tau_u)$ - функція додаткового впливу, пов'язана з реакцією середовища на забруднювач;

$f_K(\tau_u)$ - функція комплементарного придушення шкідливих дій залежно від τ_u .

Транспортно-технологічна схема будь-якого виробництва породжує циклічний розвиток екологічних проблем. Розвиток циклу визначають 4 види показників: основні чинники, що шкідливо впливають на навколишнє середовище; результати дій на навколишнє середовище шкідливих чинників; наслідки для здоров'я людини результатів шкідливого діяння на навколишнє середовище; заходи щодо запобігання шкідливого діяння чинників транспортно-технологічного процесу [8].

Аналіз розвитку шкідливого діяння транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на навколишнє середовище і комплементарного його захисту показує, що фазовий розвиток, накопичення і вирішення екологічних задач, має два напрями, що паралельно існують.

Перше характеризує фазове зростання обсягів техногенної екології циклу транспортно-технологічної схеми, друге — комплементарне пригнічення зростання шкідливих дій з мінімальними витратами природно-

енергетичних ресурсів і мінімальним забрудненням навколишнього середовища.

Повний обсяг шкідливого діяння транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на навколишнє середовище у вартісному вираженні складається з суми обсягів діяння по кожному конкретно даному ресурсу (сировині). Тому для вибору ефективних заходів і прогнозування основних напрямів (у тому числі обсягів фінансування для конкретного етапу) по зниженню шкідливих діянь необхідно встановити закономірності зміни обсягів діянь по кожному використаному природно-енергетичному ресурсу на кожному етапі фаз здійснення транспортно-технологічної схеми.

Закономірності встановлюються в екосистемі виробництво – переміщення – споживання за кожен її життєвий цикл, тобто за час переміщення сировини на певну відстань між виробництвом і споживанням, включаючи транспортно-технологічні операції в двох останніх. Однією з основних умов розробки логіко-математичних моделей названих закономірностей є наявність повної і достовірної інформації. Джерелами інформації можуть бути статистичні звіти, виробничі розробки, нормативна документація, інформація експертів-фахівців, дослідні дані і др.

На підставі проведених досліджень [124] представлені результати економічної оцінки витрат ПЕ і ТР (*Додаток*, Таблиця 1), а також трендові залежності сумарних витрат природно-енергетичних ресурсів при транспортуванні сировинних матеріалів (*Додаток*, Табл.2).

Запропонована методика економетричної оцінки з використанням принципів моніторингового підходу розробки методів і моделей по захисту навколишнього середовища і збереженню енергоресурсів є універсальною і може бути використана для всіх промислових виробництв [59].

1.4 Природа втрат природно-енергетичних ресурсів у відходоутворюючих потоках транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Накопичення значної кількості відходів в металургійному виробництві обумовлене існуючим рівнем транспортних технологій для відповідних сировинних матеріалів.

Металургійні технології передбачають використання 8-10 % сировини, а деякі навіть менше 1% від здобутого [84].

Решта сировини спрямовується в відходоутворюючі потоки, структура яких відрізняється видовою і кількісною різноманітністю.

Важливу роль в утворенні відходів грають втрати сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі виробництва, які неминучі при відповідному рівні реалізації транспортних процесів.

Між різними показниками, що визначають природу і механізми відходоутворення, існує тісний взаємозв'язок, яка через неочевидність та багатофакторність вивчена недостатньо.

Дослідження природи втрат в відходоутворюючих потоках, транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, виявлення причин, що впливають на їх кількісний і якісний склад, вироблення відповідних рекомендацій є дуже актуальними [127].

Реалізація такого процесу полягає у виробленні корисної споживчої продукції, а також виключення відходів [149], які не є метою даного виробництва і не мають споживчої вартості (рис.1.3).

Будь-яка транспортно-технологічна схема реалізується в деякій технічній системі певного рівня [64].

Матеріалопотоки і вузли в яких, завдяки деяким транспортним технологіям, ці потоки зазнають зміни, виявляються джерелами неминучих втрат [159].



Рис. 1.3. Ресурсопотоки в транспортно-технологічній схемі

Загальну схему трансформованого логістичного потоку можна записати у вигляді бінарного відображення [127]

$$A_{ло}: f(x_{лi}, \tau_{л}) \rightarrow f(x_{л(i+1)}, \tau_{л}) \quad (1.14)$$

Тут під поточною трансформацією $A_{ло}$ розуміють в деякому часовому інтервалі $\tau_{л}$ будь-які послідовні показники робіт в логістичних операціях $x_{лi}$ і $x_{л(i+1)}$ по перетворенню матеріалопотока - вибір транспортно-технологічного засобу, доставку, складування, закупівлю продукції, формування поточних і інших запасів, здійснення розподільних функцій між декількома потоками або між декількома споживачами.

У усіх цих операціях є присутньою незмінна складова, яка відбиває втрати матеріальних потоків.

Прямою причиною відходоутворення в деякому узагальненні може являтися надмірний вміст окремих компонентів сировинної бази, що беруть участь в технологічному процесі [21].

З іншого боку, втрати сировини обумовлені недосконалістю технологічних процесів, устаткування, структурою транспортно-логістичних операцій.

Завдання утилізації відходів на промисловому транспорті доменного виробництва ще більше актуальне у зв'язку з тим, що організація їх транспортування вимагає витрат в 2-3 рази менших, ніж для основних виробництв.

В той же час, економія 1% відповідних видів мінеральної сировини рівноцінна додатковому залученню до виробництва сировини, необхідної для отримання близько 1 млн. т. сталі, приблизно 6,5 млн. т вугілля а також 4, 9 млн. т нафти, до 6 млрд. м³ природного газу та 15 млрд. кВт·год електроенергії [103].

Універсальних методик, що описують втрати і розсіювання неорганізованих викидів на промисловому транспорті, ще не розроблено [127].

В той же час існують норми убутку вантажів при перевезеннях на залізничному і автомобільному транспорті [14].

Розподіл нормованої величини убутку (втрат) на різних операціях складного транспортно-технологічного процесу доменного виробництва залежить від різних факторів . Втрати, пов'язані з переміщенням сировини, складають 6%.

До їх числа входять втрати на навантажувальних операціях (2,8 %), втрати при переміщенні сировини (2 %), при розвантажувальних операціях (1.2%) [48].

Кількість втрат при цьому залежить від виду матеріалів, їх структури, гранулометричного складу, вологості. Умовно можна виділити три групи чинників, що впливають на величину втрат:

- технологічні: якість сировинних матеріалів, їх фізико-хімічні властивості, технологічні параметри виробничого процесу, стан транспортно-технологічного устаткування та ін.;

- організаційні: організація і структура транспортно-логістичних операцій, кількісний склад устаткування, рівень його зносу, забезпечення надійності та ін.;

- зовнішні: кліматичні, часові, сезонні, попит на продукцію і тому подібне.

Точне співвідношення між цими чинниками і величиною втрат у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва доки не встановлене.

Головним завданням розвитку транспортно-технологічної схеми доменного виробництва виявляється розробка структури її об'єктів і процесів, яка забезпечує отримання максимальної корисності, надійності та довготривалості.

Виходячи з вище викладеного, головне завдання синтезу об'єктів і процесів для різних варіантів транспортно-технологічної схеми в загальному аналітичному вигляді може бути представлено у вигляді [2]

$$\begin{aligned} \text{Max}_{C_i} [U(C_i) = U(O_j / C_i)], \\ \text{при } P(O_j / C_i) = 1.0 \end{aligned} \quad (1.15)$$

де P - вірогідність отримання можливих результатів;

C_i - розглянутий варіант;

O_j - очікуваний результат;

U - критерій оцінки варіанту системи підготовки сировини доменного виробництва.

Досягнення необхідної результативності вирішуваного завдання можливе під час аналізу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва з позицій її процесності. Передбачаються наступні етапи аналізу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва :

- декомпозиція схеми підготовки сировини доменного виробництва на відносно суперечливі самостійні три блоки: доставка сировини, його перетворення і споживання;

- виділення інтересів - компромісів цих блоків і розробка узагальненого критерію, що забезпечує більш ефективне функціонування і розвиток схеми;
- декомпозиція блоків на об'єкти і процеси, виявлення їх ролі в загальній транспортно-технологічній схемі доменного виробництва і дослідження функціональних ознак і можливостей кожного з них;
- здійснення синтезу об'єктів і процесів на логістичній основі окремо для кожного блоку, з урахуванням їх компромісних взаємин.

Для вирішення поставленого головного завдання транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва використовується метод цільового програмування, пов'язаного воєдино з людино - машинними процедурами [9, 144].

При функціонуванні транспортно-технологічної схеми доменного виробництва можливі різні варіанти досягнення її мети з раціонального використання природно-енергетичних ресурсів і захисту навколишнього середовища. Умови функціонування певного варіанту транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва можна записати в математичній формі [107]

$$R - R_i \geq 0 \text{ та } R - R_i \rightarrow \max, \quad (1.16)$$

де R , R_i - відповідно, запланований і мінімально досяжний обсяг робіт у вартісному вираженні в певному i -му варіанті транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

За величину запланованого обсягу робіт варіанту транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва приймаємо обсяг робіт в існуючій схемі за умови:

- кількість P_c сировини на всіх етапах постійна:

$$P_c = const; \quad (1.17)$$

- плановані ($E_{нпл}$) і мінімально досяжні ($E_{ні}$) витрати енергетичних ресурсів в схемі не рівні між собою

$$E_{нпл} - E_{ні} > 0; \quad (1.18)$$

- екологічні витрати $E_{кпл}$ (плановані) і $E_{кі}$ (мінімально досяжні), також не рівні між собою

$$E_{кпл} - E_{кі} > 0; \quad (1.19)$$

- фактичний час роботи $T_{фд}$ транспортно-технологічної схеми доменного виробництва менше або рівний запланованому:

$$T_{фд} \leq T_{дд}. \quad (1.20)$$

Модель розподілу R^* числа x та видів r -их робіт і k -х об'єктів (процесів) між i -ми складовими транспортно-технологічної схеми доменного виробництва можна описати виразом [107]

$$R^* = \min \sum x_{ikr} C_{ikr}; \quad (1.21)$$

при умовах:

$$x_{ikr} \geq 0; \quad (1.22)$$

$$\sum_i x_{ikr} \leq q_{ir}; \quad (1.23)$$

$$\sum_k x_{ikr} = P_{ir}; \quad (1.24)$$

где x_{ikr} – число робіт (x) для i -го учасника з їх видами (r) на k -х об'єктах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва;
 C_{ikr} - вартість роботи r -го виду, на k -му об'єкті, у i -го учасника;
 q_{ir} - можливості для виконання об'єму робіт у i -го учасника;
 P_{ir} - сумарний запланований об'єм робіт в транспортно-технологічній схемі підготовки сировини доменного виробництва.

Умова (1.22) вимагає можливості виконання певного обсягу робіт у i -го учасника транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва, а умова (1.23) вимагає відповідності можливої продуктивності робіт у i -го учасника, запланованої для нього в схемі.

Рівність (1.24) враховує виконання обсягу робіт i -ми учасниками транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва.

Операційна оцінна модель транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва на рівні об'єктів і процесів може бути представлена у вигляді [107]

$$Un = f(x_{ki}, y_{ki}) \quad (1.25)$$

де Un - корисність (значення) критерію, що характеризує якість транспортно-технологічної схеми;

f - функція, що задає співвідношення між Un , x_{ki} і y_{ki} ;

x_{ki} - керовані змінні;

y_{ki} - змінні і постійні параметри (або величини), що не піддаються управлінню, але впливають на Un .

1.5 Постановка мети і задач досліджень, вибір методів дослідження

На підставі викладеного визначається наступна головна задача роботи : розробити методи оцінки використання природно - енергетичних і трудових ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва, з урахуванням шкідливої дії на навколишнє середовище.

Крім того, передбачається розробка відповідної інформаційної бази [151,160], отримання нових знань про структуру і взаємозв'язок процесів і об'єктів промислового транспорту доменного виробництва.

Основні задачі, шляхом рішення яких досягається мета:

- виконати аналіз існуючої транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, вивезення готової продукції і відходів в доменному виробництві з виявленням шляхів і методів досягнення мети дослідження та на його основі розробити загальну методичку досліджень;

- розробити методи встановлення енергоресурсозберігаючих та енергоємних чинників транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва;

- розробити методи оцінки шкідливого діяння транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на навколишнє середовище і на їх основі виявити і дослідити найбільш техногенно небезпечні її елементи, з метою зниження шкідливих діянь на навколишнє середовище;

- розробити методи оцінки транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, що враховують багатокритерійну основу значної кількості її об'єктів і процесів.

В якості основного методу дослідження, що полягає в пізнанні цілої системи, в єдності і взаємному зв'язку її частин, з їх аналізом, узагальненням і зведенням в єдине ціле, покладений процесний синтез [130].

Теоретичну основу синтезу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва складає діакоптика (розчленування - як систематичний метод), що об'єднує два джерела інформації: факторизований

граф-топологічний портрет схеми а також матриці, що описують її, або рівняння [63].

В якості науки про планування, організацію, управління, контролю і регулювання руху потоків в розглянутій транспортно-технологічній схемі прийнята логістика [5,47,155].

При рішенні задач ефективного функціонування транспортно-технологічної схеми доменного виробництва використано теорію пізнання з її методами опредмечування і розпредмечування [121,140], а також теорію прийняття рішень з використанням методу цільового програмування, пов'язаного з людино-машинними процедурами, в яких бере участь особа, що приймає рішення [23,154].

В якості такої особи можуть виступати поодинокі експерти з галузі, колективи вчених.

Стосовно приватних рішень використовуються методи: матричний, імовірнісної апроксимації, системного аналізу [75] і багатокритерійної оптимізації [23,148], розподілу складних систем на частини, ранжування об'єктів і процесів, імітаційного і трендового моделювання [141,102], структурного аналізу [44], теплотехнічних досліджень, економіко-математичного моделювання [80], оцінок діяння транспортно-технологічної схеми на навколишнє середовище у поєднанні з комбінаторними методами, експертних оцінок, статистики, теорії надійності, дослідження операцій [2], контролінгу [43,45], регламентації, експериментальних досліджень [46] і інші.

Виходячи з цього, задачі досліджень, сформульовані у введенні до цієї роботи, повинні вирішуватися з урахуванням обраного напрямку досліджень: підвищення ефективності транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на підставі оцінки використання природно-енергетичних і трудових ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва з урахуванням її шкідливої дії на довкілля і втрат сировини.

Висновки по розділу 1

1. Аналіз процесів і об'єктів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва показує, що при значному рівні витрат природно-енергетичних і сировинних ресурсів не існує відповідних методів їх оцінки, що дозволяють обрати раціональні напрями ресурсозбереження і підвищення ефективності промислового транспорту доменного виробництва.

2. При огляді наукових досліджень по формуванню витрат природно-енергетичних і сировинних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва встановлено різноманіття недостатньо вивчених чинників, впливаючих на структуру витрат, що вимагає додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

3. Встановлено, що недостатньо вивчені механізми утворення витрат, і потрібно вдосконалення методів їх оцінки на промисловому транспорті, з урахуванням впливу його на навколишнє середовище.

4. На підставі проведених досліджень було встановлено, що в транспортно-технологічній схемі підготовки шихтових матеріалів, транспортування сировини, вивезення продукції і відходів доменного виробництва недостатньо вивчені оцінки витрат природно-енергетичних та трудових ресурсів на конкретних етапах а також їх об'єктах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

5. Встановлено, що до теперішнього часу недостатньо розроблені методи по виявленню етапів, об'єктів і процесів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, на яких спостерігаються максимальні витрати природно-енергетичних і трудових ресурсів, втрати сировини з супроводом забруднення природного середовища, що вимагає їх виявлення і пріоритетного вдосконалення.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Дослідження ролі транспортних потоків сировинних матеріалів у формуванні витрат природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті металургійного виробництва

Існуючі обсяги транспортування сировини в металургії характеризуються значними витратами природно-енергетичних ресурсів і супроводжуються утворенням відходів, що потребує вирішення багатьох проблем енерго-ресурсозбереження. Насамперед, мова йде про утилізацію накопичуваних відходів [127, 21].

Вирішення цієї проблеми може бути реалізоване в ресурсозберігаючій технології, коли побічні продукти і відходи одного виробництва використовуються в якості сировини в інших.

Так, наприклад, на промисловому транспорті металургійного виробництва при перевезенні рідкого чавуну від доменної печі до сталеплавильного виробництва в процесі охолодження чавуну в атмосферу виділяється залізо-графітова піна, яка осідає на залізничне полотно. Вона є цінною сировиною для виготовлення виробів, які екранують різні види електромагнітних випромінювань.

Дослідження транспортних потоків сировини в металургійному виробництві дозволяє оцінити транспортно-технологічну схему на можливості регулювання утворення відходів.

Аналіз транспортно-технологічної схеми металургійного виробництва показує, що процеси утворення відходів підкоряються певним закономірностям і визначаються елементною базою технології

транспортування [128].

Елементна база (кількість умовних елементів деякого транспортного процесу) залежить від умов транспортування сировинних матеріалів, що супроводжуються їх агрегатними, механічними, фізико-хімічними та іншими перетвореннями.

Наприклад, сировинна база типової технології механічної обробки певної деталі при ремонті або виготовленні транспортного засобу включає 4 елементи (заготівля, мастильна рідина, вода, шаблон), продукційна база - 1 елемент (металева деталь), база відходів - 4 елементи (стружка, окалина, пари, газ) [21].

Аналогічна номенклатура [127,21] для деяких транспортно-технологічних процесів металургійного виробництва представлена в *Додатку*, таблиця 3.

Кожен з розглянутих транспортно-технологічних процесів реалізується в технічній системі певного рівня.

Вона складається з елементів власне технічної системи і деякої транспортно-технологічної інфраструктури, до якої входять компоненти сировинної, продукційної баз і бази відходів.

У такій системі, як правило, відсутні мінімально необхідні частини, які дозволяють трансформувати всі елементи сировинної бази в кінцеві продукти.

У багаторівневих транспортно-технологічних системах (ТС) з попереднім рівнем ранжирування відходи виробництва на рівні n ($ТС_n$) реалізуються або за прямим призначенням, або після відповідної переробки як елементи сировинної бази для деякої надсистеми ($ТС_{n+1}$) більш високого рангу.

У цьому випадку у вихідній транспортно-технологічній системі ($ТС_n$) функція відторгнення [127] зменшується за рахунок придбання елементами бази відходів статусу товарної продукції, а в донорській надсистемі ця функція зростає за рахунок втрат в транспортно-технологічній схемі

доменного виробництва підготовки і переробки матеріалів, що надходять від вихідної.

Таке явище характеризує емісію відходів в багаторівневих транспортно-технологічних системах в напрямку збільшення рангу системи.

Величина емісії визначається ефективністю транспортування сировини і параметрами процесів та об'єктів в транспортно-технологічних схемах кожного рівня багаторівневої технічної системи.

Найбільш достовірну оцінку закономірностей процесів утворення відходів в транспортно-технологічних схемах металургійних виробництв, можна зробити при аналізі сукупності міграційних потоків вантажів [127, 21], які можуть бути представлені у вигляді орієнтованого графа (рис.2.1), в якому вершини АВ, ДВ, ПВ, СВ - представлені відповідно, транспортно-технологічними процесами в агломераційному, доменному, прокатному, сталеплавильному виробництвах.

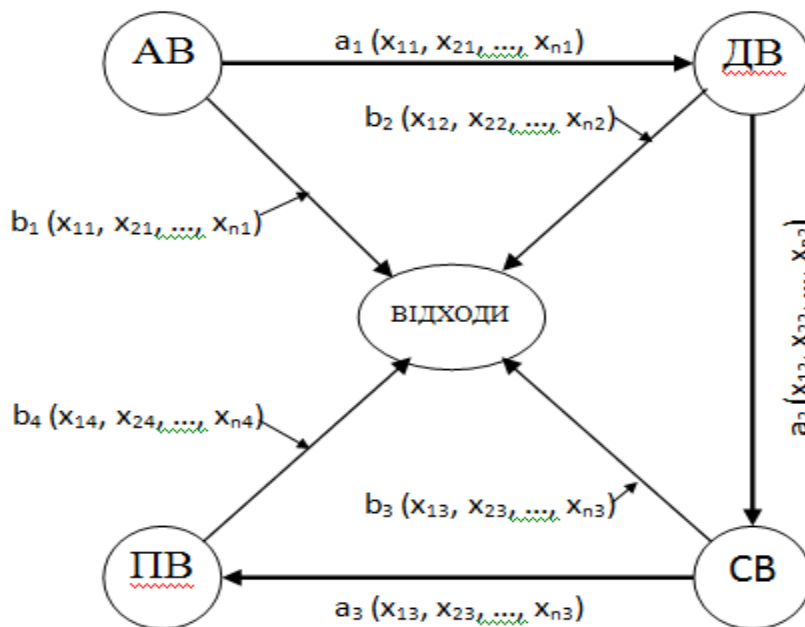


Рис. 2.1 Узагальнена схема формування транспортно-технологічних відходоутворюючих потоків в металургії

В узагальненій схемі формування транспортно-технологічних відходоутворюючих потоків в металургії транспортно-технологічна схема може бути представлена у вигляді зваженого графа G [127, 21]:

$$G = f[X, E], \quad (2.1)$$

$$X = \{ AB, ДВ, СВ, ПВ, відходи \},$$

$$E = \{ (AB, ДВ, a_1), (ДВ, СВ, a_2), (СВ, ПВ, a_3), (AB, відходи, b_1), \\ (ДВ, відходи, b_2), (СВ, відходи, b_3), (ПВ, відходи, b_4) \},$$

де *відходи* – відходи транспортно - технологічних процесів;

$a_i(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$ – склад вантажопотоков на різних стадіях транспортно-технологічної схеми;

$b_i(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$ – склад вантажопотоков в відходоутворюючих потоках.

При цьому, основний матеріальний потік має вигляд:

$$AB \rightarrow ДВ \rightarrow СВ \rightarrow ПВ \quad (2.2)$$

Але поряд з ним утворюються відходи вантажопотоків, не реалізовані в корисному продукті доменного виробництва на даному рівні транспортно-технологічної системи, які можуть бути використані в системі більш високого рівня.

Потокова структуризація процесів формування відходів при транспортно-технологічних операціях доменного виробництва кінцевого продукту дозволяє оцінити стан «потрібних» і «непотрібних» компонентів [11].

Це дає можливість характеризувати вантажопотоки виробництва за здатністю підсилювати відходоутворення.

Якщо відходів вантажопотоків транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, які не мають споживчої вартості за прямим

призначенням, присвоїти властивість технологічного відторгнення з відповідною функцією відторгнення транспортно-технологічного процесу α_n , а утилізаційні властивості транспортно-технологічної системи представити функцією технологічної спорідненості γ_n , то оптимізаційна модель утворення відходів вантажопотоків в багаторівневій транспортно-технологічній системі може бути представлена у вигляді рівняння [21].

$$d(\alpha_n R_{oin} - \gamma_n R_{ojn})/dR_o = 0, \quad (2.3)$$

де n - порядковий номер елемента рівня системи;

i - порядковий номер елемента сировинного вантажопотоку;

j - порядковий номер елемента продукційного вантажопотоку;

R_o - пропускна здатність системи за відходоутворюючими потоками.

Ця модель дозволяє простежити формування транспортно-технологічних відходоутворюючих вантажопотоків, починаючи з транспортування шихтових матеріалів від магістрального транспорту до вивезення пилу шлаків, готового металу, а також перетворення вантажопотоку в різних транспортно-технологічних процесах, фізико-хімічних перетвореннях, механічних діях на k -тому етапі виробництва.

Таким чином, керуючи сировинними вантажопотоками і контролюючи характер вантажопотоків на різних рівнях транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, можливо забезпечити повніше регулювання і облік процесів утворення відходів в транспортно-технологічних потоках сировинних матеріалів та відходів на промисловому транспорті металургійного виробництва.

2.2 Дослідження ролі природно-кліматичних факторів промислової зони при формуванні втрат сировини

Транспортно-технологічна схема металургійного виробництва функціонує під впливом певних природно-кліматичних факторів, що залежать від природного потенціалу територій, мікроклімату як всередині зони самого підприємства, так і за його межами.

Для прийняття правильних керуючих рішень і забезпечення збалансованого розвитку природно - антропогенної системи необхідно знати основні тенденції зміни природних компонентів навколишнього середовища на основі комплексної оцінки впливу на зміну клімату певних характерних особливостей (факторів) існування транспортно-технологічної схеми металургійного підприємства.

Отримання чисельних результатів процесу руху повітряних потоків транспортно-промислової зони металургійного виробництва, розташованої як правило в межах промислової зони, з оцінкою поля температур і швидкостей повітряних потоків, являє собою досить складний процес, який вимагає певного моделювання з використанням ефекту «дощова тінь» [129].

Підвищення антропогенного впливу транспортно-технологічних схем на природне середовище та розвиток екологічних проблем призвело до виникнення загрози біосферних змін умов життя людини у межах промислової зони [15, 152, 157].

В існуючих підходах до оцінки розсіву викидів від об'єктів транспортно-технологічної схеми недостатньо враховуються природні особливості території, комплекс взаємозв'язків між компонентами навколишнього середовища, спільний вплив деяких факторів, таких як температура, вологість, роза вітрів, рельєф забудови та ін [62].

Частина сонячного випромінювання, що досягає запилені поверхні будівель і споруд, повертається в атмосферу. Його кількість залежить від альбедо (відбивної здатності) поверхні: сніг відбиває близько 80-95%,

трав'яниста поверхня - 20%, а темні покриття - тільки 8-10% від потоку випромінювання, що приходить [15, 84].

Якщо рослинний покрив місцевості практично 60% енергії витрачає на випаровування, то щільно забудовані поверхні - лише 15%. Як результат, у промислових зонах наземний шар повітря отримує в три рази більше тепла в порівнянні з природними поверхнями, які є основою для утворення «теплового острова» промислової зони, наявність якого спостерігається на рівні до 3 - 4 висот будівель [62, 84, 90, 129].

У минулому великих промислових зон було порівняно небагато, і факти підвищеної температури повітря в них не залучали великої уваги, хоча і були відомі ще у вісімнадцятому столітті. В наш час з цим явищем кліматологам вже доводиться рахуватися [70].

Ландшафт промислової зони гальмує рухомі повітряні маси, внаслідок чого над нею і виникає «дощова тінь» [70, 51, 143].

«Дощовою тінню» позначають територію з відносно низькою кількістю атмосферних опадів у порівнянні з навколишньою місцевістю, що знаходиться на підвітряній стороні будь - якого географічного об'єкта, який затримує просування дощових хмар, як би відкидаючи «суху тінь» [42].

Сьогодні не існує надійно обґрунтованих та загально визнаних методик оцінки антропогенного навантаження на екосистеми з урахуванням опосередкованого впливу висоти промислового об'єкта на розташовані в кількох кілометрах від нього сільськогосподарські угіддя, а також диференціювати вплив транспортно-технологічних і промислових об'єктів різного типу, враховувати природний потенціал місцевості.

При цьому сама природно - антропогенна система розглядається в якості «чорного ящика», пов'язаного з іншими системами обміном речовини і енергії [62].

Запропонована в роботі [119] технологія розрахункового моніторингу дозволяє зіставити різноманітні дані (ступінь забруднення повітря, ґрунтового, сніжного, рослинного покривів та біосередовищ населення), інтегрування їх в

єдину оціночну систему, що дозволяє отримати своєрідний «екологічний образ» конкретної території.

На рис. 2.2 представлена проста схема процесу взаємодії двох потоків повітря.

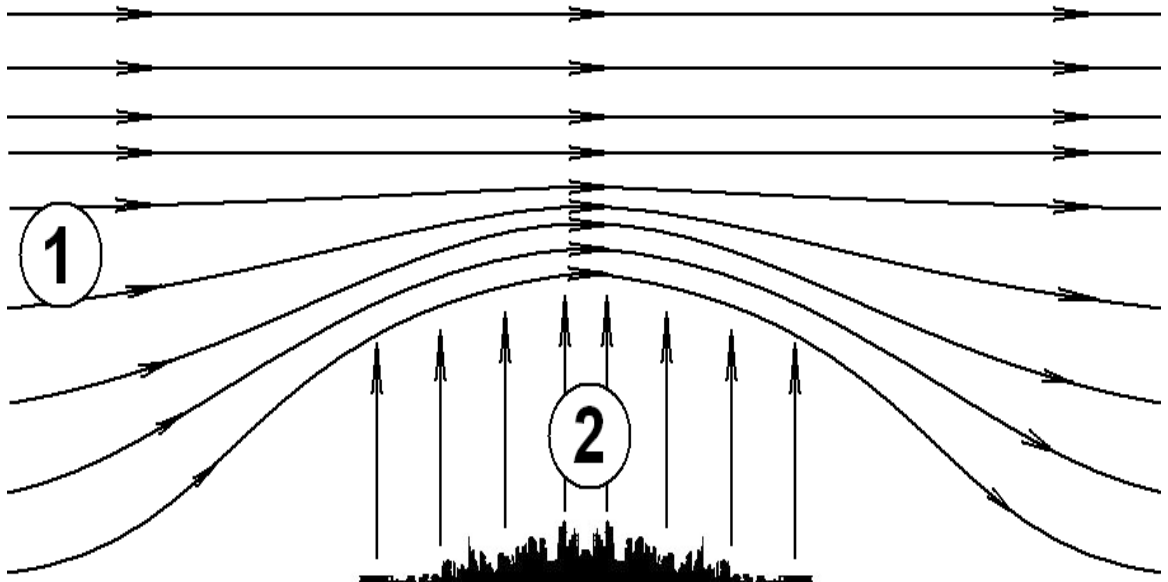


Рис.2.2. Принципова схема атмосферних потоків в промисловій зоні

Основний рух повітряної маси під впливом вітру (потік 1) відбувається паралельно поверхні землі. Перешкодою на шляху цього руху виступають будівлі та вертикальний потік 2, утворений нагріванням повітряної маси за рахунок енергії «теплого острова».

Потік 1 огинає перешкоди зверху, піднімаючись на невелику висоту. Згодом, минаючи перешкоду, потік 1 відновлює свою початкову висоту.

Метою моделювання являє встановлення полів швидкостей u_x , u_y та поля температур T^0 .

У припущенні, що обидва потоки мають властивості «ідеального газу» - не мають внутрішнього тертя, течія їх встановилася і не змінюється в часі, а також обмежуючись двовимірною постановкою в декартовій системі координат, побудуємо модельну систему рівнянь на підставі [129]:

1) рівнянь нерозривності

$$\frac{\partial(\rho u_x)}{\partial x} = 0; \quad (2.4)$$

2) рівняння руху

$$\rho(T^0) \cdot \frac{\partial u_x}{\partial y} \cdot u_y = \rho(T^0) g y; \quad (2.5)$$

3) і рівняння конвективного теплообміну

$$\frac{\partial T^0}{\partial x} u_x + \frac{\partial T^0}{\partial y} u_y = \frac{\lambda}{c\rho(T^0)} \left(\frac{\partial^2 T^0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T^0}{\partial y^2} \right); \quad (2.6)$$

де u_x, u_y - швидкості повітряної маси по осях x, y , м/с;

$\rho(T^0)$ - щільність повітряної маси з урахуванням температури, кг/м³;

T^0 - температура повітряної маси, °С;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

λ, c - теплофізичні властивості повітря, Вт/(м·К), Дж/(кг·К)

На рис.2.3 представлена розрахункова схема з граничними умовами моделі взаємодії атмосферних потоків.

При цьому прийняті основні граничні умови:

1) Для потоку 1, що утікає в розрахункову область крізь ліву граничну площину ($x=0$) вважаються відомими швидкість:

$$u(x=0; y=0...1000) = u_{в.м.}; \quad (2.7)$$

і розподіл температури повітря за висотою (y),

$$T^0(x=0; y=0...1000) = T_{\text{в.м.}}(y); \quad (2.8)$$

$$T_{\text{в.м.}}(y) = T_{\Gamma} - 0,012y \quad (2.9)$$

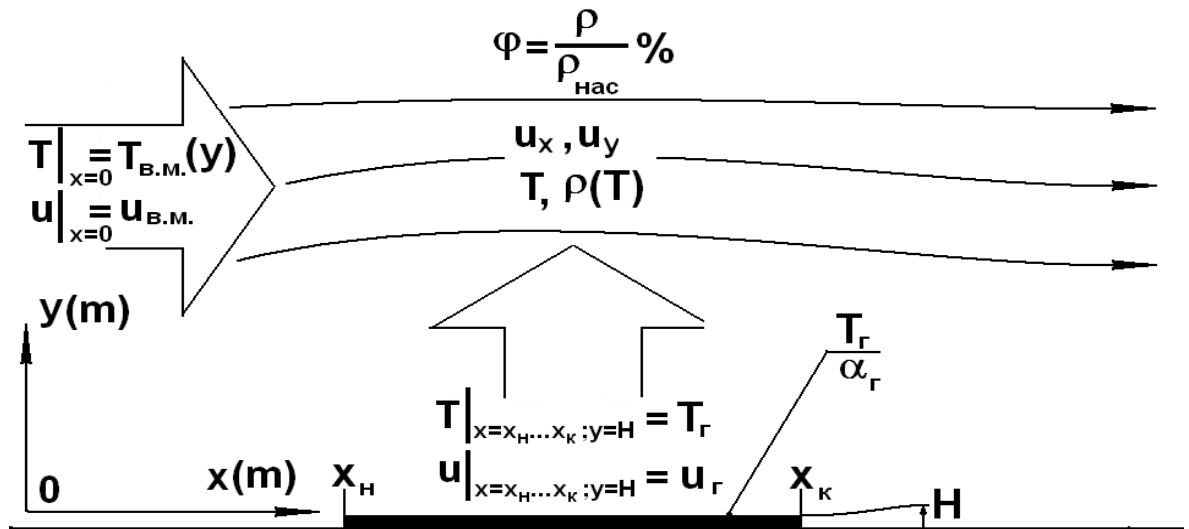


Рис.2.3. Розрахункова схема атмосферних потоків

2) Для потоку 2, що утікає в розрахункову область уздовж поверхні, обмеженої точками з координатами $(x_H; H)$ та $(x_K; H)$ вважаються також відомими швидкість u_{Γ} и температура потоку T_{Γ} :

$$u(x = x_H \dots x_K; y = H) = u_{\Gamma} \quad (2.10)$$

$$T(x = x_H \dots x_K; y = H) = T_{\Gamma} \quad (2.11)$$

Зважаючи на те, що контакт потоку 1 з умовною поверхнею промислової зони досить тривалий, враховано конвективне нагрівання нижнього шару потоку

$$\frac{\partial T^0}{\partial x} = \alpha_{\delta} (T_{\Gamma} - T^0(x = x_H \dots x_K; y = H)), \quad (2.12)$$

де x_n, x_{n_2} - відповідно, початкова і кінцева координати зони, м;

H - середній підйом рельєфу, м;

α_6 - коефіцієнт тепловіддачі повітря - бетон, Вт/м²К.

Для описаної зв'язку, в моделі процесу відносну вологість φ запропоновано визначати з урахуванням щільності насичення $\rho_{нас}$ [129]

$$\varphi = \frac{\rho(T^0)}{\rho_{нас}} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Описана математична модель була реалізована на ЕОМ [129].

На рис.2.4 подано результати комп'ютерного експерименту.

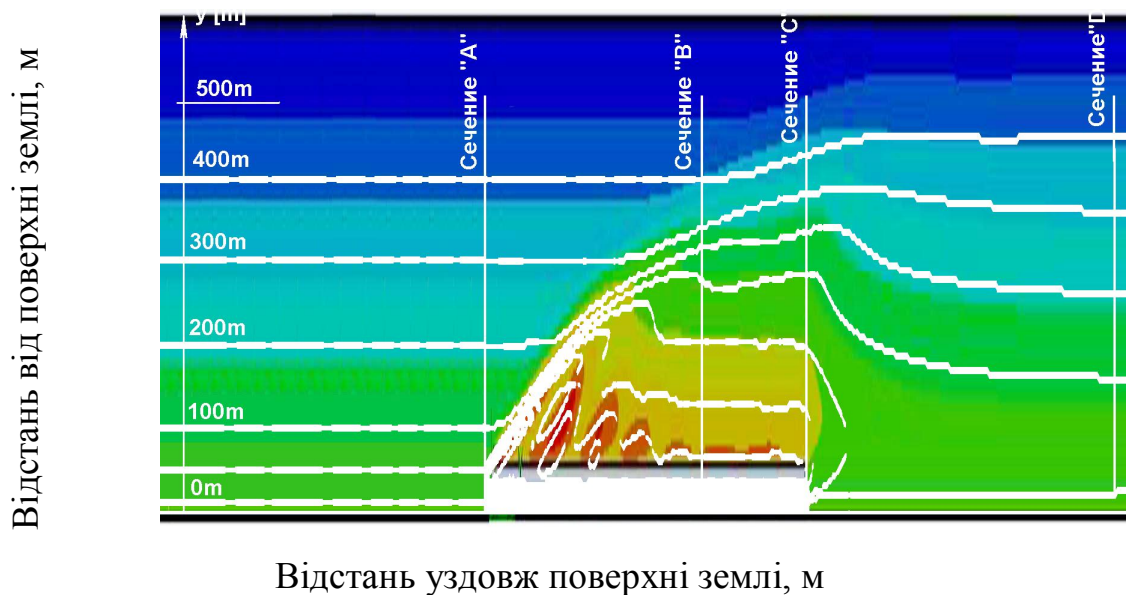


Рис. 2.4. Взаємодія горизонтального і сходжуючого потоків повітря

Візуалізовані лінії струму, що показують, як саме взаємодіють горизонтальний і сходжуючий потоки.

Для постановки чисельного експерименту, спрямованого на функціональне моделювання ефекту «дощова тінь» були прийняті наступні значення геометричних параметрів:

$$x_n = 20000 \text{ м}, x_k = 40\ 000 \text{ м}, H = 50 \text{ м}, u_{в.м.} = 8 \text{ м/с}, u_{Г} = 0,6 \text{ м/с} \quad (2.14)$$

Граничні розподіли температури і вологості повітряної маси показані в таблицях (*Додаток*, Таблиця 4; *Додаток*, Таблиця 5) як фізичні величини, що спостерігаються в розрахунковому перерізі «А».

Висота розрахункової області була обмежена 1000 м.

З рис. 2.4 видно, що при призначених геометричних умовах, змодельована «картина» взаємодії потоків 1 і 2 далека від ідеальної, наведеної на рис.2.2.

Насправді максимум підйому повітряної маси припадає не на центр «теплового острова», а значно зміщується в напрямку потоку, досягаючи свого максимуму практично на кордоні промислової зони.

Для зручності аналізу, температури, залежно від висоти, по чотирьох характерних перетинах - «А», «В», «С», «D», зазначеним на рис.2.4 зведені в таблицю (*Додаток*, Таблиця 4)

Знаючи розподіл температур в загальному потоці і розподіл вологості повітря на межі розрахункової області, можна отримати розподіл вологості по всьому потоку. Вологість повітря залежно від висоти, по чотирьох характерним перетинах - «А», «В», «С», «D», зазначеним на рис.2.4 зведена в таблицю (*Додаток*, Таблиця 5), побудовану аналогічно таблиці (*Додаток*, Таблиця 4).

Особливий інтерес представляють поля таблиці (*Додаток*, Таблиця 5), в яких розрахункова вологість повітря виявилася більш 100%. Фактично, це означає випадання опадів, пов'язаних зі збуреннями потоку 1, викликаними «проходженням» над промисловою зоною. Зіставляючи ці дані з рис.2.4 можна бачити, де саме випадуть ці опади.

Простежування ліній струму (рис.2.4) і зіставлення температур перетинів «А» і «D» (*Додаток*, Таблиця 4) говорить про те, що в кінці розрахункової області потік ще не відновив свій «незбурений» стан. Однак, навіть з урахуванням цієї обставини, порівняння вологості повітря в

перетинах «А» і «D» (Додаток, Таблиця 5), досить показово.

Втрачена над промисловою зоною волога призводить, при відновленні нормального розподілу температур по висоті, до значного (до 13%) зниження вологості повітря і, як наслідок, дефіциту вологи на призонних територіях.

Транспортно-технологічна схема металургійних виробництв використовує величезну кількість видів і форм природно-енергетичних ресурсів: енергії, води і повітря, територій, біо- і фіто- ресурсів нормованих втратами сировини при транспортуванні [3].

Основними джерелами енергії в металургійному виробництві є вуглецевмісні матеріали, в тому числі й кокс. В потоках відходів сировинних матеріалів значна частка належить вуглецю.

При коксуванні вихід придатного компонента знаходиться в межах 0,75 - 0,8, а вміст вуглецю в ньому знаходиться в межах 76 - 91,1 %. Вся інша частина сировинного вугілля відноситься до неминучих втрат [21].

В транспортно-технологічних схемах великих металургійних підприємств близько 300 тонн коксу на рік втрачається на промислових майданчиках, до 60 тонн - в дорозі при транспортуванні [14].

Основна кількість викидів твердих речовин утворюється при транспортуванні шихтових матеріалів, витрата яких досягає 3.5 т на 1т. чавуну, особливо при їх складуванні і завантаженні. Найбільша кількість пилу виділяється в місцях перевантаження сировини. При падінні матеріал утворює пилоповітряну суміш. Шматки коксу при падінні з висоти 2,2 метра можуть захопити повітря до 15 м³/т [127]. В утвореній суміші вміст пилу може досягати 500 мг/м³ повітряного об'єму. На операціях коксортування викиди пилу становлять 600 г вуглецю на тонну коксу. Транспортування, вивантаження та зберігання вугілля і коксу призводять до віднесення дрібних частинок. Концентрації забруднюючих речовин на робочих місцях транспортно-технологічної схеми, наведені у Додатку, Таблиця 6.

Для опису та аналізу локальних ресурсопотоків утворення відходів у виробничих системах представлено простий по своїй наочності метод

графопобудування, який дозволяє здійснити логічно смисловий пошук шляхів розвитку та управління різними видами ресурсів. На рис. 2.5 представлений фрагмент графопобудованої моделі руху вуглецевмісних компонентів в транспортно-технологічній схемі аглодоменного виробництва.

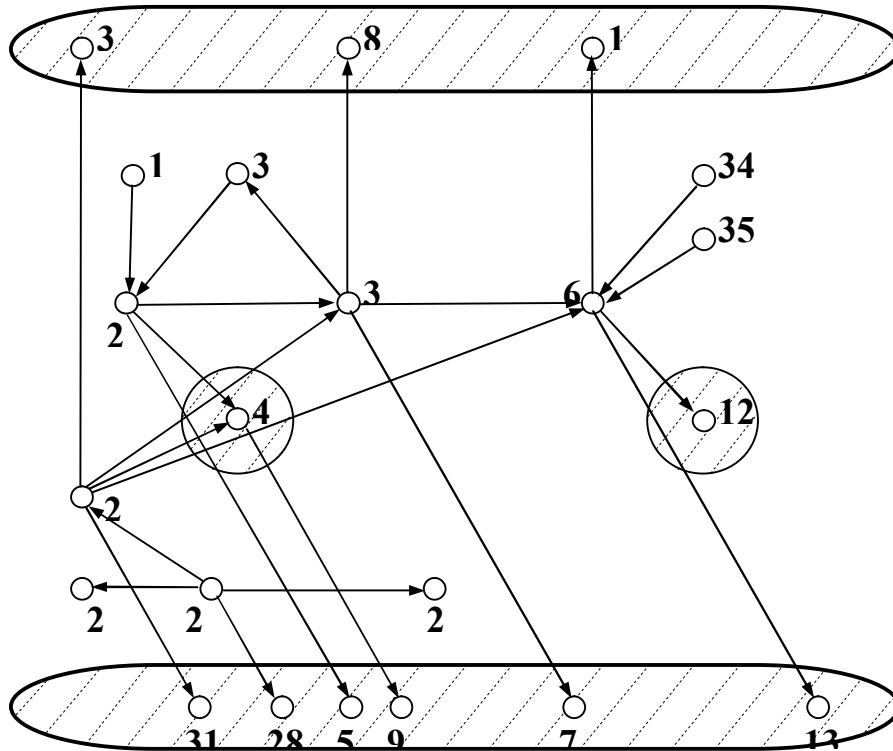


Рис. 2.5. - Фрагмент узагальненої моделі руху вуглецевмісних компонентів в транспортно-технологічній схемі аглодоменного виробництва

На рис. 2.5 косим штрихуванням спеціально виділені ті частини потоків вуглецевмісних матеріалів, які не мають товарної цінності.

Морфологічна схема, що дозволяє читати таку модель, представлена в Додаток, Таблиця 7. Така модель дозволяє простежити зміни складу та енергетичної цінності втрат ресурсів при реалізації транспортно-технологічної схеми.

2.3. Розробка концептуальної оціночної моделі транспортно-технологічної схеми доменного виробництва

У сучасних умовах розвитку транспортно-технологічної схеми доменного виробництва гостро стоять питання раціонального використання природних енергоресурсів та захисту навколишнього середовища, підвищення коефіцієнта корисної дії схеми та ін.

Як показує аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень вдосконалення і розвиток розглянутої транспортно-технологічної схеми спрямовано на вирішення проблем окремих об'єктів і процесів схеми підготовки сировини доменного виробництва, наприклад: захисту навколишнього середовища на конкретних етапах схеми, конструкції транспортно-технологічних агрегатів та компонентів, що підвищують ефективність транспортної схеми тощо.

Такий підхід не дозволяє повною мірою комплексно оцінити ефективність транспортно-технологічної схеми доменного виробництва з урахуванням раціонального використання природних енергоресурсів, втрат сировини та захисту навколишнього середовища.

Для підвищення ефективності транспортно-технологічної схеми доменного виробництва необхідний комплексний підхід до вирішення названих проблем в цілому схемі і складових її об'єктів і процесів, на основі розробки методу оцінки сукупності параметрів процесів і об'єктів з використанням основ методів моделювання систем.

Результат реалізації транспортно-технологічної схеми доменного виробництва являє собою оцінку процесу транспортування сировини - як багатоступового об'єкта, що дозволяє отримати необхідну споживачеві продукцію з мінімальними витратами природно-енергетичних ресурсів і захистом навколишнього середовища [8,124].

В транспортно-технологічній схемі доменного виробництва на основі логістики - науки спрямованої на задоволення запитів споживача розглядається рух сировинних, енергетичних та інших логістичних потоків у

просторі і в часі від виробника до подальшого або кінцевого споживача [5, 38, 153, 155].

Споживачами в нашому випадку є об'єкти транспортно-технологічної схеми і наступні за доменним виробництвом металургійні та машинобудівні переділи, а також навколишнє середовище.

Готова продукція приймається тоді, коли вона необхідна, багатокритерійно оцінена, корисна і доставлена на певний об'єкт транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Під необхідністю і корисністю розуміються три основних ефективності схеми: економічна, екологічна та соціальна [41].

Транспортно-технологічна схема доменного виробництва в сукупності являє собою кібернетичну багатофункціональну, складну по структурності керовану систему, компоненти якої включають до себе певну множину об'єктів і процесів, в тому числі дуже складних [27, 92].

Об'єкти і процеси характеризуються багаточисленними параметрами і показниками іноді несумісними і суперечливими.

Для вирішення завдання встановлення зв'язків в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, обліку втрат сировини та захисту навколишнього середовища в окремих блоках і елементах, а також в цілому транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, використовуємо системний аналіз, що є першим етапом математичного моделювання транспортних систем [35].

З позицій економіко-математичного моделювання пропонується модель визначення частки витрат природно-енергетичних ресурсів на окремих об'єктах і процесах транспортно-технологічних потоків доменного виробництва і в загальній структурі в цілому з урахуванням зміни кінцевого обсягу витрат [163].

Ця модель дозволяє встановити значимість і пріоритетність вдосконалення окремих процесів і об'єктів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва в напрямку енергоресурсозбереження [39].

Модель розробляється на основі передумов:

- виділені і диференційовані потоки використання природно-енергетичних та трудових ресурсів за їх видами та об'єктами транспортно-технологічної схеми доменного виробництва;
- виділені вантажно - розвантажувальні об'єкти в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, як найбільш витратні за видами природно-енергетичних ресурсів [127];
- потоки використання природно-енергетичних ресурсів орієнтовані відповідно до розглянутих вантажопотоків транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Етапи, їх технічні засоби та процеси в транспортно-технологічних логістичних потоках доменного виробництва приймаються за об'єкти.

Для кожного об'єкта транспортно-технологічної схеми доменного виробництва можна написати [102]:

$$\sum_{j=1}^{P_1} x_{ij}^* = X_i ; \quad i=1..k \quad (2.14)$$

де X_i - узагальнена величина витрат природно-енергетичних та трудових ресурсів виражена в умовних одиницях прийнятих для обліку в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва;

k - кількість використаних i -х природно-енергетичних та трудових ресурсів при транспортуванні від одного об'єкта до іншого;

i - кількість видів використаних об'єктів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва;

j - кількість видів використаних природно-енергетичних та трудових ресурсів на об'єкті;

P_1 - максимальна кількість використаних природно-енергетичних та трудових ресурсів;

x_{ij}^* - величина, що характеризує витрати відповідних природно-енергетичних і трудових ресурсів при транспортуванні вантажів від одного об'єкта до іншого в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Враховуючи той факт, що за величиною x_{ij}^* стоять вже складені досить стабільні техніко-економічні зв'язки, можна припустити, що відношення величини x_{ij}^* до загальних природно-енергетичних витрат в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, тобто до величини X_j^* , є величина відносно постійна, яка може бути названа коефіцієнтом «прямого переходу» a_{ij}^* [161]:

$$a_{ij}^* = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{j=1}^{P_1} X_j^*} \quad (2.15)$$

З урахуванням цього відношення вираз (2.14) можна перетворити наступним чином:

$$\sum_{j=1}^{P_1} (a_{ij}^* \sum_{j=1}^{P_1} X_j^*) = X_i; \quad i=1..k; \quad (2.16)$$

При цьому величини:

$$x_{ij}^* = a_{ij}^* \sum_{j=1}^{P_1} X_j^*; \quad i=1..k; \quad j=1..P_1, \quad (2.17)$$

можна інтерпретувати як територіальні «функції витрат» [161].

2.4. Моделювання витрат природно-енергетичних ресурсів на етапах транспортно-технологічної схеми доменного виробництва

Однією з важливих проблем промислового транспорту чорної металургії, особливо в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, є питання енерго-ресурсозбереження та захисту навколишнього середовища.

Дослідженнями встановлено, що при транспортуванні сировини і відходів доменного виробництва безповоротно втрачається до 5% споживаної електроенергії і в навколишнє середовище понад 7% сировинних матеріалів [8].

Реалізацію транспортно-технологічної схеми доменного виробництва умовно можна розділити на три основні фази: транспортно-технологічні процеси підготовки шихтових і технологічних матеріалів, процеси виплавки чавуну в доменній печі і вивіз готової продукції та відходів доменного виробництва.

У роботах [115,118] встановлено, що опис внутрішньодоменних технологічних процесів за їх кількісними та якісними показниками представлено у багатьох роботах і в основному спрямовано на економію природно-енергетичних ресурсів та підвищення якості і кількості виплавленого чавуну.

У той самий час відзначено, що опису та вдосконаленню транспортно-підготовчих та евакуаційних транспортно-технологічних процесів приділено недостатньо уваги. При цьому вони супроводжуються значними витратами природно-енергетичних і трудових ресурсів і забрудненням навколишнього середовища [8].

Для виявлення найбільш енергоємних і техногенно небезпечних елементів транспортно-технологічної схеми запропоновано і розроблено основи моделювання транспортно-технологічних схем металургійних виробництв [124,126].

Суть їх полягає в поданні та дослідженні транспортно-технологічної схеми на принципах діакоптики (систематичного методу, що описує схему з використанням її графотопологічного портрета) та синтезу схеми на окремі, взаємодіючі між собою процеси.

Транспортно-технологічну схему доменного виробництва можна представити у вигляді мережної моделі (рис. 2.6)

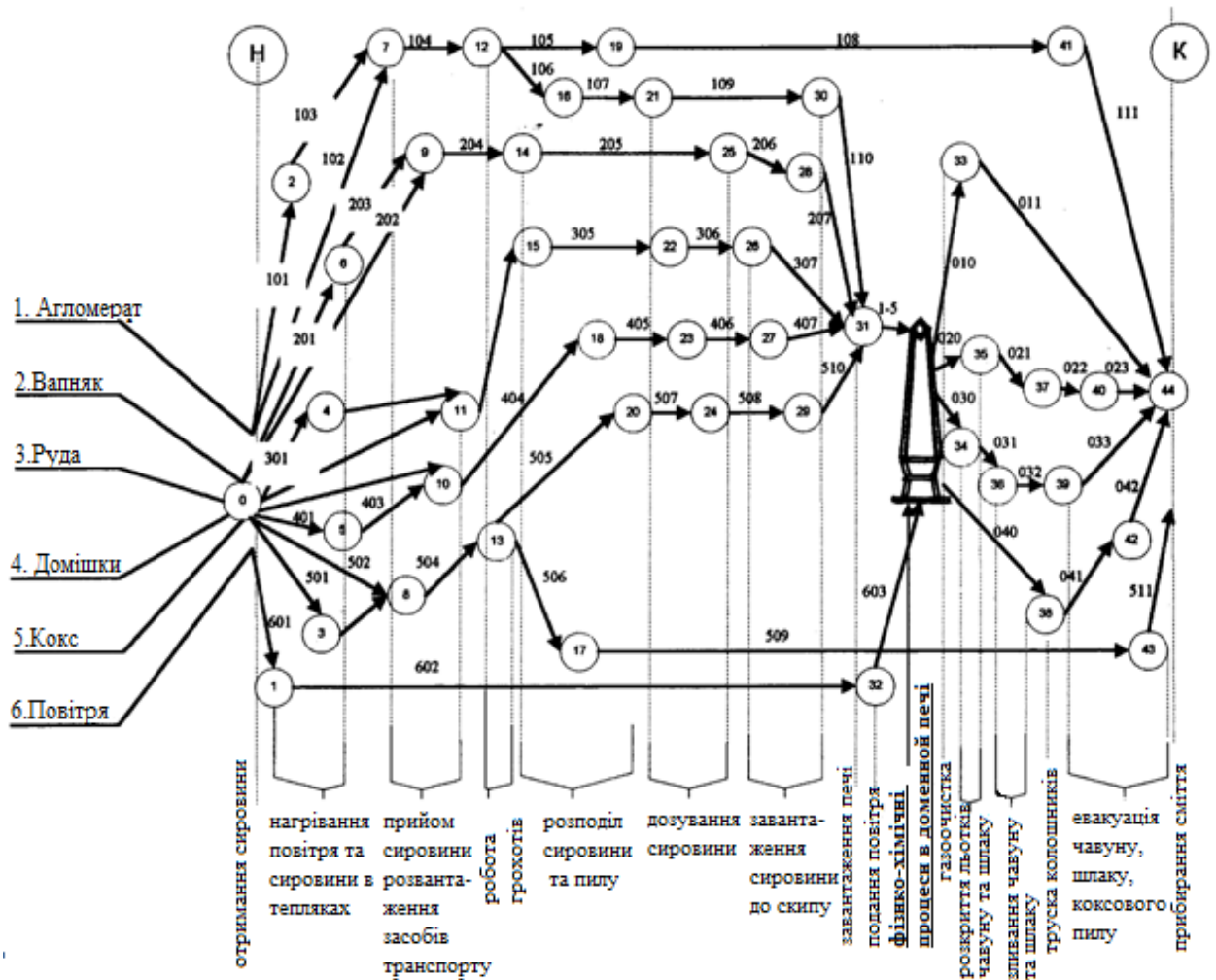


Рис. 2.6. Мережева модель транспортно-технологічної схеми доменного виробництва

При цьому, процеси моделюються у вигляді потоків: техногенного, енергетичного та ін., з розбивкою останніх на блоки (виробництво, споживання та ін.) та на модуль-потоки (навантаження, вивантаження та ін.) зі структуризацією їх об'єктів і процесів, з дослідженням функцій кожного з

них, оптимізацією їх параметрів і наступним синтезом потоків в єдину керовану процесну систему. У такій системі всі суб'єкти діють на принципах економічної зацікавленості, на компромісній основі з акцентуванням уваги на захист навколишнього середовища і енергоресурсозбереження [126].

Такий підхід, в першооснову якого покладені оцінки процесів, а на їх основі створення оцінки об'єктів, що забезпечують процес, названий «процесним синтезом» [124, 126].

Аналіз існуючих методів оцінки транспортно-технологічної схеми доменного виробництва показує, що їх розробка базувалася в основному на те, що на початку розроблявся «об'єкт» - доменна піч, потім створювалися транспортні об'єкти, що забезпечують його ефективну роботу, а наприкінці погоджувалися зв'язки між об'єктами. Такий підхід названий «об'єктним синтезом», він недостатньо ефективний [125].

Подамо доменне виробництво у вигляді моделі, побудованої за принципом «чорного ящика» з аналізом параметрів входу і виходу [61], рис. 2.7.

У якості «чорного ящика» представлена сама доменна піч (ДП) з її фізико-хімічними процесами, які забезпечують необхідні режими і показники роботи.

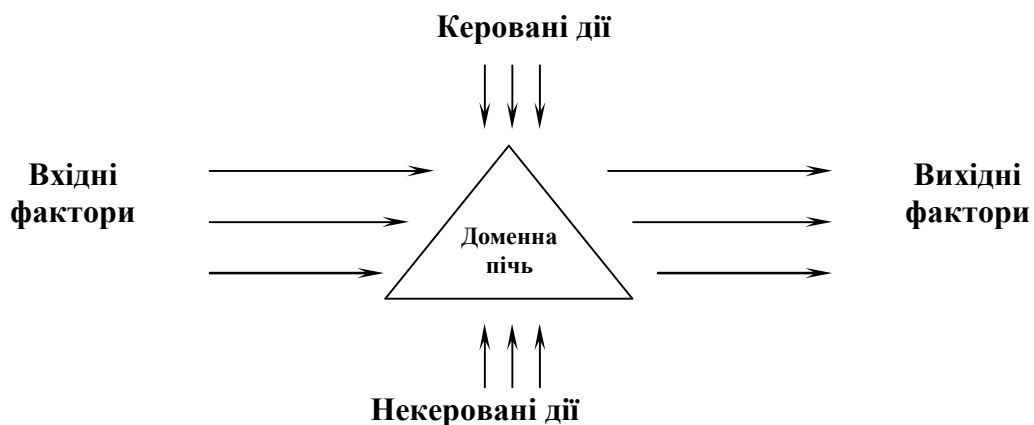


Рис. 2.7. - Модель повного циклу доменного виробництва.

В якості вхідних факторів припускаємо транспортно-технологічні об'єкти з їх процесами і результатами роботи, які повинні забезпечити роботу доменної печі у відповідних режимах і з відповідними показниками.

В якості вихідних факторів припускаємо результати внутрішньодоменних технологій і роботи промислового транспорту з їх процесами і об'єктами.

Життєвий цикл об'єктів можна представити у вигляді динамічної графтопологічної моделі (рис. 2.8), на всіх етапах якої в різній мірі використовуються певні природно-енергетичні та трудові ресурси.

| Етапи та динамічність життєвого циклу об'єкту | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--------------|-----------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------|----------|------------------------|
| | Виготовлення | Зберігання резервного фонду | <i>i</i> -й цикл роботи | Ремонт | Зберігання ремонтного фонду | <i>i</i> -й цикл роботи | Демонтаж | Реновація і утилізація |
| Структура використовуваних ПЕ та ТР: | | | | | | | | |
| Атмосфера | + | + | + | + | - | + | + | + |
| Гідросфера | + | + | + | + | - | + | + | + |
| Літосфера | + | - | + | + | + | + | + | + |
| Території | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Фітосфера | + | - | + | + | - | + | + | + |
| Біосфера | + | - | + | + | + | + | + | + |
| Енергія | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Трудресурси | + | + | + | + | + | + | + | + |

+ Використання ПЕ та ТР присутнє, - використання ПЕ та ТР відсутнє

Рис. 2.8. Графтопологічна модель динаміки життєвого циклу об'єктів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва та використання природно-енергетичних та трудових ресурсів (ПЕ та ТР).

Наявність транспортно-технологічного обладнання визначає величини потреби природно-енергетичних та інших ресурсів, які залежать від кількості та складу устаткування, його стану [101].

Загальна чисельність устаткування і його показники змінюються в процесі старіння обладнання.

Зі зміною віку (τ) обладнання змінюються його техніко-економічні показники, відповідно - чисельність необхідного обладнання на кожному етапі, а також обсяги споживання природно-енергетичних і трудових ресурсів.

Чисельність обладнання L віку (τ) на певному етапі t ($L(t, \tau)$) може бути розрахована на основі рівняння [95]:

$$\frac{\partial L(t, \tau)}{\partial t} + \frac{\partial L(t, \tau)}{\partial \tau} = -\mu(\tau, t)L(t, \tau), \quad (2.20)$$

де $\mu(\tau, t)$ - виведення з ладу (списання) обладнання у віці τ на етапі t .

При цьому повинні дотримуватися умови, що число нового обладнання, що надійшло за рік t ($L(t, 0)$), визначається за формулою, яка враховує виробничі потужності $\beta(\tau, t)$ віку τ з виготовлення нового типу обладнання в році t [95]

$$L(t, \tau) = \int_0^{\tau} \beta(\tau, t) * L(t, \tau) d\tau, \quad (2.21)$$

а також вважається заданим $\Phi(\tau)$ розподіл обладнання по термінах служби в році $t = t_0$, з періодом T в роках, для якого розраховується чисельність устаткування з максимальним терміном служби τ_{max} обладнання

$$\begin{aligned} L(t_0, \tau) &= \Phi(\tau), \\ t_0 &\leq t \leq T, \\ 0 &\leq \tau \leq \tau_{max}, \end{aligned} \quad (2.22)$$

Загальна чисельність $L_{\Sigma}(t)$ обладнання в році t дорівнюватиме [95]

$$L_{\Sigma}(t) = \sum_{i=0}^{\tau_{max}} L(t, \tau) \quad (2.23)$$

Віковий інтервал обладнання $0, \tau_{\max}$, розбивається на

Тоді сумарна чисельність устаткування ($L_S^\Sigma(t)$) кожної вікової групи в році t обчислюється

$$L_S^\Sigma(t) = \sum_{t=T}^{\tau_{s+1}} L(t, \tau) \quad (2.24)$$

Виділимо наступні вікові групи обладнання:

S_1 – обладнання, що зберігається на складі для заміни старого $[0, \tau_{xp}]$, тобто те що не працює ($L_1^\Sigma(t)$) нове або модернізоване;

S_2 - працююче обладнання ($L_2^\Sigma(t)$) з терміном служби τ_c з у віковому інтервалі $[\tau_{xp}, \tau_c]$;

S_3 - обладнання, що відпрацювало свій термін служби і призначене для утилізації або списання у віковому інтервалі $[\tau_c, \tau_{\max}]$.

Виходячи з цього потреба в i -му ресурсі C_{cn}^i може бути визначена [104]:

$$C_{cn}^i = \sum_{s=1}^4 \frac{b_s^i}{\Pi_i^p} \cdot d_s^{cn} \quad , \quad (2.25)$$

де Π_i^p - середні ціни на i - й ресурс,

b_s^i - коефіцієнт функції корисності i -го ресурсу для обладнання групи S , які визначаються при ідентифікації моделі;

d_s^{cn} - Фінансові кошти, що йдуть на реалізацію попиту i - го ресурсу для групи S , що визначаються [126]

$$d_s^{cn} = \alpha_{cn} \cdot d_{s\Sigma}^H + \beta_{cn} \cdot d_s, \quad (2.26)$$

де, α_{cn} , β_{cn} - коефіцієнти що відображають частки накопичених і одержаних при реалізації продукції фінансових коштів, що спрямовуються на

споживання i -го ресурсу, визначаються при ідентифікації моделі попиту на i -го ресурсу;

$d_{S\Sigma}^H$ - сумарні фінансові кошти, що виділяються для споживання i -го ресурсу групи S ;

d_S - сукупні фінансові кошти для споживання всіх i -х ресурсів всіх груп S .

Витрати d_S^{CP} групи S на споживання всіх ресурсів дорівнюють

$$d_S^{CP} = \left(\sum_{i=1}^n b_S^i \cdot K_C^i \right) \cdot d_S^{CN}, \quad (2.27)$$

де K_C^i - коефіцієнт, що задовольняє потреби в i -х ресурсах.

$$K_C^i = C_{pi} / C_{cn}^i, \quad (2.28)$$

Вартісний коефіцієнт C_{pi} дорівнює [95]

$$C_{pi} = C_{ел} + C_m + C_p + C_z + C_a + C_{унр} + C_{нр}, \quad (2.29)$$

де відповідні витрати: $C_{ел}$ - на електроенергію; C_m - на матеріали;

C_p - на ремонт; C_z - на робочу силу; C_a - на амортизацію; $C_{унр}$ - на управління; $C_{нр}$ - інші витрати.

Запропонований підхід до моделювання витрат природно-енергетичних ресурсів промислового транспорту доменного виробництва, що дозволяє оцінити вплив зовнішнього середовища на розвиток і показники окремих ланок транспортних технологій, а також встановити їх вплив на показники роботи промислового транспорту.

2.5. Розробка методу оцінки етапів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Транспортно-технологічна схема доменного виробництва, представляє собою складну енергоресурсоємну частину металургійного виробництва.

З сумарних викидів в рік в навколишнє середовище всіх забруднюючих речовин усіма антропогенними джерелами сучасних виробництв на транспортно-технологічні операції припадає близько 60%, на технологічні операції в металургії -13-20% [112].

Транспортно-технологічну схему доменного виробництва умовно можна розділити на 3 блоки модуль-потоків (операції): надходження сировини в доменний цех (ПР), виробництво чавуну (ТР) і видача готової продукції (ПТ), рис. 2.9.

В якості окремих модуль-потоків виступають виробничо-технологічні операції з певним технологічним обладнанням, промисловим транспортом доменного виробництва, його продуктивністю, транспортно-технологічними характеристиками сировини, що переробляється і т.п.

Надходження сировини включає до себе операції: отримання сировини, вивантаження з транспортних засобів, складування, зберігання, облік і т.п.

Виробництво чавуну - це комплекс складних операцій: підготовка сировини до використання, його переробка і дозування, транспортування засобами доменного виробництва, конвеєрна подача агломерату на грохот, грохот агломерату, подача залізної руди в проміжний бункер, завантаження скіпом в доменну піч шихтових матеріалів, технологічний процес плавки, процес зливу з печі розплавлених матеріалів, тощо.

Видача готової продукції-це операції: завантаження транспортних засобів продуктами плавки, передачі вантажів до перевезення на промисловий або магістральний транспорт і т.п.

| Характеристики потоків | Структурна декомпозиція ТТС ДВ по перерізу потоків (n-кількість потоків) | Позначення потоку | Значимість потоку | Показник потоку | Декомпозиція по довжині потоків: | | | | | | | | | | | | Сумарні економетричні коефіцієнти і інтенсивності потоків ТТС |
|------------------------|--|-------------------|-------------------|-----------------|---|---|---|---|-------------------------|---|-----|---|-------------------------------|---|-----|---|---|
| | | | | | на блоки модулів (δ -їх кількість) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Підготовка сировини в доменном цеху (ПР) | | | | Виробництво чавуну (ТР) | | | | Видача готової продукції (ПТ) | | | | |
| | | | | | на модуль-потоки | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | ... | m | 1 | 2 | ... | n | 1 | 2 | ... | k | |
| Показники | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| База | Матеріальний | P_{MT} | K_M | ТОНН КМ | $\bar{\lambda}_{MT}^{np} = \alpha_{MT}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{MT}^{mp} = \alpha_{MT}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{MT}^{nm} = \alpha_{MT}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{MT}^{np} + C_{MT}^{mp} + C_{MT}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| Витратні | Техногенний | P_{TH} | K_{TH} | Бал/Т | $\bar{\lambda}_{TH}^{np} = \alpha_{TH}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{TH}^{mp} = \alpha_{TH}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{TH}^{nm} = \alpha_{TH}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{TH}^{np} + C_{TH}^{mp} + C_{TH}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| | Енергетичний | P_{EN} | K_{EN} | кВт /Т | $\bar{\lambda}_{EN}^{np} = \alpha_{EN}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{EN}^{mp} = \alpha_{EN}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{EN}^{nm} = \alpha_{EN}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{EN}^{np} + C_{EN}^{mp} + C_{EN}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| | Іноваційний | P_{IN} | K_{IN} | Цін а/Т | $\bar{\lambda}_{IN}^{np} = \alpha_{IN}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{IN}^{mp} = \alpha_{IN}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{IN}^{nm} = \alpha_{IN}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{IN}^{np} + C_{IN}^{mp} + C_{IN}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| | Ризиків | P_{RC} | K_{RC} | Цін а/Т | $\bar{\lambda}_{RC}^{np} = \alpha_{RC}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{RC}^{mp} = \alpha_{RC}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{RC}^{nm} = \alpha_{RC}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{RC}^{np} + C_{RC}^{mp} + C_{RC}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| | Інші потоки | P_{PP} | K_{PP} | Цін а/Т | $\bar{\lambda}_{PP}^{np} = \alpha_{PP}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{PP}^{mp} = \alpha_{PP}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{PP}^{nm} = \alpha_{PP}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $C_{PP}^{np} + C_{PP}^{mp} + C_{PP}^{nm}$ | | | | | | | | | |
| Оцінка | Економетричний (Об'єднуючий підсумково) | P_{EK} | K_{EK} | Цін а/Т | $\bar{\lambda}_{EK}^{np} = \alpha_{EK}^{np} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{EK}^{mp} = \alpha_{EK}^{mp} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\bar{\lambda}_{EK}^{nm} = \alpha_{EK}^{nm} \cdot \bar{\lambda}_{зж}$ | $\sum C_i^\delta$ | | | | | | | | | |
| | | | | | $C_{EK}^{np} = \sum_{i=1}^n C_i^{np}$ | $C_{EK}^{mp} = \sum_{i=1}^n C_i^{mp}$ | $C_{EK}^{nm} = \sum_{i=1}^n C_i^{nm}$ | | | | | | | | | | |

Рис. 2.9. Матриця декомпозиції транспортно - технологічної схеми доменного виробництва (ТТС ДВ) на основі процесного синтезу

$\bar{\lambda}_i^{np}, \bar{\lambda}_i^{mp}, \bar{\lambda}_i^{nm}$ и $C_i^{np}, C_i^{mp}, C_i^{nm}$, а також $\alpha_i^{np}, \alpha_i^{mp}, \alpha_i^{nm}$ - інтенсивності і економетричні коефіцієнти, а також коефіцієнти переходу до інтенсивності i -го потоку від інтенсивності потоку ТТС ДВ ($\bar{\lambda}_{зж}$) в модуль-потоці відповідно при підготовці сировини (пр), виробництві чавуну (тр), видачу готової продукції (пт); $\sum C_i^\delta$ - Сумарний економетричний коефіцієнт інтенсивності потоків ТТС ДВ. -

Рациональне вдосконалення цього процесу здійснено при оцінюванні екологічної небезпеки та витрат природно-сировинних ресурсів з розрахунку на 1 тонну виплавленого чавуну для кожного об'єкта і процесу всіх етапів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Це можливо при використанні синтезу, як методу дослідження об'єкта в єдності і взаємному зв'язку складових його частин, з їх аналізом, узагальненням і зведенням в єдине ціле [79] на процесній основі, названій «процесним синтезом» [9].

В основу методу процесного синтезу, що представляє сукупність прийомів дослідження [131,132] процесів і об'єктів в матеріальних потоках, покладена логістика [63,133,135], яка досліджує організацію процесів і матеріальних потоків у виробництві та їх керування [47].

Процесний синтез транспортно-технологічної схеми доменного виробництва здійснюється за методикою, яка складається з трьох етапів, і передбачає участь в ньому особи, що приймає рішення.

Перший етап: на основі накопиченої науково технічної інформації та іноваційних рішень створюється транспортно-технологічна схема доменного виробництва, декомпозована на три блоки модуль-потоків (ПР, ТР, ПТ) з відповідними процесами (потоками), які в свою чергу, поділяються на модуль-потоки з докладним виділенням в останніх конкретних об'єктів і технологій.

Основу декомпозиції транспортно-технологічної схеми доменного виробництва складають принципи діакоптики [63].

Початковий етап підходу передбачає здійснення системного декомпонування (D - операція системного декомпонування) загальної складної системи (S_p) на i -у кількість простих транспортно-технологічних операцій з певним набором їх властивостей (P_{pi} -для окремих підсистем) і відносин (R_{pi}), що утворюють окремі підсистеми (S_{pi}) з складовими їх субстратами m_1, m_2, \dots, m_i [75]:

$$D(S_p) \rightarrow S_{p1}, S_{p2}, \dots, S_{pi}, i=1, \dots, i, \quad (2.30)$$

$$D\{[R_p(m)]\} \rightarrow [R_{p1}(m_1)]P_{p1}, [R_{p2}(m_2)]P_{p2}, \dots, [R_{pi}(m_i)]P_{pi} \quad (2.31)$$

В якості оціночного показника схеми, яка розглядається як процес що протікає в часі і просторі, вводиться параметр інтенсивності процесу λ_{iT} в його i -му перерізі в момент часу T_n [9]:

$$\lambda_{iT} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_n}{\Delta t} \quad (2.32)$$

де Δt - околиця точки з координатою T_n на інтервалі $[T_n - \delta t, T_n + \delta t]$;

N_n - кількість носіїв процесу (тонн вантажу, енерговитрат і т.п).

По кожній ділянці потоку інтенсивність ($\bar{\lambda}_{i\partial n}$) за його i -ми частинам залежить від розміру носія на даній ділянці ($N_{\partial n}$), проміжку часу для нього (ΔT) і коефіцієнта (α_{ni}), що залежить від розмірності потоку:

$$\bar{\lambda}_{i\partial n} = \alpha_{ni} \bar{\lambda}_{\partial n}, \quad (2.33)$$

$$\bar{\lambda}_{\partial n} = \bar{\lambda}_{\partial n}^{nc} = \bar{\lambda}_{\partial n}^{nc} = \bar{\lambda}_{\partial n}^{en} = \frac{\sum N_{\partial n}}{\Delta T} \quad (2.34)$$

Другий етап - аналіз і дослідження декомповованої транспортно-технологічної схеми, на якому виявляються і встановлюються параметри, а так само взаємозв'язки об'єктів і процесів, при пріоритетній увазі до енергоресурсозбереження. В якості системоутворюючих зв'язків виступають матеріальні, енергетичні та інші потоки.

Третій етап - композиціювання потоків в єдину процесну більш ефективну транспортно-технологічну схему.

Структуру процесного синтезу транспортно-технологічної схеми можна представити у вигляді матриці, де по горизонтальних лініях розташовуються її потоки: матеріальний (Π_{MT}), техногенний (Π_{TN}), енергетичний (Π_{EN}), інформаційний (Π_{IF}), ризиків (Π_{PC}) та інші (Π_{PP}).

Всі потоки витратні і утворюють сумарний економетричний потік ($\Pi_{ек}$), що є економіко-оцінної частиною транспортно-технологічної схеми.

Вертикальними лініями матриця розподілена на три блоки модуль-потоків: ПР, ТР, ПТ.

Блоки розбиті на модуль-потоки: $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, z$.

Для кожного потоку, блоку і модуль-потоків встановлюється відповідний коефіцієнт значущості.

Економічну оцінку ефективності структури $C_{ек}^{\partial n}$ транспортно-технологічної схеми доменного виробництва в процесному синтезі можна виразити у вигляді [9]:

$$C_{ек}^{\partial n} = \sum_{i=1}^p k_{1p} \left[\sum_{i=1}^m \alpha_{i1} C_{i1}^{nc} + \sum_{j=1}^n \beta_{j1} C_{j1}^{nq} + \sum_{k=1}^z \gamma_{k1} C_{k1}^{en} \right] \rightarrow \min, \quad (2.35)$$

при умовах:

$$\sum_{i=1}^r C_{inn}^B \leq L_{nl}; \quad \sum_{l=1}^{P_6} C_{lnn}^{P_6} \leq C_{inn}^B; \quad \sum_{\gamma=1}^h C_{\gamma nl}^M \leq C_{lnn}^{P_6}; \quad (2.36)$$

де $\alpha_{i1}, \beta_{j1}, \gamma_{k1}$ - коефіцієнти значущості $1_i = x$ потоків у i -му блоці модуль - потоків;

$C_{i1}^{nc}, C_{j1}^{nq}, C_{k1}^{en}$ - витрати транспортно технологічної схеми доменного виробництва в i -х блоках модуль-потоків відповідно: ПР-ТР-ПТ;

k_{1pi} - коефіцієнт значимості i -го потоку в цілому транспортно-технологічної схеми доменного виробництва;

$L_{nl}, C_{inn}^B, C_{lnn}^{P_6}, C_{\gamma nl}^M$ - плановані витрати транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, відповідно: в цілому схеми; в i -му блоці; в l -му потоці i -го блоку; в γ -му модуль-потоці l -го потоку i -го блоку:

$$C_{\text{лпл}}^{\text{Б}} = K_{\alpha i} L_{\text{лпл}}; C_{\text{лпл}}^{\text{P}} = K_{\text{лпл}} L_{\text{лпл}}; C_{\gamma \text{лпл}}^{\text{M}} = K_{\beta i} C_{\text{лпл}}^{\text{Pб}} \quad (2.37)$$

де $r, P_{\text{б}}, h$ - число відповідно: i -х блоків l -х потоків, в i -му блоці, γ -х модуль-потоків в l -му потоці i -го блоку;

p, m, n, z - фактичне число потоків відповідно: всього в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, у ПР, ТР, ПТ;

$K_{\alpha i}, K_{\text{лпл}}, K_{\beta i}$ - коефіцієнти значущості відповідно: блоку, потоку в блоці, модуль-потоків в потоці блоку.

Задача оцінки ефективності транспортно-технологічної схеми викладається наступним чином: схема може перебувати в 3-х станах: динамічному (робочому) U_p , статичному U_c і дискретному (неробочому) U_d .

Кожний стан характеризується витратністю (U_i), рис. 2.10.

$$U_i = \sum_{i=1}^n (P_{oi} + B_i) \quad (2.38)$$

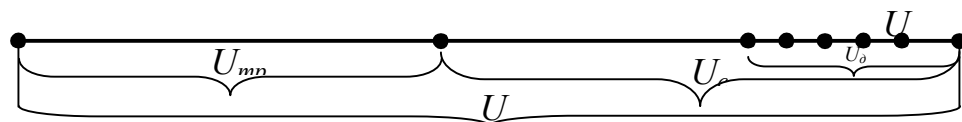


Рис. 2.10. Стани витратності транспортно-технологічної схеми

Під витратністю розуміють сумарні обсяги економічних і природно-енергетичних ресурсів (P_{oi}), шкідливих впливів на навколишнє середовище (B_i) на кожному i -му з n синтезованих процесів і об'єктів, в результаті підтримки необхідного U_{mi} стану транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Динамічним станом вважаємо процес транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на макрорівні.

Цей процес (U_{mp}) - найбільш витратний елемент системи.

Статичний стан транспортно-технологічної схеми настає, коли сировина в схемі відсутня і не переробляється, але взаємопов'язані елементи схеми підтримуються в робочому стані, наприклад, здійснюється їх техобслуговування.

Дискретне - коли окремі елементи ТТС утворюються з витратами U_{qi} на мікрорівні незалежно один від одного, але між ними є певна відповідність, наприклад, виготовляються технічні об'єкти з конкретними вимогами технологій підготовки сировини доменного виробництва.

Перехід з початкового в кінцевий результат кожного стану транспортно-технологічної схеми вимагає економічних витрат E_3 , які прагнуть до мінімуму, при найбільшій ефективності (E_c).

Загальна задача оцінки синтезу процесів і об'єктів схеми:

$$U_{mp} = U_p - (U_c - U_d) = U_p + U_d - U_c \rightarrow \min; \quad (2.39)$$

$$\text{при: } U_c \rightarrow \min; E_c \rightarrow \max; E_3 \rightarrow \min.$$

Якщо витратність будь якого окремого процесу або об'єкта буде прагнути до максимуму, то сума всіх:

$$\sum_{i=1}^n U_i^n \leq U_i \rightarrow \min. \quad (2.40)$$

Для вирішення поставленого завдання оцінки в розглянутій транспортно-технологічній схемі пропонується метод людино-машинних процедур, в яких активно бере участь особа, яка приймає рішення (ОПР) [9,23].

Висновки по розділу 2

1. На основі досліджень утворення відходів енергосировинних матеріалів в процесі транспортування, проведена оцінка ролі матеріальних потоків, що утворюють відходи, у формуванні витрат природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва, що дозволяє характеризувати транспортно-технологічну схему за рівнем енергоресурсозбереження з метою підвищення її ефективності.

2. Запропонована математична модель руху повітряних потоків в транспортно-технологічній схемі промислової зони металургійного виробництва дозволяє враховувати вплив мікроклімату і природного потенціалу зони на процеси і об'єкти промислового транспорту, а також моделювати ризикові ситуації природно - антропогенного характеру з метою прогнозування їх наслідків у промисловій зоні.

3. Запропоновано метод виявлення найбільш енергоємних і ресурсовитратних елементів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на основі «процесного синтезу», що представляє транспортно-технологічну схему у вигляді мережної моделі з декомпозицією на окремі, взаємодіючі між собою, процеси зі структуризацією їх об'єктів і технологій, з дослідженням функцій кожного з них.

4. Розроблені економіко-математичні, інформаційно - оцінні, розподільні та операційні моделі на принципах сучасної логістики (управління процесами, комплексність підходу, компромісність у господарюванні та ін.) дозволяють сформулювати новий підхід до розвитку і прогнозування транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, з урахуванням енергоресурсозбереження і скорочення втрат сировинних матеріалів.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОЦІНКИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1. Загальний підхід до експериментальних досліджень оцінки використання природно-енергетичних і трудових ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва

Проблеми раціонального використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті металургії і захисту навколишнього середовища від впливу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва знаходяться в тіні складних проблем енергоресурсозбереження основних виробництв металургії. Особливістю рішення цих проблем є масштабність і багатовимірність характеристик транспортно-технологічної схеми підготовки сировини і вивезення готової продукції доменного виробництва. Тільки комплексний підхід до оцінки транспортно-технологічної схеми доменного виробництва і впливу її на стан навколишнього середовища, із залученням фахівців різних галузей може допомогти вирішити ці проблеми [17, 138].

Для комплексної оцінки використання природно - енергетичних і трудових ресурсів транспортно-технологічна схема доменного процесу представлена у вигляді потоків руху сировинних матеріалів (Розділ 1, рис.1.1), а також у вигляді мережевої моделі (Розділ 2, рис. 2.6.).

Енергоресурсоспоживання окремих елементів транспортних потоків визначається конструктивними і експлуатаційними особливостями транспортного устаткування, складом сировини, що транспортується. Це споживання розглядається за витратами природних ресурсів : фітосфери,

літосфери, атмосфери, гідросфери. Окремо виділяються паливно-енергетичні і соціально-економічні характеристики: території, трудові ресурси, енергоресурси [131].

Забезпечення достовірності інформаційної бази даних досягається за рахунок порівняльного аналізу інформаційних джерел. До них відносяться статистичні звіти і розробки на рівні окремих виробництв, нормативно-правова документація на державному рівні, спеціальна науково-технічна література, інформації окремих кваліфікованих фахівців, досвід експертних працівників в цій галузі і розуміння ними суті поставленого завдання.

Для об'єктивного вирішення цього завдання використовувалися відомості про фізико-хімічний склад і властивості шихтових матеріалів, технологію шихтоподачі і шихтопідготовки, інженерні спорудження шихтового двору доменного цеху, метрологічному, геологічному та гідрологічному режимах території доменного цеху, запилення повітря в робочій зоні доменного цеху, стані ґрунту безпосередньо у технологічних об'єктів шихтопідготовки та шихтопереробки [8, 48, 124, 126].

Під споживанням розуміється не лише пряме залучення природних ресурсів до транспортно-технологічного процесу, але і збиток природному середовищу в результаті непрямой дії транспортно-технологічного устаткування. З цією метою приймається вартісна оцінка шкідливих чинників і результатів їх дії з розрахунку на 1 тону переміщеної сировини в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва. Для вибору ефективних заходів і прогнозування основних напрямів з енергоресурсозбереження та зниження шкідливого діяння необхідно встановити закономірності зміни обсягів дій у вартісному вираженні по кожному використаному природно-енергетичному ресурсу на кожному етапі фаз здійснення технологічного процесу за час переміщення 1 тонни сировини на певну відстань.

3.2. Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва залежно від кліматичних умов

3.2.1. Основи дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від кліматичних умов

На основі попереднього аналізу, проведеного в розділі 2, встановлено, що до кліматичних показників, що чинять найбільший вплив на втрати сировини в транспортно-технологічних операціях доменного виробництва, слід віднести температуру навколишнього середовища, відносну вологість повітря і швидкість вітру [127].

Найбільш поширені втрати коксу, агломерату, залізорудних окатишів, концентрату і інших навалочних вантажів. Втрати у вигляді забруднень поширюються в радіусі від десятків метрів до декількох кілометрів від доменного виробництва, вчиняючи негативний вплив на рослинність та тваринний світ.

При встановленні залежностей між втратами навалочних вантажів і кліматичними умовами, а також при кількісній оцінці величини втрат використовуються методи математичної статистики, які дозволяють обробити дані обліку втрат і встановити залежності між ними [1, 102].

Як оцінний показник втрат приймається величина, що дорівнює відношенню кількості втраченої сировини на одну тонну прийнятої до переробки сировини в транспортно-технологічних операціях.

Нині особливу актуальність отримав розгляд питання про втрачені вантажі з боку поєднання екологічної і економічної сторін цієї проблеми.

Мета дослідження полягає в тому, щоб розкрити прогнозний характер і міру впливу кліматичних умов на втрати вантажів.

Математичне задача прогнозу втрат при транспортно-технологічних

операціях з сировинними ресурсами формулюється наступним чином: потрібно знайти аналітичне вираження залежності втрат сировини прийнятої до переробки в транспортно-технологічній схемі металургійного виробництва від визначальних його природних чинників (T , d , V), тобто необхідно знайти функцію:

$$P_n = f(T^0, d, u_в) \rightarrow \min \quad (3.1)$$

$$\text{При обмеженні} \quad \sum_{i=1}^{n_k} c_i * u_i \leq s_{nl}$$

де P_n - величина питомих втрат, т/т;

T^0 - температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

d - вологість повітря, %;

$u_в$ - швидкість вітру, м/с;

n_k - число розглянутих кліматичних показників, шт;

c_i - величина втрат i -го виду сировини на одну тонну випуску готової продукції, т/т;

u_i - вартість однієї тонни i -го виду сировини, одиниця ціни (од. ціни);

s_{nl} - вартість планованих втрат сировини на одну тонну випуску готової продукції, од. ціни/т;

Особливістю викидів пилу доменного виробництва є переважний вміст крупних фракцій, що характеризуються великою щільністю, які забруднюють тільки довколишні території.

Значна кількість пилу виділяється на конвеєрах в результаті того, що частина матеріалу потрапляє на внутрішню поверхню стрічки, безперервно циркулює і подрібнюється.

При великих швидкостях руху конвеєра частина сировини зміщується з повітрям.

У дослідженні було використано дані металургійних комбінатів "Азовсталь", "Ілліча" і метеорологічного управління міста Маріуполя [10,127,141].

Складена відповідна таблиця залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) сировинних матеріалів від температури навколишнього середовища (Додаток, Таблиця 7) і побудована інформаційна діаграма, рис. 3.1.

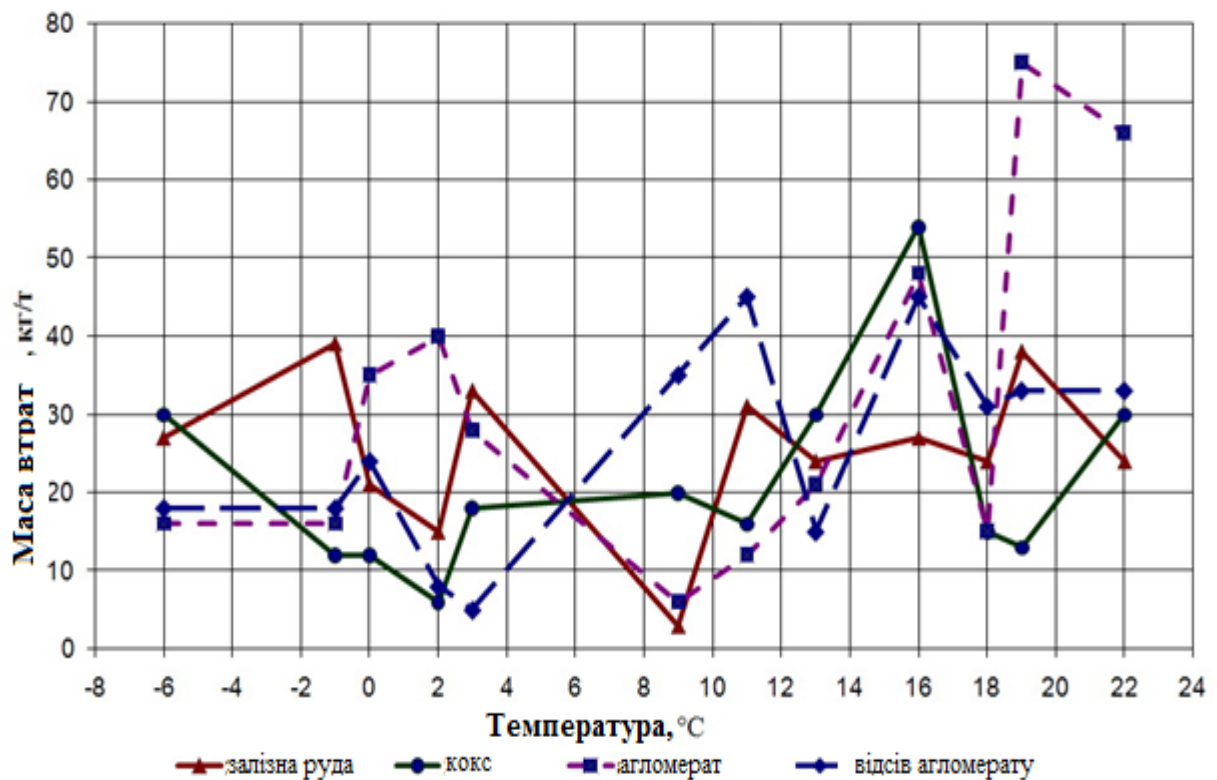


Рис. 3.1. Діаграма експериментальних даних транспортно-технологічних втрат сировини (кг/т), залежно від температури навколишнього середовища

Моделі розвитку, або в даному аспекті залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) сировинних матеріалів від кліматичних умов в транспортно-технологічній схемі металургійного виробництва, формуються шляхом обробки статистичних даних тимчасового ряду спостережень, найважливішою частиною якого є основна тенденція розвитку - тренд [102].

Математичний тренд або математичний опис тенденції втрат сировини використовується для наочності і аналізу процесу, а також для ухвалення рішення в складних транспортно-технологічних схемах [161].

Для вибраних чотирьох типів технологічної сировини : залізної руди, агломерату, відсіву агломерату, коксу була проведена відповідна статистична обробка даних інформаційної діаграми (рис.3.1).

При цьому отримані описові транспортно-економетричні моделі [132], що зображують собою функції витрат або описові моделі розвитку. Результати представлені на рис. 3.2.

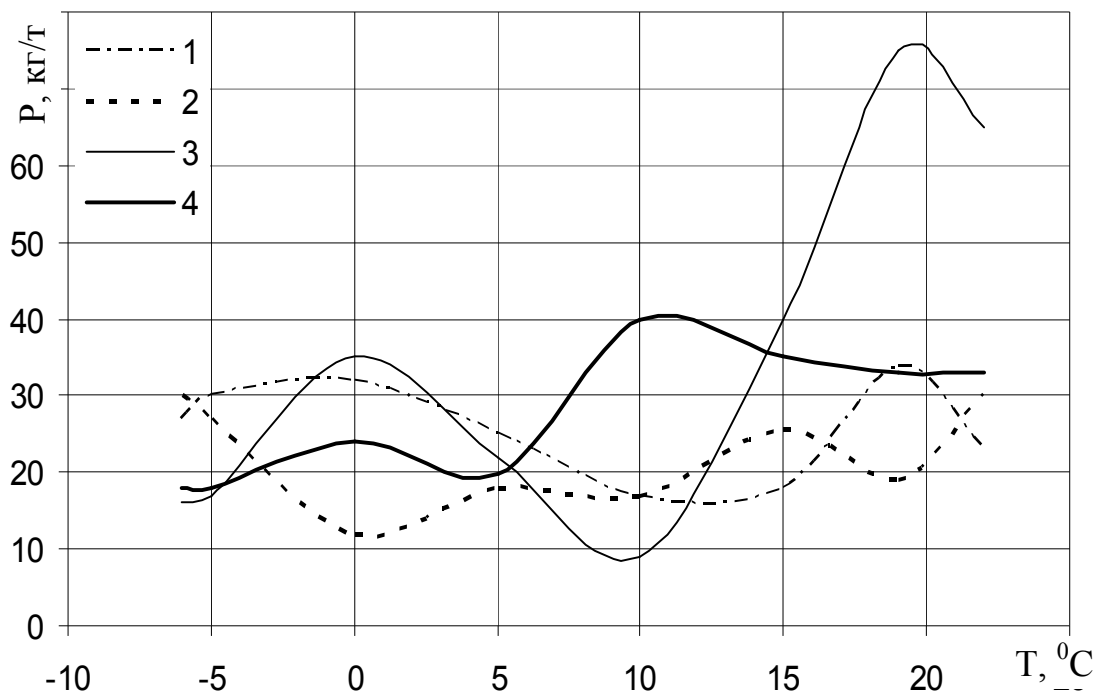


Рис. 3.2. Описові моделі розвитку залежності величини (кг/тонну) транспортно-технологічних втрат (P) від температури навколишнього середовища (T)

1 – залізної руди, 2-коксу, 3 - агломерату, 4 - відсіву агломерату

Використання математичного апарату, з побудовою трендових моделей опису при дослідженні втрат сировини в транспортно-технологічній схемі металургійного виробництва доцільно при поєднанні можливостей

ЕОМ з неформальним підходом до рішення даних проблем і досвідом особи, що приймає рішення (ОПР) і здійснює імітаційне моделювання [144].

Вибір напрямку імітаційного моделювання визначається творчим застосуванням ОПР математичних методів з урахуванням інформаційного забезпечення задачі, допустимості її спрощення або зведення до традиційних типів задач, розмірності задачі, побудовою поведінки досліджуваних об'єктів.

Для прикладу імітаційного моделювання втрат коксу, з використанням різних типів функцій для моделей розвитку, представлені, побудовані на основі статистичних даних, варіанти трендів (моделей розвитку) залежності величини транспортно-технологічних втрат коксу від температури навколишнього середовища, рис. 3.3.

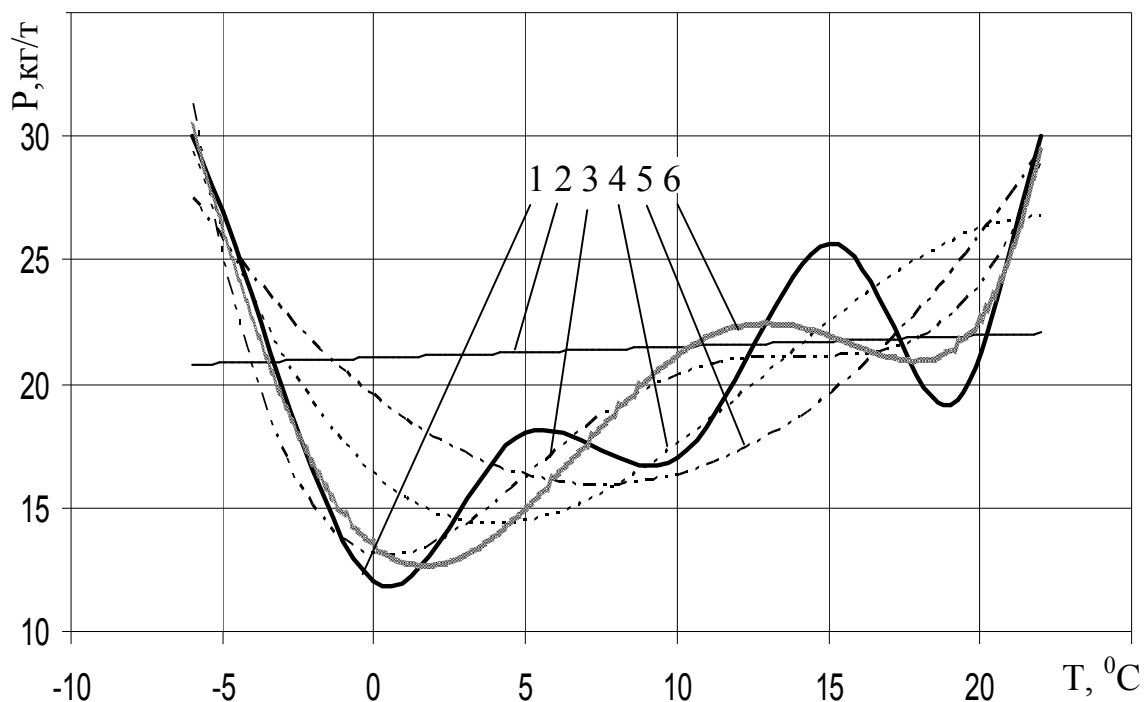


Рис.3.3. Можливі трендові моделі залежності величини транспортно-технологічних втрат (P , кг/т) від температури навколишнього середовища (T , $^{\circ}\text{C}$) на прикладі коксу.

1 – статистична; 2 – експоненціальна; 3 - поліноміальна (4 порядку); 4 - поліноміальна (3 порядку); 5 – квадратична; 6 - поліноміальна (5 порядку)

Прогнозні моделі зображені у вигляді графіків на рис. 3.3, які використовуються особою, що приймає рішення при дослідженнях, представлені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1.

Прогнозні моделі графіків до рисунка 3.3.

| № п/п | Назва | Функція тренду | Показник достовірності |
|-------|---------------------------|--|------------------------|
| 1 | Експоненціальна | $y = 21,1e^{0,002x}$ | $R^2 = 0,005$ |
| 2 | Квадратична | $y = 0,06x^2 - 0,96x + 19,6$ | $R^2 = 0,6$ |
| 3 | Поліноміальна (3 порядку) | $y = -0,004x^3 + 0,16x^2 - 1,07x + 16,3$ | $R^2 = 0,7$ |
| 4 | Поліноміальна (4 порядку) | $y = 0,0007x^4 - 0,03x^3 + 0,3x^2 - 0,35x + 13,1$ | $R^2 = 0,8$ |
| 5 | Поліноміальна (5 порядку) | $y = 0,00004x^5 - 0,001x^4 - 0,007x^3 + 0,3x^2 - x + 13,5$ | $R^2 = 0,8$ |

Аналогічно виконана статистична обробка даних по втратах сировинних матеріалів залежно від вологості навколишнього середовища (Додаток, Таблиця 8.). Результати представлені на рис. 3.4.

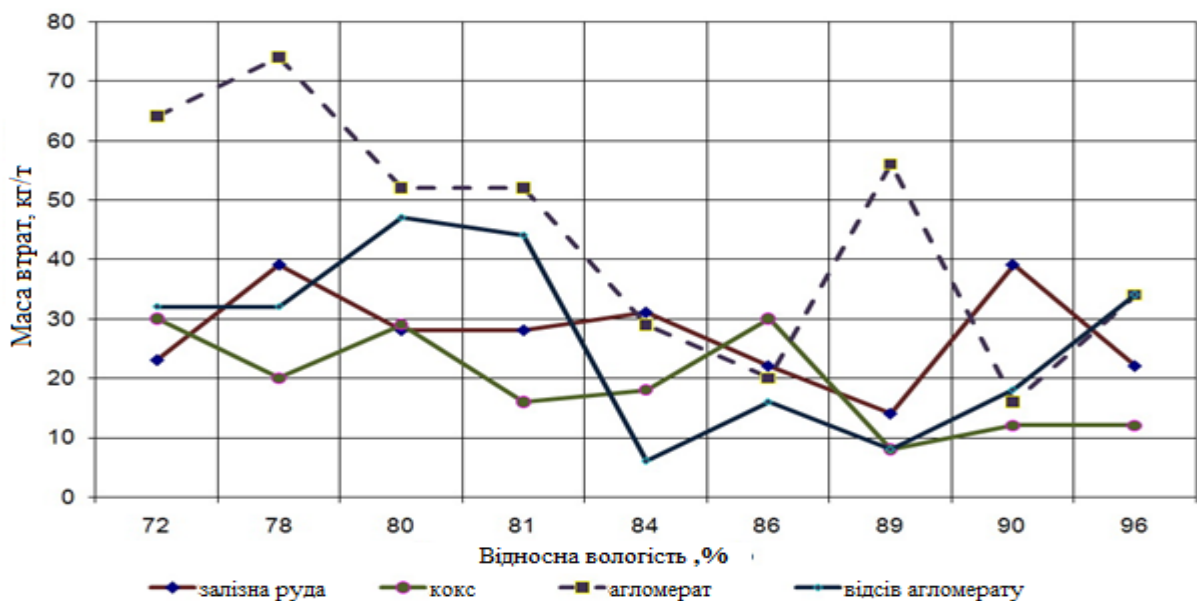


Рис. 3.4. Діаграма експериментальних даних транспортно-технологічних втрат сировини (кг/т) залежно від вологості навколишнього середовища

Проведені дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів (на прикладі агломерату) залежно від швидкості вітру [11].

Результати досліджень показали, що кількість втрат сировинних матеріалів залежно від швидкості вітру, при переміщенні сировини - величина порівняно незмінна, що видно з рис. 3.5.

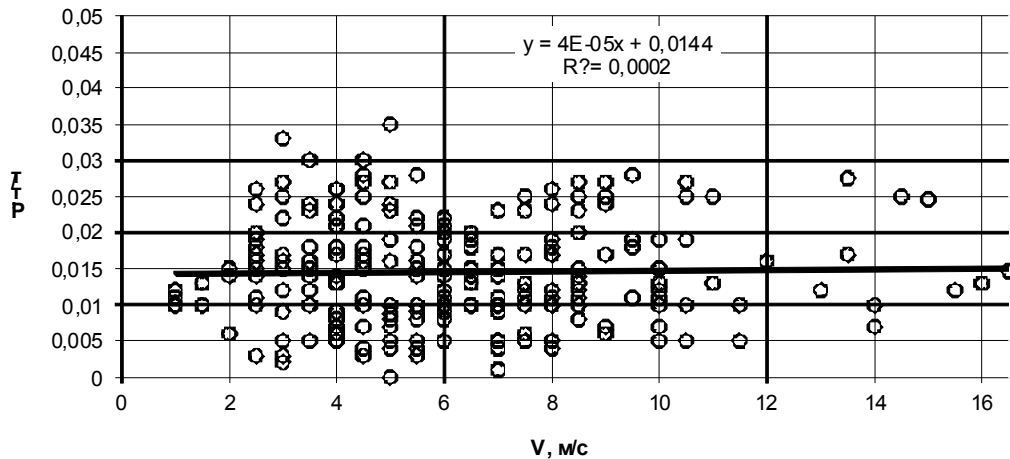


Рис.3.5. Залежність кількості втрат агломерату від швидкості вітру, при переміщенні його в транспортному засобі.

Прогнозний тренд, отриманий при статичній обробці величин втрат P_n , може бути представлений у виді

$$P_n = 4(E - 0,5) u_v + 0,01, \text{ кг/т} \quad (3.2)$$

де E - постійна величина (експонента);

u_v - швидкість вітру, м/сек

Незначний вплив вітру на збільшення втрат сировини в навколишнє середовище, як показано на рис.3.5, пояснюється тим, що середня швидкість переміщення сировини перевищує середню швидкість вітру. Тому не швидкість вітру, а швидкість переміщення сировини впливає на його видування в навколишнє середовище. Відповідно до отриманих результатів, подальші дослідження по встановленню втрат сировини залежно від швидкості вітру не проводилися.

3.2.2. Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від температури навколишнього середовища

В результаті аналізу і обробки статистичних даних з рис. 3.2. (звідний графік залежностей величини (кг/т) транспортно-технологічних втрат сировини від температури навколишнього середовища) отримані трендові моделі втрат залізної руди (рис. 3.6), коксу (рис.3.7), агломерату (рис. 3.8) і відсіву агломерату (рис. 3.9).

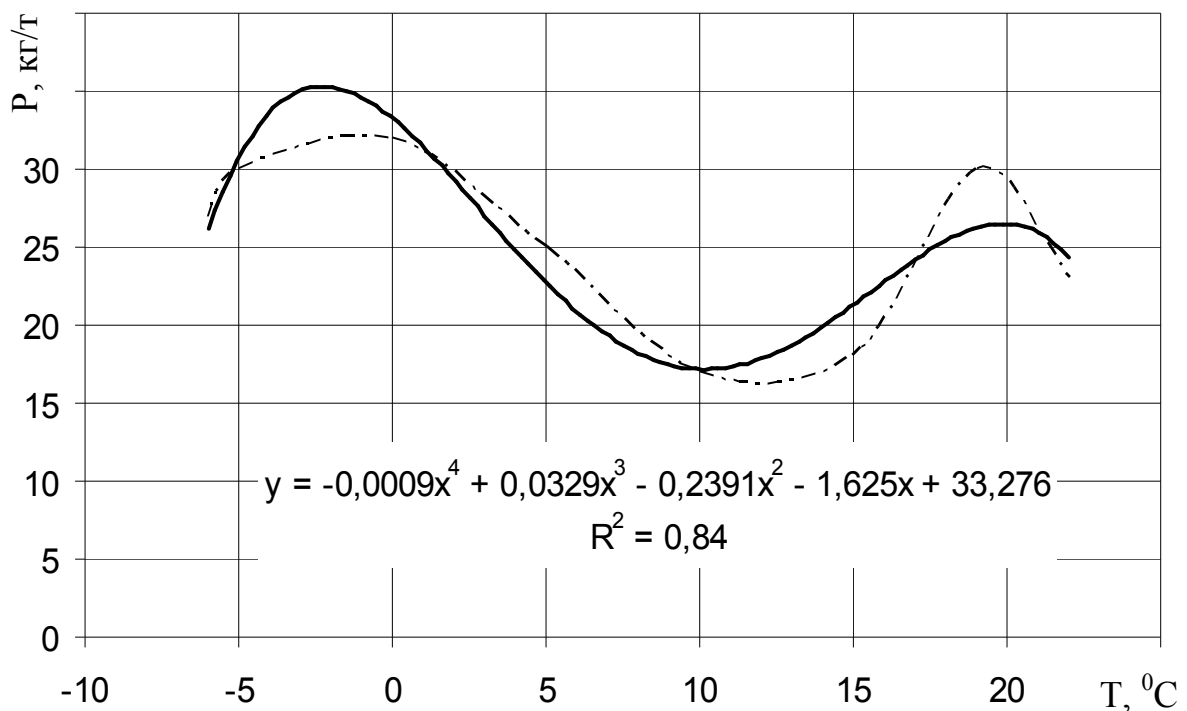


Рис. 3.6. Залежність величини втрат (P, кг/т) залізної руди в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва від температури навколишнього середовища.

Тренд залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) залізної руди від температури навколишнього середовища (x), може бути представлений у вигляді

$$Y = -0,0009x^4 + 0,03x^3 - 0,24x^2 - 1,6x + 33,3, R^2=0,8; \quad (3.3)$$

При транспортуванні залізної руди середня концентрація пилу в повітрі досягає $16,3 \text{ мг/м}^3$, що перевищує допустимі норми [10].

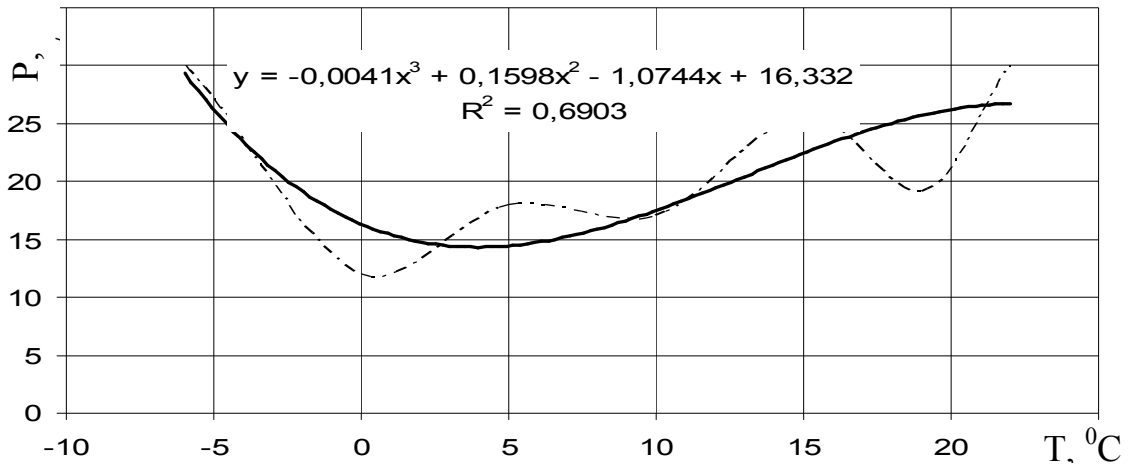


Рис. 3.7. Залежності величини втрат (P , кг/т) коксу в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва від температури навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) коксу від температури навколишнього середовища (x), може бути представлений у виді

$$Y = -0,004x^3 + 0,2x^2 - 1,1x + 16,3, R^2 = 0,7; \quad (3.4)$$

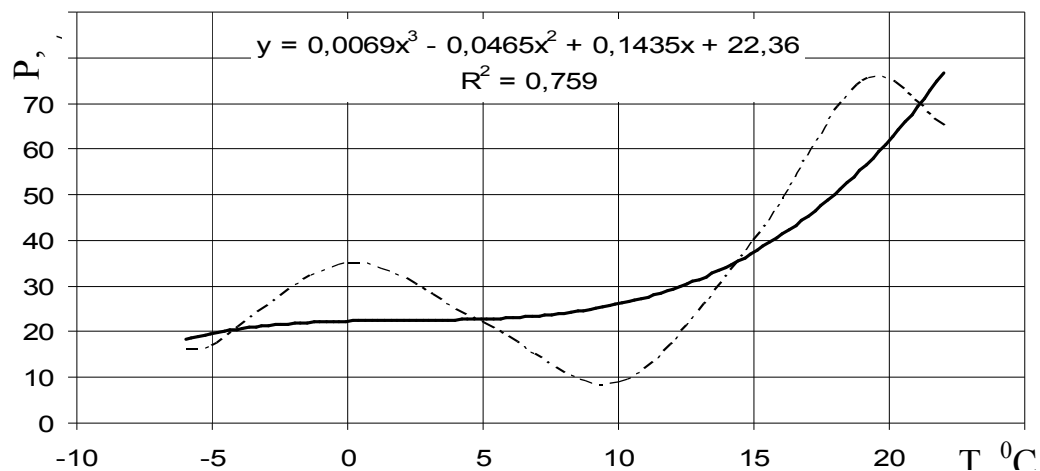


Рис. 3.8. Залежності величини втрат (P , кг/т) агломерату в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва від температури навколишнього середовища.

Прогнозний тренд залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) агломерату від температури навколишнього середовища (x), може бути представлений у вигляді

$$Y = -0,007x^3 - 0,5x^2 + 0,14x + 22,4, R^2 = 0,76; \quad (3.5)$$

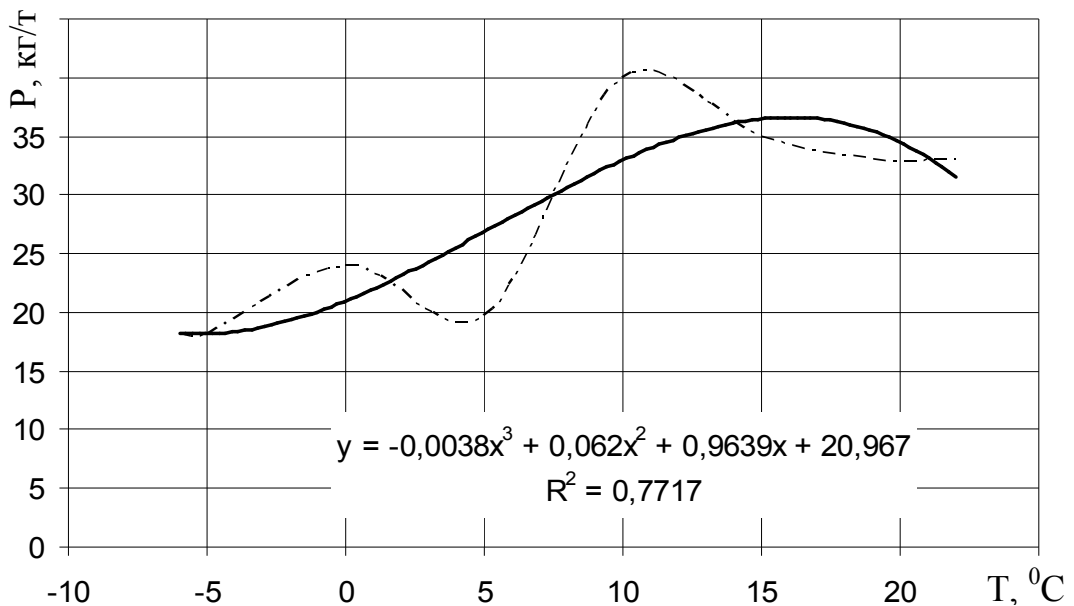


Рис. 3.9. Залежності величини втрат (кг/т) відсіву агломерату в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва від температури навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) відсіву агломерату від температури навколишнього середовища (x), може бути представлений у виді

$$Y = -0,004x^3 + 0,06x^2 + x + 21, R^2 = 0,77; \quad (3.6)$$

Крім того були проведені дослідження усереднених втрат сумарно усіх сировинних матеріалів від температури навколишнього середовища.

Середня сумарна крива залежності величини транспортно-технологічних втрат (кг/т) сировинних матеріалів від температури навколишнього середовища показана на рис. 3.10.

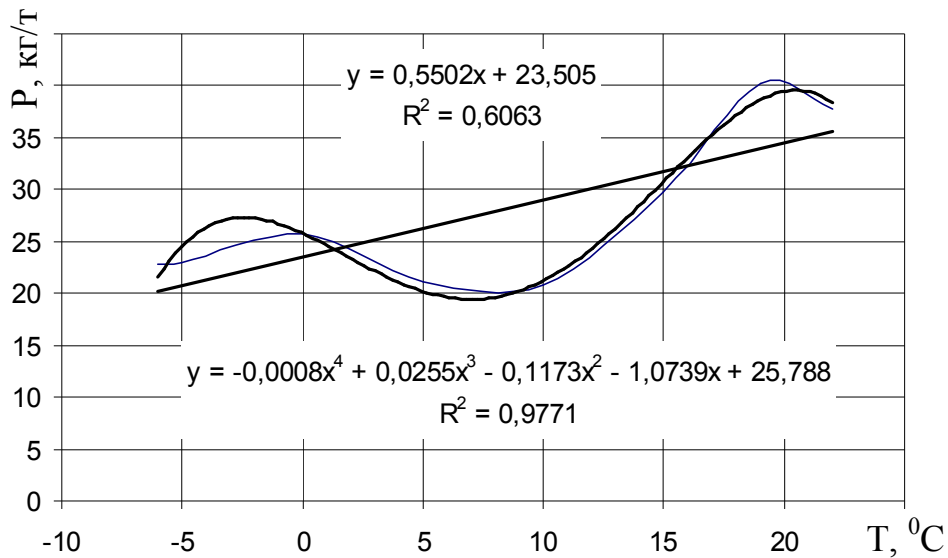


Рис. 3.10. Середня сумарна крива залежності величини втрат (P , кг/т) сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва від температури навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини транспортно-технологічних усереднених втрат узагальнений для усіх сировинних матеріалів (кг/т) від температури навколишнього середовища (x), може бути представлений

$$Y = 0,6X + 23,5, R^2 = 0,6; \quad (3.7)$$

Аналізуючи отримані залежності, можна відмітити тенденцію збільшення кількості втрат вантажу із зростанням температури навколишнього середовища в інтервалі від -15 °C до $+30$ °C. Це можна пояснити тим, що як при зниженні температури нижче 0 °C так і підвищенні температури навколишнього середовища за інших постійних умов, вологість сировини знижується. При цьому, піддаючись механічному діянні в процесі перевезення, агломерат починає стиратися, дробитися, зростає кількість дрібної фракції розміром $0-5$ мм. Усі ці фактори призводять до збільшення втрат за допомогою видування і просипу через нещільність транспортно-технологічного устаткування.

3.2.3. Дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів залежно від вологості навколишнього середовища

Відносна вологість повітря значною мірою визначає вологість самого сировинного матеріалу.

Зниження кількості втрат сировинних матеріалів пов'язане з підвищенням вологості повітря, оскільки знижується можливість видування сировини і в той же час до певної міри вологості не збільшується вірогідність його витікання через нещільність транспортно-технологічного устаткування.

У разі перезволоження матеріалу він може витікати крізь щілини і проміжки.

Проведено дослідження прогнозу втрат сировинних матеріалів (на прикладі агломерату) залежно від вологості повітря [127]. Результати досліджень показали, що кількість втрат сировини залежно від вологості повітря при транспортуванні сировини зменшується, що видно з рис. 3.11.

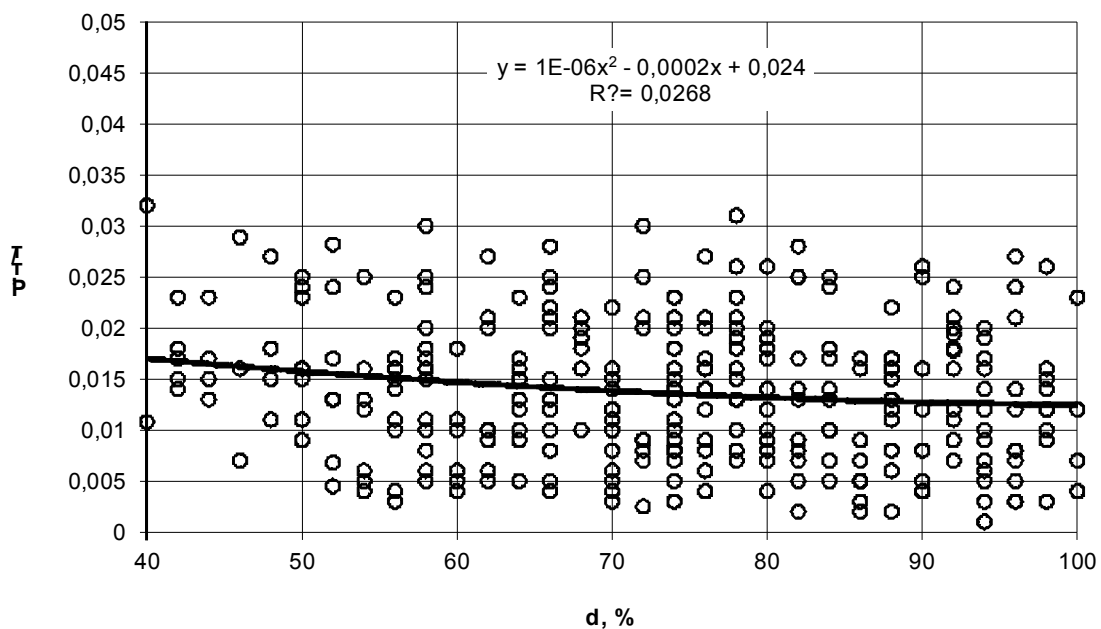


Рис.3.11. Залежність кількості втрат (P) агломерату від вологості повітря (d) при переміщенні його в транспортному засобі.

Прогнозний тренд, отриманий при статичній обробці величин втрат P , може бути представлений у виді

$$P = 1(E - 0,6) d^2 - 0,0002d + 0,024, \text{ кг/т}, R^2=0,03; \quad (3.8)$$

де E - постійна величина (експонента);

d - вологість повітря, %.

Із зменшенням вологості повітря від 70 до 100 % втрати сировини від видування зменшуються (рис. 3.11).

В результаті аналізу і обробки статистичних даних рис. 3.4. (Діаграма експериментальних даних транспортно-технологічних втрат сировини (кг/т) залежно від вологості навколишнього середовища) отримані трендові моделі втрат: агломерату (рис.3.12), залізної руди (рис.3.13), коксу (рис.3.14), відсіву агломерату (рис.3.15).

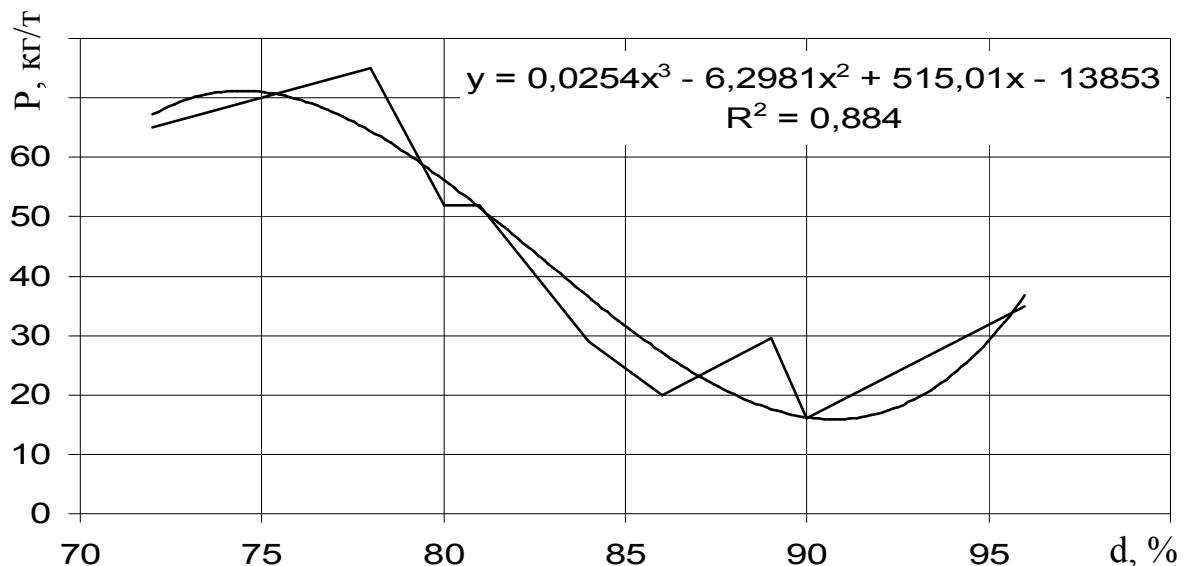


Рис. 3.12. Залежності величини втрат (кг/т) агломерату в транспортно-технологічній схемі від вологості навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини втрат агломерату від вологості навколишнього середовища може бути представлений у виді

$$Y=0,03X^3-6,3X^2+515X-13853; \quad R^2=0,9 \quad (3.9)$$

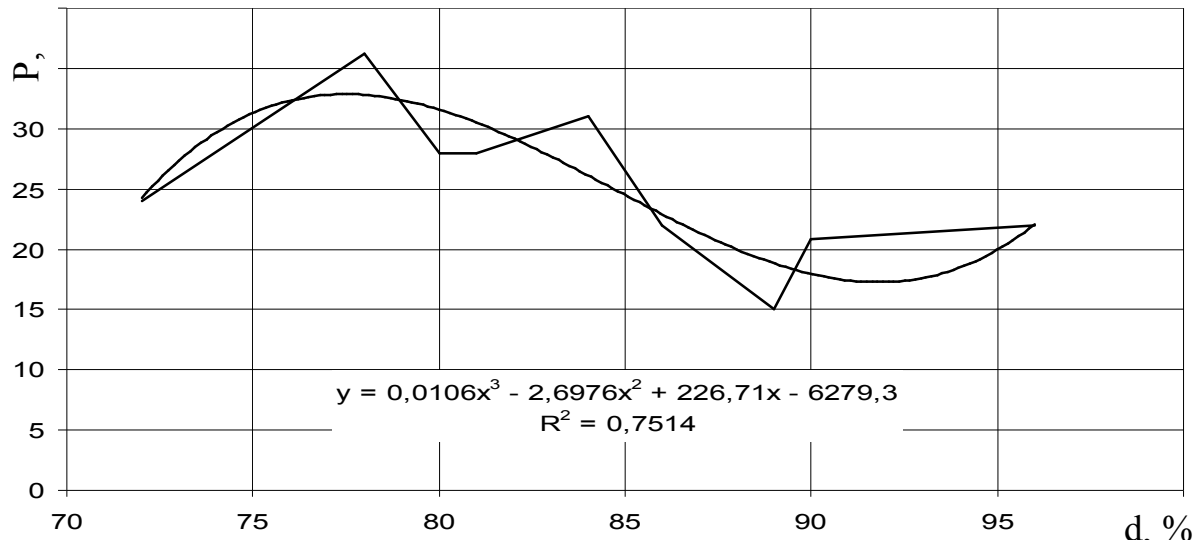


Рис. 3.13. Залежності величини втрат (кг/т) залізної руди в транспортно-технологічній схемі від вологості навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини втрат агломерату від вологості навколишнього середовища, може бути представлений у виді

$$Y=0,01X^3-2,7X^2+226,7X-6280; \quad R^2=0,75 \quad (3.10)$$

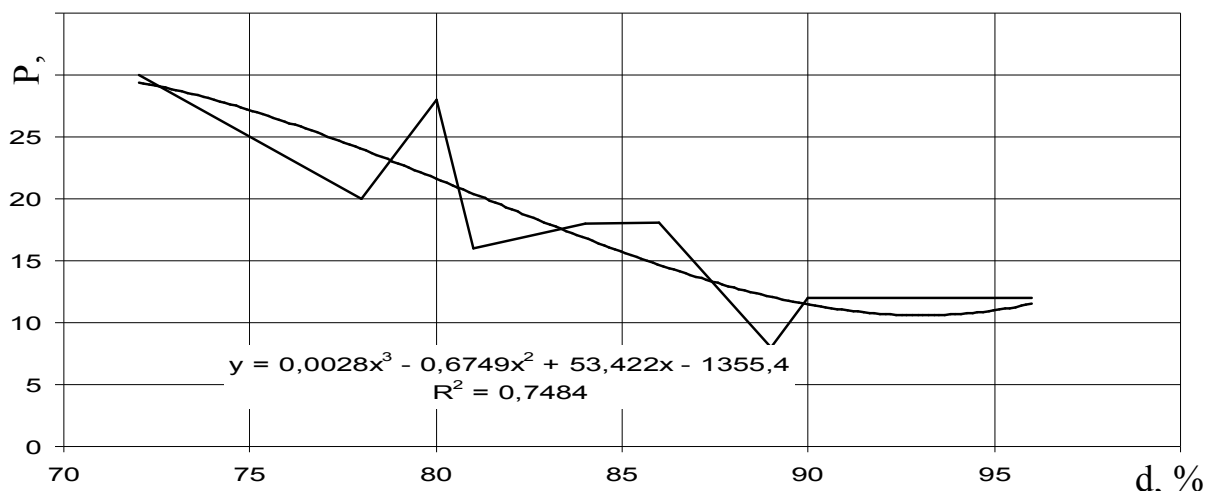


Рис. 3.14. Залежності величини втрат (кг/т) коксу в транспортно-технологічній схемі від вологості навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини втрат коксу від вологості навколишнього середовища, може бути представлений у виді

$$Y=0,003X^3-0,67X^2+53,4X-1355; \quad R^2=0,74 \quad (3.11)$$

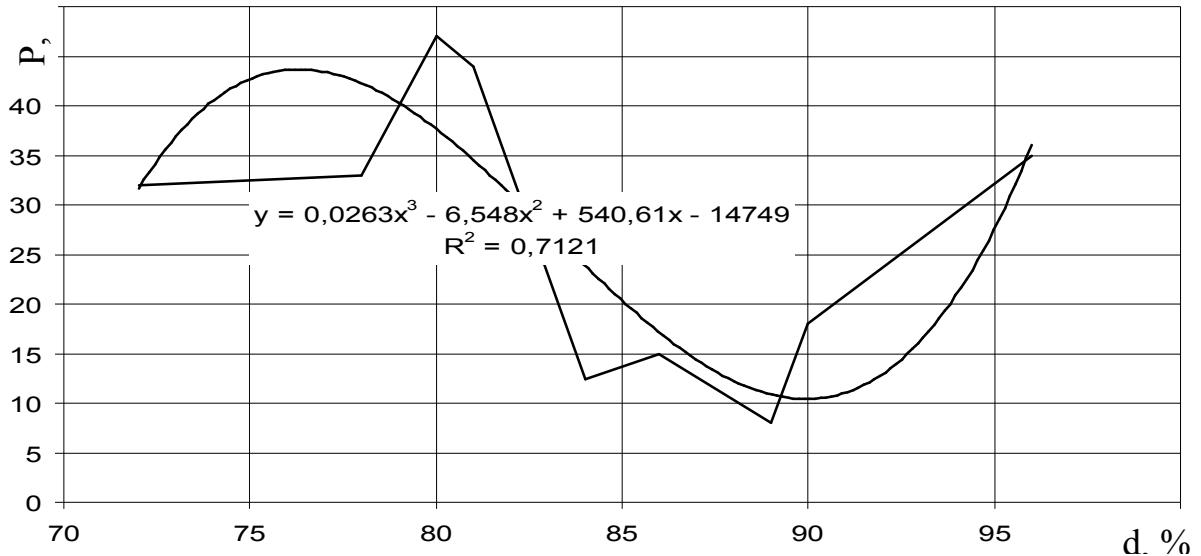


Рис. 3.15. Залежності величини втрат (кг/т) відсіву агломерату в транспортно-технологічній схемі від вологості навколишнього середовища

Прогнозний тренд залежності величини втрат відсіву агломерату від вологості навколишнього середовища, може бути представлений у виді

$$Y=0,03X^3-6,5X^2+540X-1479; \quad R^2=0,71. \quad (3.12)$$

Прогнозний тренд середньої сумарної кривої залежності втрат коксу від вологості навколишнього середовища (рис. 3.16) представлений у вигляді функцій:

$$\text{Лінійна: } y=-1,05x+116; \quad R^2=0,54 \quad (3.13)$$

$$\text{Поліноміальна (3 порядку): } y=0,016x^3 - 4,1x^2 + 334x - 9060, \quad R^2=0,97. \quad (3.14)$$

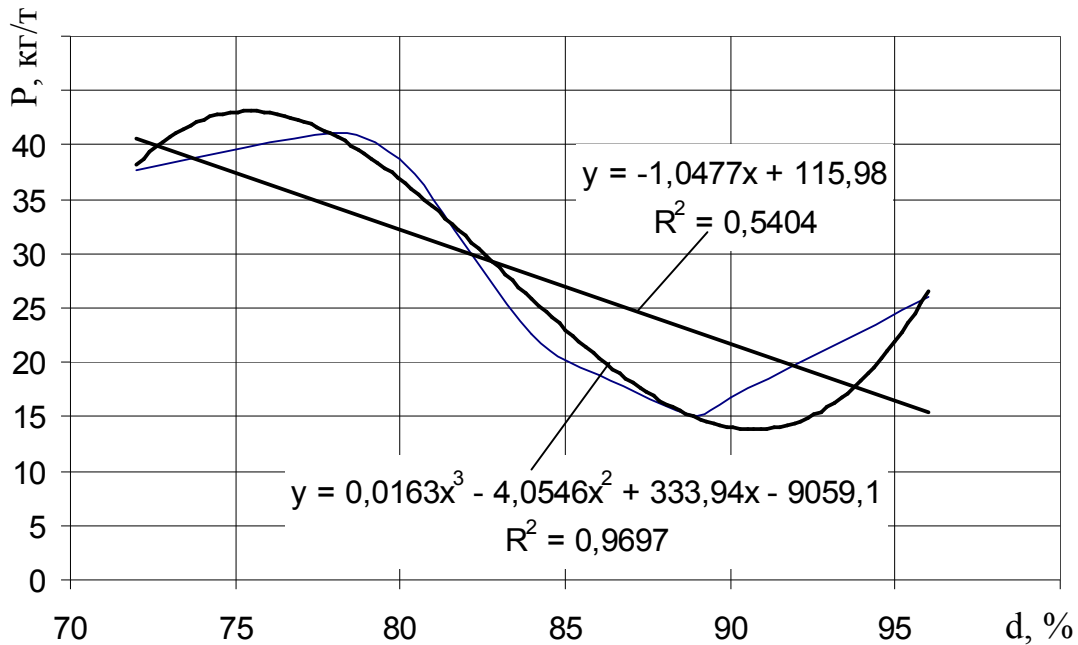


Рис. 3.16. Середня сумарна крива залежності втрат (кг/т) коксу в транспортно-технологічній схемі від вологості навколишнього середовища

Проведений графоаналітичний аналіз отриманих залежностей дозволяє зробити висновок про те, що зв'язок між втратами сировини і кліматичними показниками виявляється нелінійним.

Аналіз літературних джерел підтверджує дані про те, що підвищена до 10% вологість коксу сприяє зниженню втрат вантажу від видування, проте в зимовий час зайва волога призводить до часткового примерзання сировини до стінок транспортно-технологічного устаткування, а іноді відбувається його змерзання в моноліт. З одного боку, підвищена вологість вантажу, до певних меж, призводить до зменшення втрат, особливо залізорудного концентрату, а також інших навалочних вантажів при їх транспортуванні у відкритому транспортно-технологічному устаткуванні, а з іншої - сприяє збільшенню маси вантажу в цілому, що спотворює дані по обліку втрат [14].

Проведені експериментальні дослідження зв'язків між втратами сировини і кліматичними показниками дозволили зробити наступні висновки, які сприяють зменшенню втрат металургійної сировини в

навколишнє середовище при транспортно-технологічній схемі його підготовки в доменному виробництві [125]:

- одним з шляхів вирішення питань по зменшенню втрат металургійної сировини в навколишнє середовище у транспортно-технологічній схемі її підготовки в доменному виробництві є забезпечення транспортування у закритих транспортних засобах, що виключає дію кліматичних чинників на сировину;

- враховуючи безперервність доменного виробництва, а також те, що більшість транспортно-технологічних операцій проводяться на відкритому повітрі, зменшити втрати сировини в навколишнє середовище можна за рахунок планування її підготовки і накопичення з урахуванням кліматичних умов і фізико-хімічних особливостей самого вантажу.

- у зв'язку з тим, що конструкція сучасного існуючого транспортно-технологічного устаткування по підготовці сировини в доменному виробництві не в достатній мірі враховує вплив кліматичних умов на втрати сировини, виникає необхідність модернізації устаткування або створення спеціалізованого устаткування.

- значне зниження викидів забезпечує застосування нової перспективної технології безконусного завантаження доменних печей;

- для зниження втрат з викидами пилу на інших робочих ділянках доменних печей необхідно герметизувати усі види устаткування для транспортування і перевантаження шихтових матеріалів, оснастити їх системою аспірації з наступним очищенням запиленого повітря в сухих електрофільтрах, забезпечити укриття льоток і жолобів на території ливарного двору з відповідною системою уловлювання пилогазових викидів при випусканні і розливанні чавуну і шлаку.

Дослідження залежності величини втрат сировинних матеріалів від відносної вологості повітря і температури довкілля дозволяє виявити резерви в зниженні відходоутворення та ресурсозбереженні.

3.3. Дослідження оцінки витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва

Транспортно-технологічний цикл доменного виробництва є сукупністю технологічних об'єктів, об'єднаних транспортно-технологічними схемами різних видів транспорту: конвеєрного, трубопровідного, спеціального циклічного і безперервного, пневматичного, гідравлічного, залізничного, автомобільного та ін.

Для повної кількісної оцінки енергосировинних витрат на виробництво однієї тонни чавуну потрібна єдина оцінка, що характеризує споживання кожного виду сировини, на кожній з транспортно-технологічних операцій. В якості такої оцінки можна використовувати вартісну.

На підґрунті рис.1.1 розроблена граф-топологічна схема підготовки металургійної сировини та вивозу продукції доменного виробництва з витратами (в умовних одиницях цін на 1 тонну сировини) природно-енергетичних ресурсів, рис. 3.17 [131].

При цьому, якщо калькуляція прямих виробничих витрат, у тому числі сировини відома, то для тих виробничих ресурсів (наприклад: фітосфера, літосфера, атмосфера і інші), які нині споживаються «дарма» бо вартість їх не встановлена, можливе використання рентної плати [28].

Для оцінки даної транспортно-технологічної схеми підготовки металургійної сировини і евакуації продуктів плавки за споживаними ресурсами на 34 технологічних ділянках і операціях дослідження проводилися для п'яти основних вантажопотоків: агломерату, коксу, залізної руди, добавки (марганцева руда), вапняку, а також для продукту плавки - чавуну та відходів виробництва: шлаку, відсіву агломерату, коксу, колошникового пилу.

Природні ресурси в значних кількостях використовуються при виготовленні об'єктів транспортно-технологічної схеми, інженерних споруд і інфраструктури для їх експлуатації, обслуговування і ремонту.

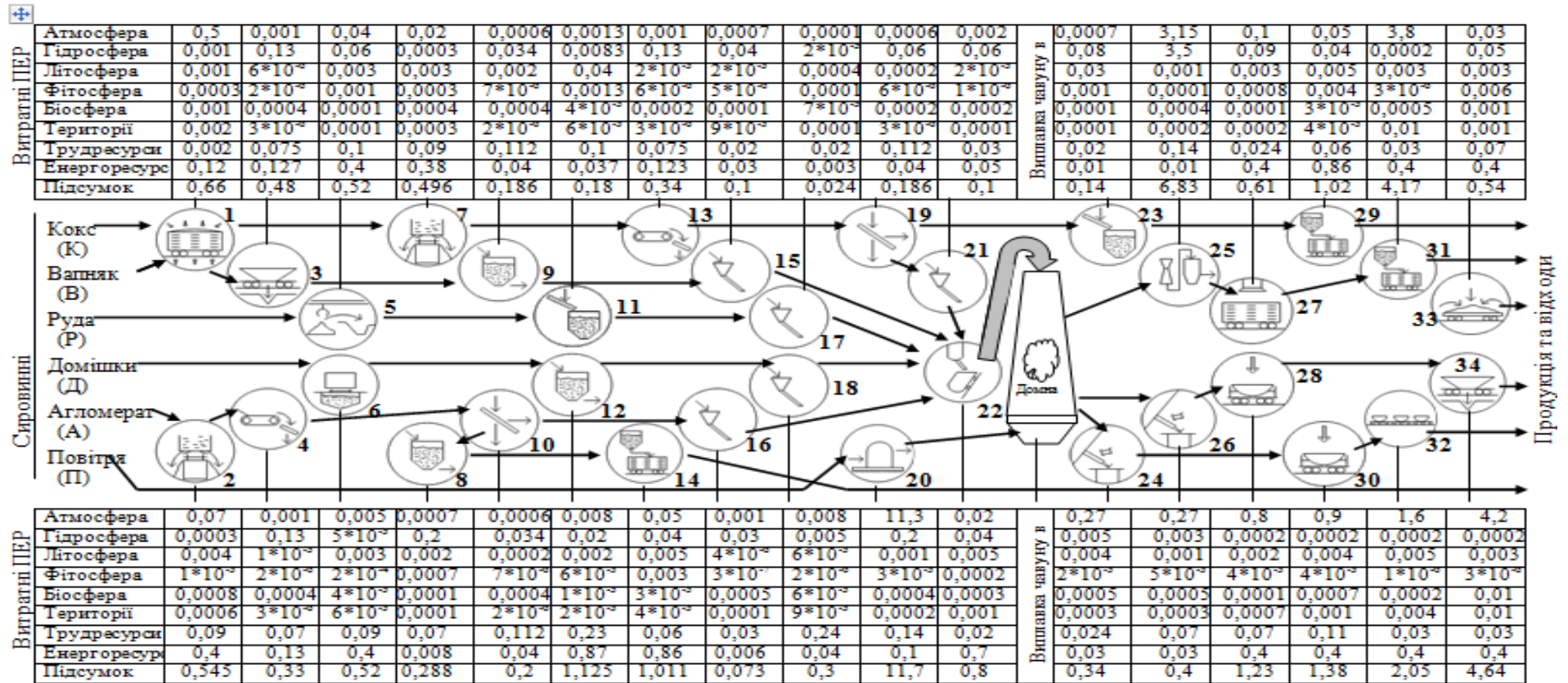


Рис. 3.17. Граф-топологическая схема підготовки металургійної сировини і вивезення продукції доменного виробництва з витратами (у умовних одиницях ціни на 1 тону сировини).

1 - розігрів в тепляку; 2 - вивантаження (А); 3 - вивантаження (В); 4 - подання (А) на гуркіт; 5 - вивантаження (Р); 6 - вивантаження (Д); 7 - вивантаження (К); 8 - відсів (А); 9 - бункерування (В); 10 - грохочення (А); 11 - бункерування (Р); 12 - бункерування (Д); 13 - подання (К) на гуркіт; 14 - дрібняк (А) у вагон; 15 - вага (В); 16 - вага (А); 17 - вага (Р); 18 - вага (Д); 19 - грохочення (К); 20 - нагрівання та подання (П); 21 - вага (К); 22 - скіпове подання; 23 - дрібняк (К) у бункер; 24 - чавунна льотка; 25 - газоочищення; 26 - шлакова льотка; 27 - утреска пилу; 28 - наливання чавуна; 29 - дрібняк (К) у вагон; 30 - наливання шлаку; 31 - пил у вагон; 32 - вивезення чавуну; 33 - прибирання сміття; 34 - вивезення шлаку.

Оскільки основне забруднення в транспортно-технологічних схемах відбувається внаслідок пилоутворення, то витрати атмосфери визначалися необхідним об'ємом повітря, що проходить крізь аспіраційну систему, і витратами останнього на технологічні потреби.

Під час розрахунку витрат атмосфери в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва враховується об'єм повітря, необхідний для роботи різного транспортно-технологічного устаткування, а також об'єм повітря, яке забруднюється в процесі цієї технологічної операції [10].

Літосфера і гідросфера характеризуються в нашому випадку витратами природних матеріалів на виготовлення і експлуатацію транспортно-технологічного устаткування, а також з урахуванням забруднення родючого шару ґрунту і підземних вод, що знаходяться під дією забруднених ґрунтів, з урахуванням глибини дифузії забруднення в ґрунтах за методикою [81].

Гідросфера характеризується кількістю оборотної технічної і питної води, використаної у в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, а також кількістю забрудненої води, що утворюється в процесі як транспортування так і виробництва [9].

При розрахунку витрат енергоресурсів, пропонується розраховувати повну енергоємність продукції як відношення прямих витрат протягом року в розглянутому виробничому процесі і непрямих витрат енергії, матеріалізованих у використаних енергоресурсах, сировині, матеріалах, напівфабрикатах, основних виробничих фондах, а також витрат енергії в процесах транспортування, відновлення навколишнього середовища і інших допоміжних виробничих послугах до річного обсягу виробництва продукції (у натуральному, умовному або вартісному вираженні), що виробляється підприємством [32, 52].

Для кожного з етапів визначаємо величину необхідних використаних природно-енергетичних ресурсів за методикою [8], а також за фактичними даними металургійних підприємств.

Фітосфера характеризується витратою матеріалів рослинного походження, використаних на технічні потреби транспорту і технологічного устаткування (виготовлення і експлуатацію засобів і інфраструктури), рослинної їжі [9].

Біосфера характеризується біологічною різноманітністю, яка розташовується на двох рівнях по відношенню до літосфери: внутрішньогрунтовий - близько 1000 видів безхребетних на 1 м², надгрунтовий, - близько 10 видів на 1 га. [8].

Території, трудові ресурси визначаються безпосередньо витратами площ і чисельністю робітників на кожному з виділених етапів.

При обчисленні вартості атмосферних і гідросферних ресурсів приймаються їх витрати при транспортних операціях в цінах за їх використання. Так ціна атмосферних ресурсів - 0,005 грн/м³, гідросфери - 0,09 грн/м³.

Вартість територій розраховується в державних цінах за її використання з урахуванням усіх площ, зайнятих під об'єкти транспорту і технологічні комплекси, грн/м² на рік.

Вартість літосфери розраховується в цінах на металопрокат - сировину для машинобудівної промисловості, грн/т.

За вартість фітосфери і біосфери приймаємо вартість 1 м³ лісоматеріалів – грн/м³; 1 кг м'ясопродуктів - грн/кг

Трудові ресурси оцінюються в нормо-затратах робочого часу на виконання однієї операції, з урахуванням середньої заробітної плати для працівників доменного цеху - 1,63 грн/год.

Підсумовуючи усі витрати використаних в транспортно-технологічному циклі доменного виробництва природно-енергетичних ресурсів, отримуємо їх розподіл у вартісному вираженні з розрахунку на 1 тону чавуну. На рис. 3.18. приведена діаграма долі витрат природно-енергетичних ресурсів у вартісному вираженні в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва

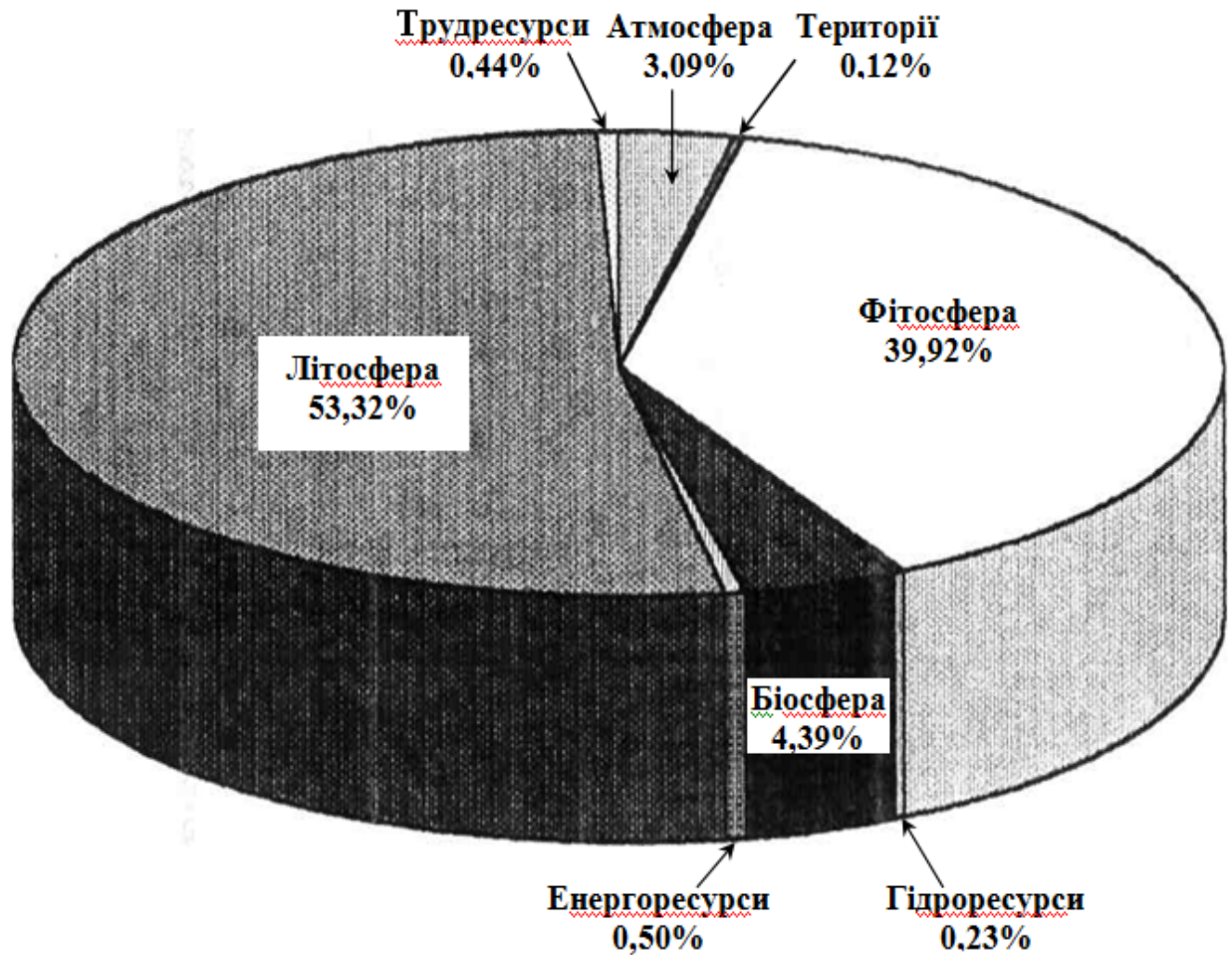


Рис. 3.18. Діаграма долі витрат природно-енергетичних ресурсів у вартісному вираженні в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Витрати природно-енергетичних ресурсів за часом реалізації циклу виробництва мають різні значення.

Результати розрахунків витрат за кожну годину циклу виробництва представлені в *Додатку*, Таблиці 9-10.

Для більш наочного представлення витрат природно-енергетичних ресурсів одного циклу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва (без суміщення операцій) побудована гістограма, рис.3.19.

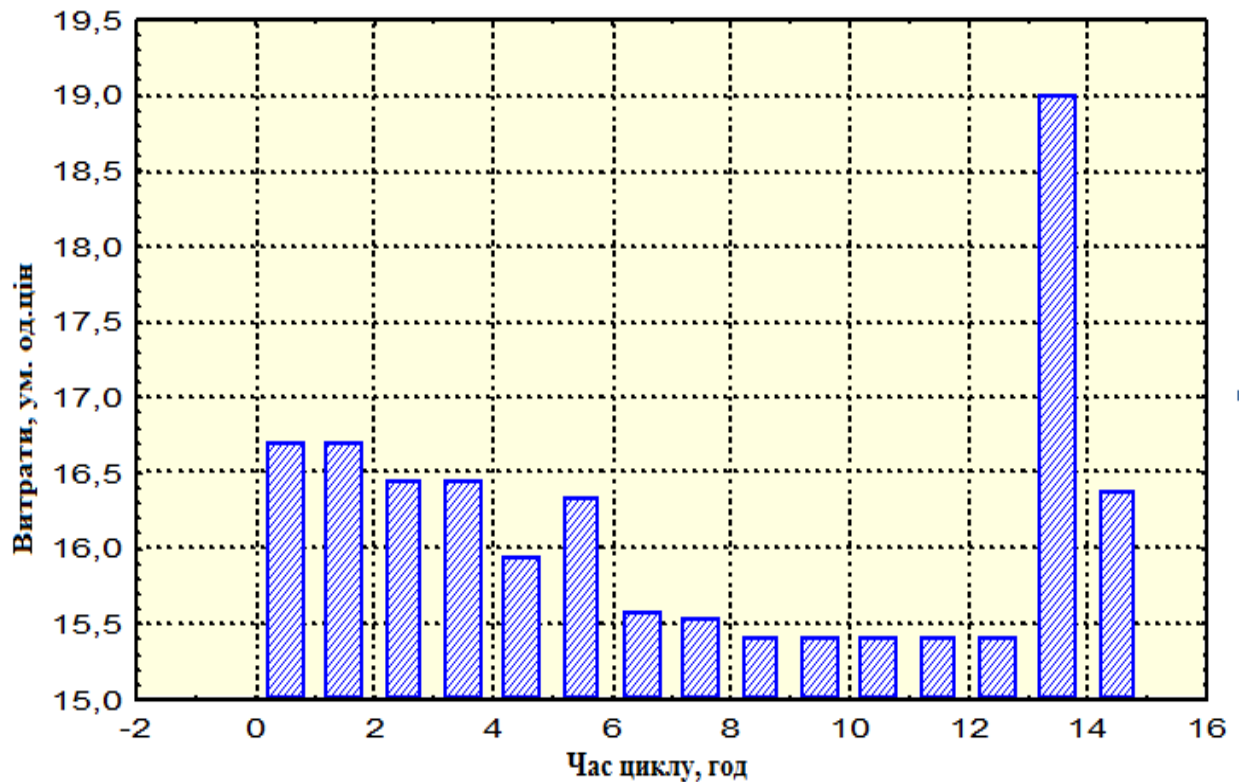


Рис. 3.19. Гістограма залежності витрат (у умовних одиницях ціни) природно-енергетичних ресурсів від часу циклу (година) транспортно-технологічної схеми доменного виробництва (без суміщення операцій).

Враховуючи те, що тривалість 1 плавки складає 5,5 - 7 годин, а час одного циклу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва орієнтовно дорівнює 15 годинам, ми можемо зробити висновок, що недостатньо врахувати суміщення операцій в одному циклі виробництва.

Необхідно також враховувати суміщення з операціями попереднього і наступного технологічних циклів.

Тому підраховуємо сумарні витрати при сполученні операцій.

Оскільки тривалість однієї плавки в середньому 6 годин, то можна помітити, що значення витрат повторюються через кожні 6 годин. Результати розрахунку приведені в *Додатку*, Таблиця 10.

Також побудовано гістограму розподілу витрат природно-енергетичних ресурсів при суміщенні декількох операцій циклу транспортно-технологічної схеми за часом, рис.3.20.

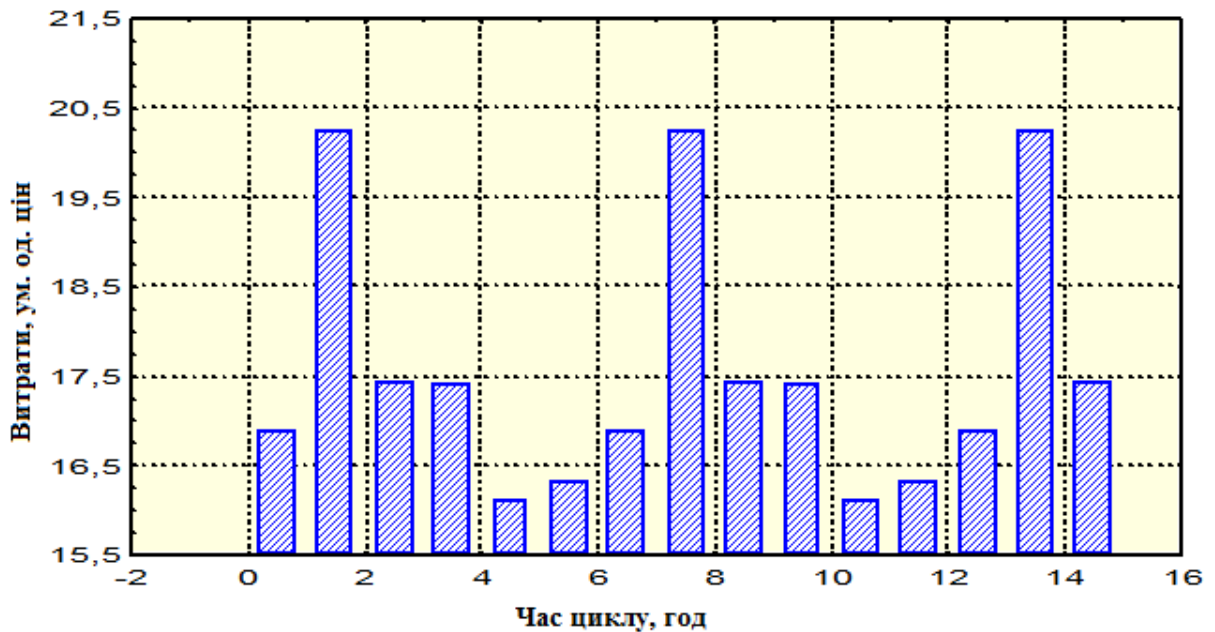


Рис. 3.20. Гістограма залежності витрат природно-енергетичних ресурсів (у умовних одиницях ціни) від часу циклу (година) транспортно-технологічної схеми доменного виробництва (зі суміщенням операцій).

Знаходження залежності між величиною витрат природно-енергетичних ресурсів і чинниками - умовами циклу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва здійснюється на основі даних (Додаток, таблиці 9 і 10).

Повний об'єм у вартісному вираженні шкідливого діяння транспортно-технологічної схеми на навколишнє середовище складається з об'ємів діяння по кожному конкретно розглянутому природно-енергетичному ресурсу.

Аналізуючи шкідливі діяння транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на природно-енергетичні ресурси навколишнього середовища за даними Додатку, таблиці 9 і 10, видно, що поетапно (за часом) діяння мають різкі коливання своїх чисельних значень.

За цих умов спроби створити з використанням ЕОМ досить достовірну єдину емпіричну функцію для тренду залежності витрат природно-енергетичних ресурсів від часу всередині циклу транспортно-

технологічної схеми не дали бажаного результату.

Тому нами, для побудови емпіричних залежностей, початкові дані (Додаток, таблиці 9 і 10) були оброблені методом згладжування по середніх значеннях.

У результаті отримана залежність економічних витрат за часом (без суміщення операцій до печі) циклу транспортно-технологічної схеми

$$Y=8,8+30x-38x^2+22,8x^3 - 7,4x^4+1,3x^5 - 0,1x^6+0,004x^7, \quad (3.15)$$

де: Y - вартісна оцінка витрат на кожному j -му етапі відповідної фази з тривалістю його реалізації;

x - час.

Графік цієї залежності представлений на рис. 3.21.

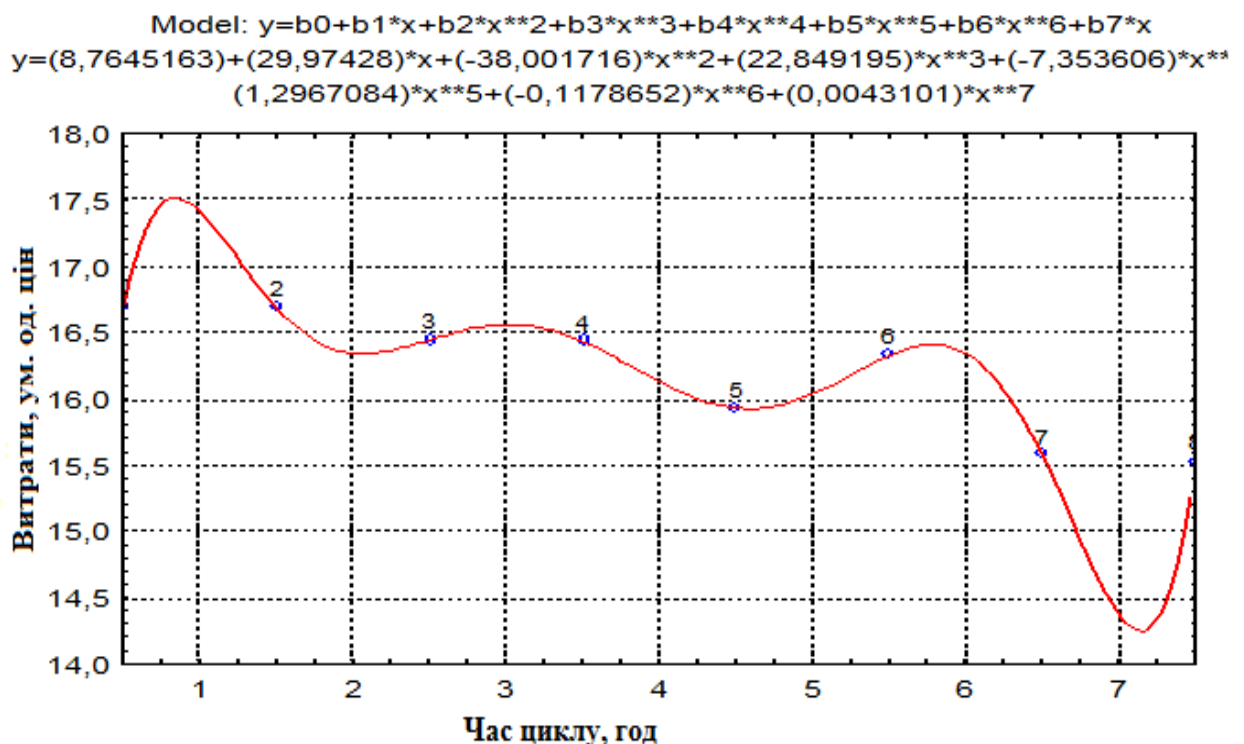


Рис. 3.21. Сумарна крива залежності витрат природно-енергетичних ресурсів від чинників (без суміщення операцій) циклу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі.

Також отримана залежність економічних витрат за часом до печі із суміщенням операцій в циклі транспортно-технологічної схеми

$$Y=8,8+14,5x - 1,3x^2 - 8,3x^3+4,3x^4 - 0,8x^5+0,05x^6, \quad (3.16)$$

Графік залежності представлений на рис. 3.22.

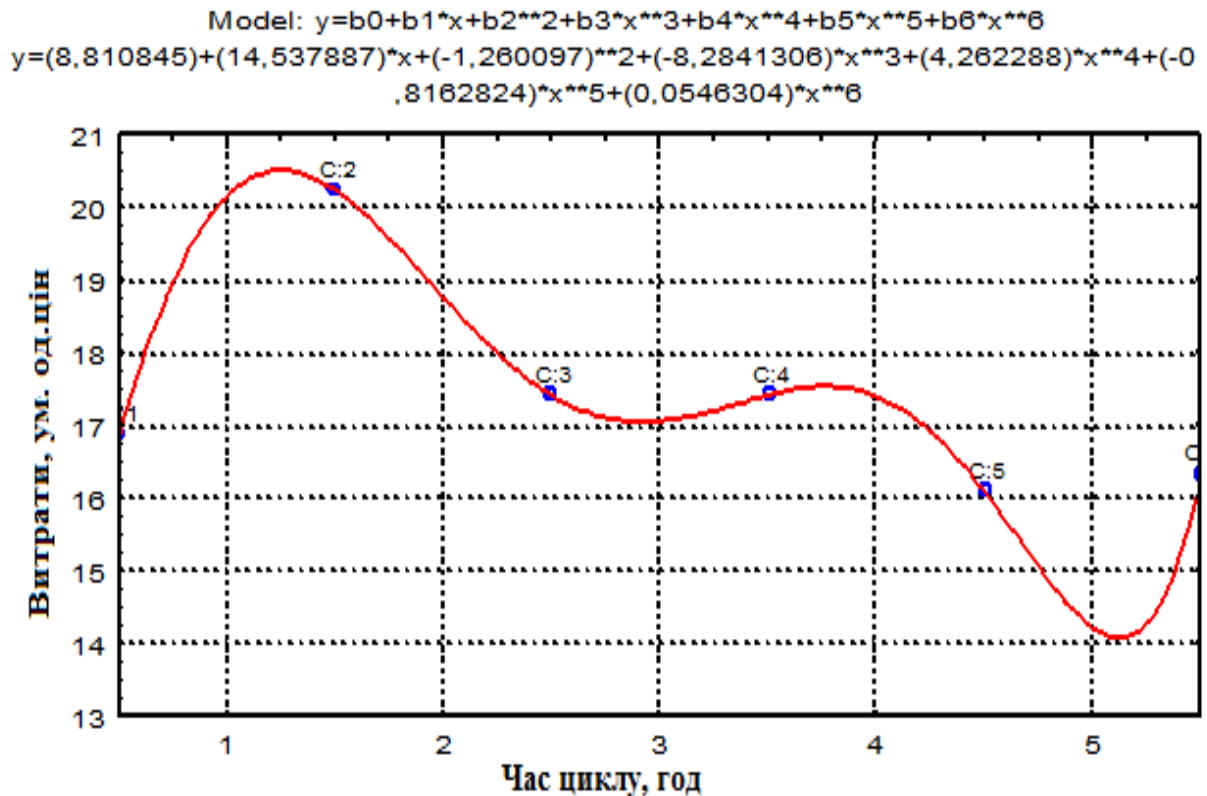


Рис. 3.22. Сумарна крива залежності витрат природно-енергетичних ресурсів від чинників циклу транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (із суміщенням операцій).

Аналогічним чином знаходимо відповідні залежності для ділянки транспортно-технологічної схеми після доменної печі.

Без суміщення операцій (рис. 3.23)

$$Y=83,978x - 3,1x^2 - 548,453 \quad (3.17)$$

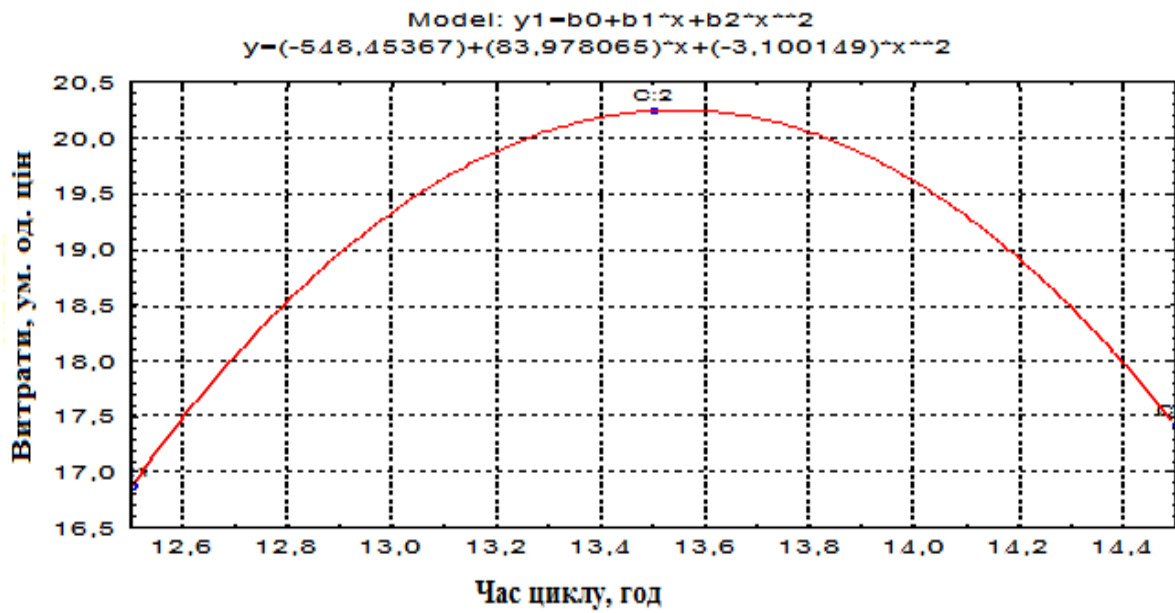


Рис. 3.23. Сумарна крива залежності витрат природно-енергетичних ресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва після печі (без суміщення операцій).

Із суміщенням операцій (рис. 3.24)

$$Y = 84,13x - 3,1x^2 - 552,2; \quad (3.18)$$

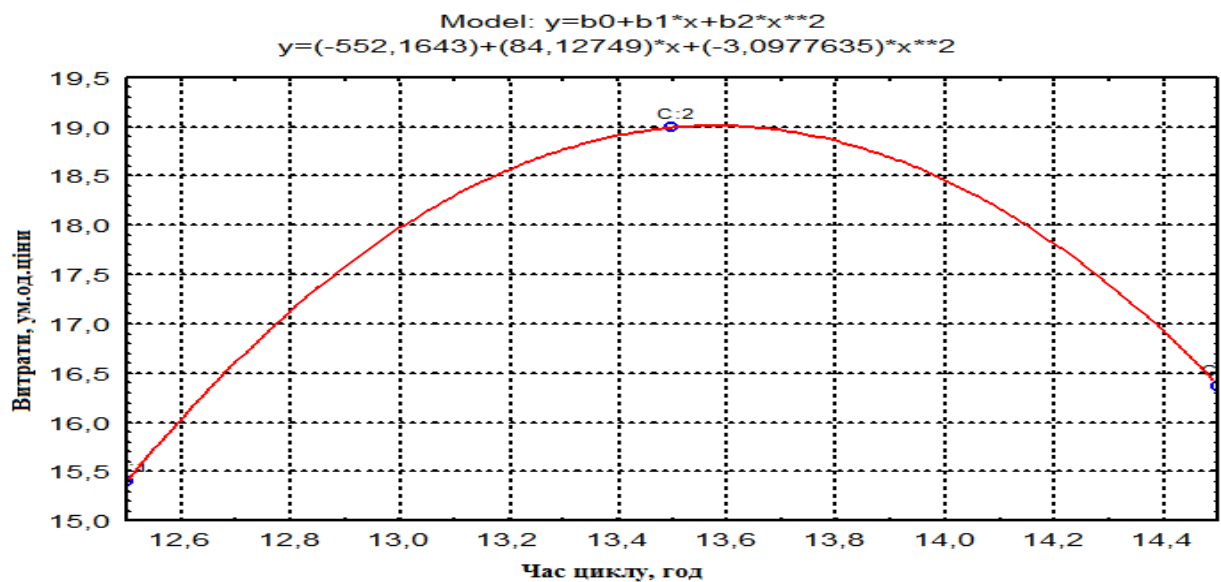


Рис. 3.24. Сумарна крива залежності витрат природно-енергетичних ресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва після печі (із суміщенням операцій).

Отримані результати дозволили за допомогою ЕОМ отримати емпіричні залежності та побудувати прогностні трендові моделі витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, рис. 3.25 -3.29.

Залежність витрат атмосферних ресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (рис. 3.25):

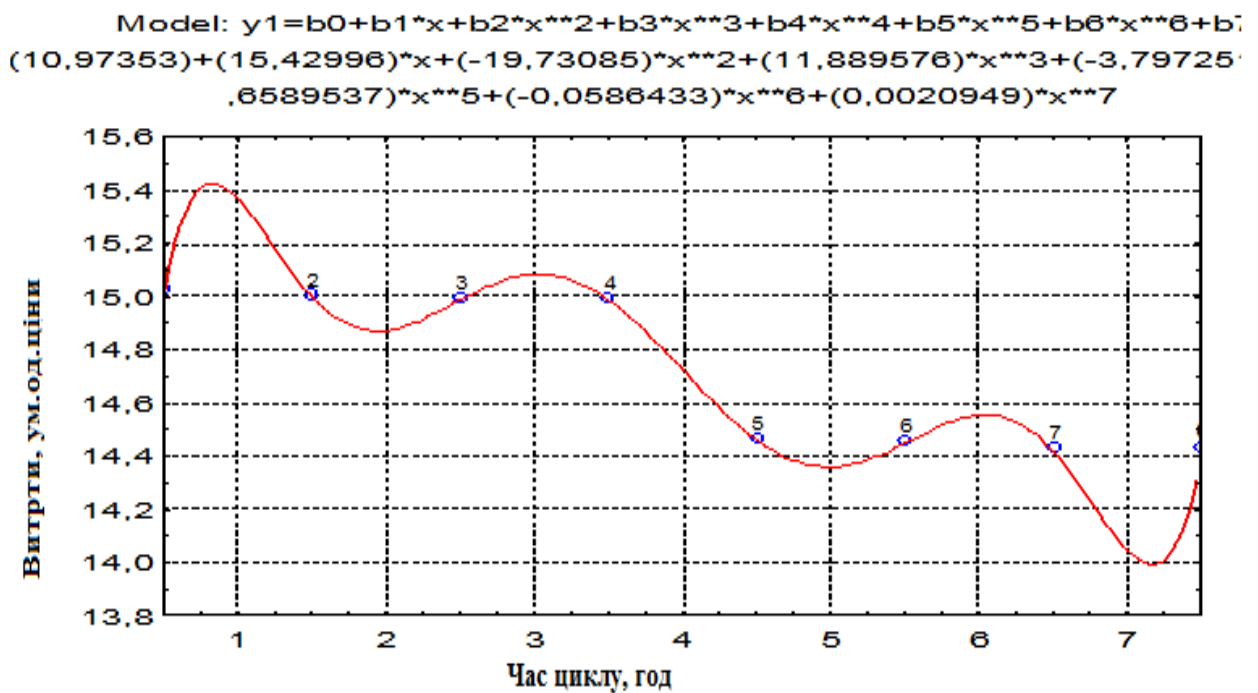


Рис 3.25. Крива залежності витрат атмосферних ресурсів від факторів транспортно-технологічної схеми до печі (без суміщення операцій).

Трендова модель залежності витрат атмосферних ресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва (без суміщення операцій) до печі (рис.3.25)

$$y = 11 + 15,4x - 19,7x^2 + 11,9x^3 - 3,8x^5 - 0,06x^6 + 0,002x^7 \quad (3.19)$$

Залежність витрат гідроресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми до печі (рис. 3.26)

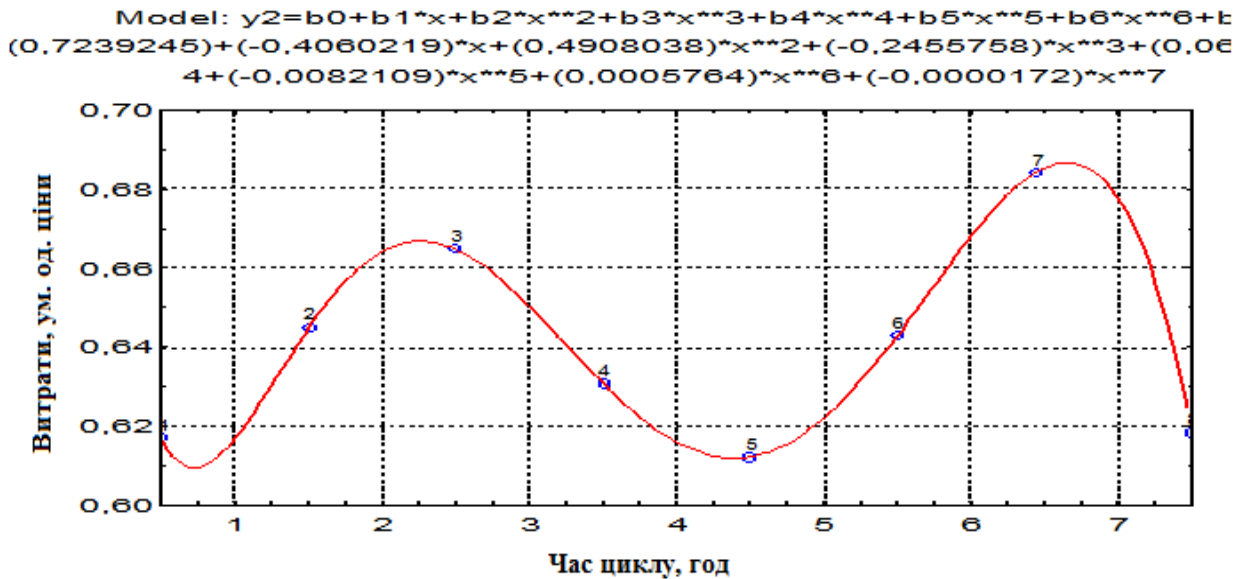


Рис. 3.26. Крива залежності витрат гідроресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми до печі (без суміщення операцій).

Трендова модель залежності витрат гідроресурсів від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (рис.3.26)

$$y = 0,7 - 0,4x + 0,5x^2 - 0,25x^3 + 0,06x^4 - 0,01x^5 + 0,001x^6 - 0,00002x^7 \quad (3.20)$$

Залежність витрат ресурсів літосфери від транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (рис.3.27)

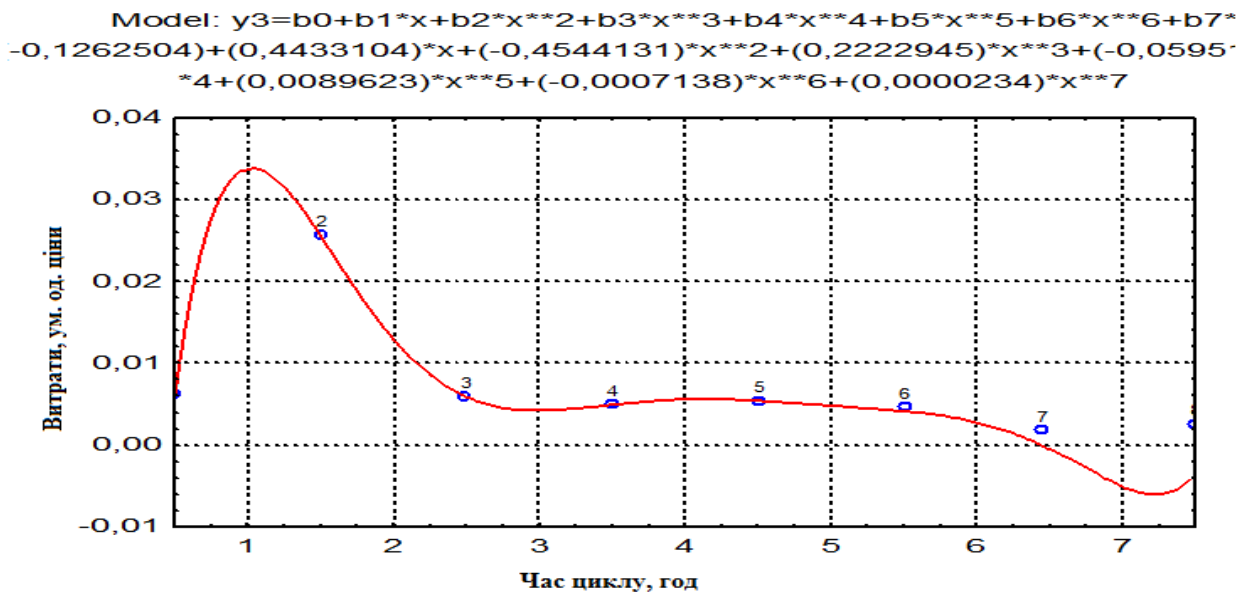


Рис. 3.27. Крива залежності витрат літосфери від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (без суміщення операцій)

Трендова модель залежності витрат ресурсів літосфери від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (без суміщення операцій) (рис.3.27)

$$y = -0,13 + 0,4x - 0,45x^2 + 0,22x^3 - 0,05x^4 + 0,01x^5 - 0,001x^6 - 0,00002x^7 \quad (3.21)$$

Залежність витрат ресурсів фітосфери від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (без суміщення операцій) (рис.3.28)

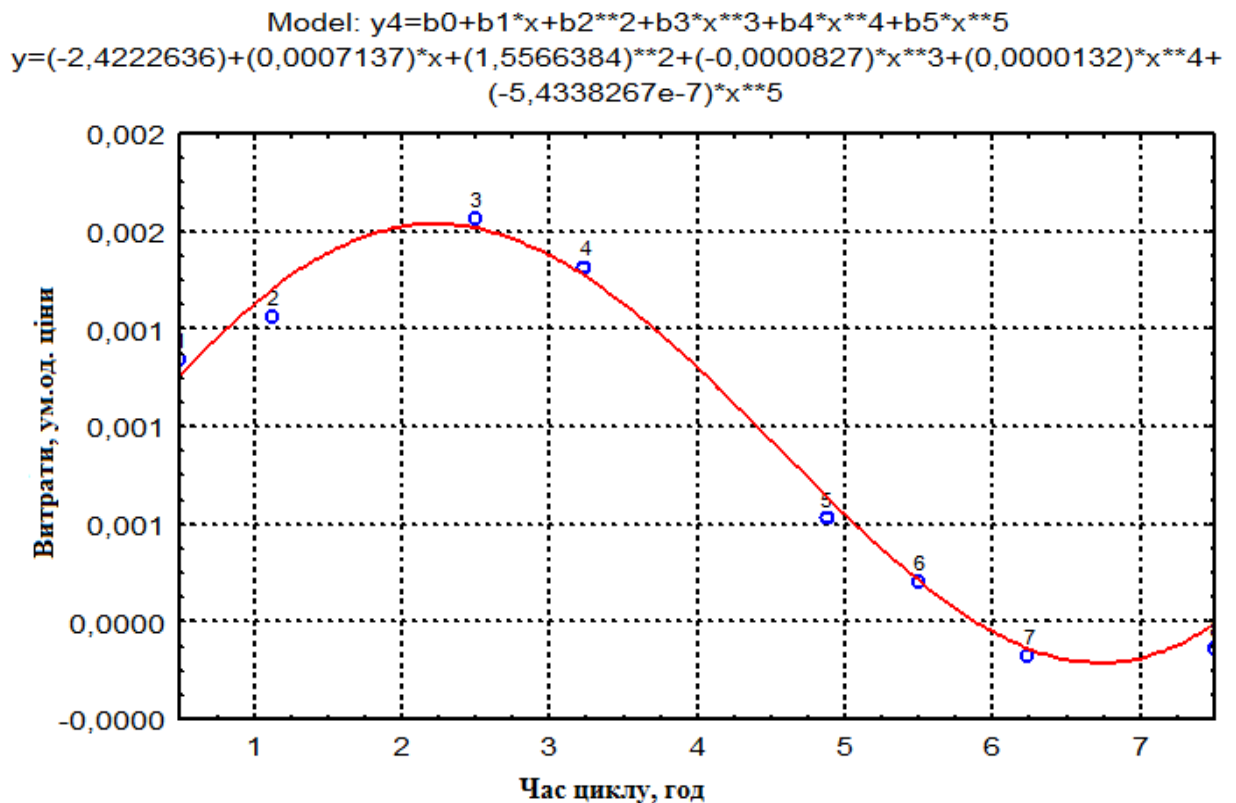


Рис. 3.28. Крива залежності витрат фітосфери від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (без суміщення операцій).

Трендова модель залежності витрат ресурсів фітосфери від чинників транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до печі (без суміщення операцій) (рис.3.28) має вигляд

$$y = -0,24 + 0,001x + 1,56x^2 - 0,0001x^3 + 0,0000x^4 - 5,4e^7x^5 \quad (3.22)$$

На рис. 3.29 приведена, побудована з використанням ЕОМ і результатів розрахунків за даними *Додаток*, таблиці 9 і 10, звідна інформаційна діаграма економічної оцінки витрат природно-енергетичних ресурсів навколишнього середовища в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Для наочності на діаграмі застосовано масштабування, оскільки значення витрат різних ресурсів мають значні відмінності величин діянь, що досягають декількох порядків.

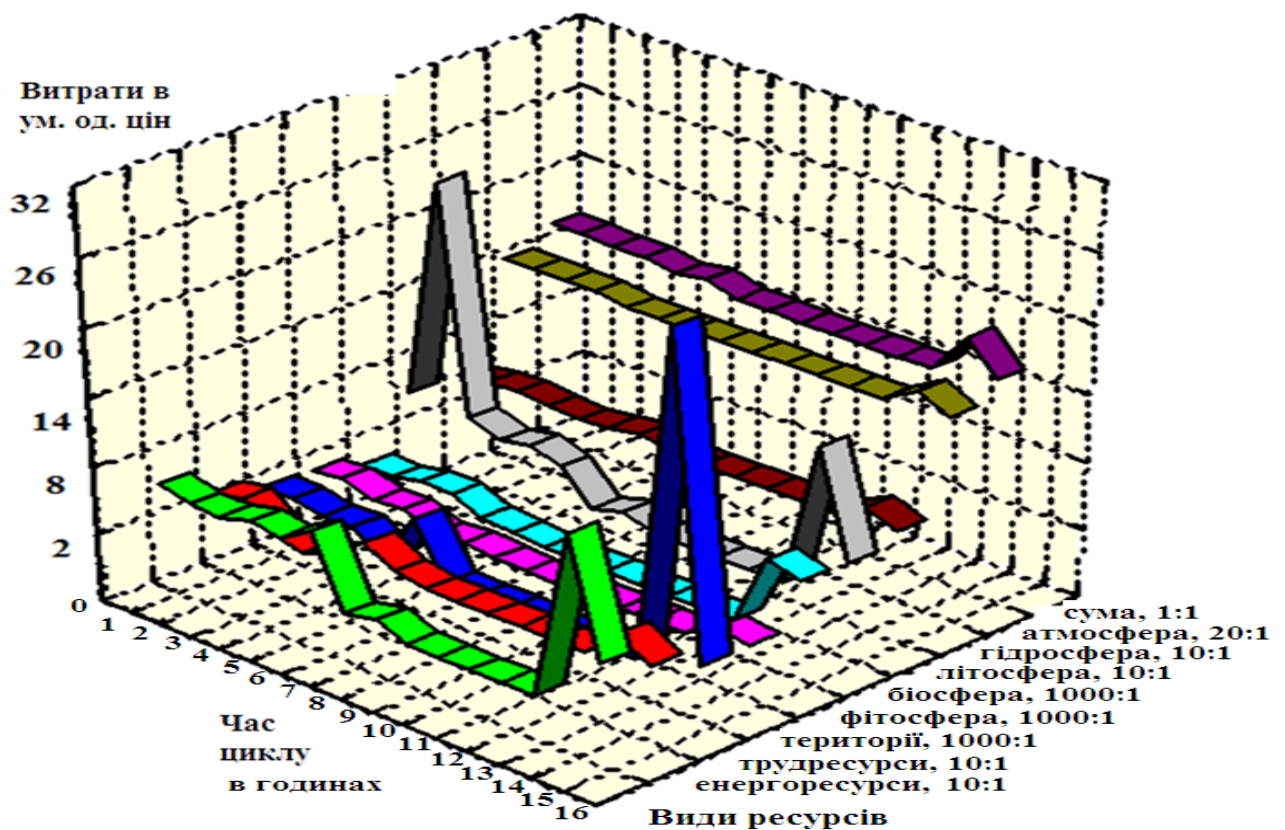


Рис. 3.29. Звідна інформаційна діаграма економічної оцінки витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва.

Встановивши закономірності діяння транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на навколишнє середовище представляється можливим приймати відповідні рішення по зменшенню витрат природно-енергетичних ресурсів на окремих її етапах.

3.4. Визначення втрат енергоресурсів з використанням математичних моделей зниження температури при транспортуванні чавуну.

Транспортування та наступна переробка рідкого чавуну на металургійних підприємствах пов'язані з завантаженням чавуновозів, перевезенням, зливанням чавуну й додатковими операціями (наприклад, десульфурацією чавуну в чавуновозі). У всіх цих випадках інтенсивно утворюються неорганізовані викиди вуглецевмісних енергоресурсів, які потрапляють в навколишнє середовище у вигляді відходів [77, 137].

Залізографітові відходи, що утворюються у великій кількості на окремих стадіях транспортування рідкого чавуну, є цінною сировиною для отримання різноманітних продуктів [66]. Утворення дисперсних залізографітових відходів, що являють собою суміш частинок чавуну, оксидів заліза, графіту та шлаку, складає до 600 г/т чавуну [17, 76, 128].

Утворення графітовмісних відходів при десульфурації в чавуновозі із вмістом вуглецю в межах 36,15 - 53,23% пов'язане із зниженням температури рідкого чавуну [78]. Якщо припустити, що сумарне охолодження чавуну при завантаженні та зливанні чавуновозів сягає 100 °С, то теоретичне виділення графіту може складати 2,2 - 2,5 кг на кожну тону чавуну, що транспортується [146].

Такі відходи є дешевою високоякісною сировиною для виробництва графіту та виробів з нього. Вони можуть бути основою для отримання композиційних порошкових матеріалів, в якості добавок до аглошихти і при отриманні окатишів та брикетів [33, 53, 74, 87].

Великі викиди вуглецю у вигляді пилу, газів та шлаків спостерігаються на ливарному дворі, в період продувки чавуну в чавуновозі, в період розвантаження шлаку, а також в міксерних відділеннях в період заливки та зливання чавуну [22, 30].

При транспортуванні чавуну зниження температури розплаву в

чавуновозі на Δt , °С супроводжується виділенням певної кількості графітової піни C_v , що складається з марганцю (Mn), кремнію (Si), фосфору (P), сірки (S), яка може бути визначена із залежності Шенка [54]:

$$C_v = 1,3 + 2,6 \cdot 10^{-3} \Delta t + 0,027 Mn - 0,3 Si - 0,33 P - 0,4 S. \quad (3.23)$$

Для прогнозування зниження температури чавуну при транспортуванні та розрахунку виходу графітової піни на всіх ділянках транспортно-технологічної схеми процесу доставки його від доменної печі до міксеру, використані емпіричні залежності з роботи [55].

Отримані було використано для розрахунку виходу графітової піни при транспортуванні чавуну від доменної печі до міксерного відділення (Додаток, Таблиця 11).

У відповідності до запропонованих моделей (Додаток, Таблиця 11) можна розрахувати, що при транспортуванні чавуну між технологічними операціями втрачається від 8 кг графітового пилю на кожні 100 тон чавуну.

Розрахунки, виконані відповідно наведеним залежностям, дозволили отримати фактичні данні зниження температури рідкого чавуну при транспортуванні. За наведеними розрахунками визначені ділянки з максимальною кількістю утворення графітової піни. Перш за все, це транспортні об'єкти ливарного двору, процеси доставки, потім десульфурації чавуну, вивантаження шлаку.

Отримані данні дозволяють розрахувати відходоутворюючі потоки при транспортуванні чавуну в рідкому стані. Чітко відслідковується зв'язок кількості відходів з тривалістю та способом реалізації транспортно-технологічної схеми, що дозволяє всебічно оцінити вклад процесу транспортування чавуну в загальні відходоутворюючі потоки металургійного виробництва.

Висновки по розділу 3

1. Побудовані на основі статистичних даних транспортно-технологічної схеми доменного виробництва кореляційні поля дозволяють визначити форми тренду втрат залізної руди, коксу, агломерату і відсіву агломерату залежно від температури навколишнього середовища, вологості повітря і швидкості вітру з урахуванням збільшення обсягів перевезень і зростання транспортно-технологічних втрат.

2. Розроблені оцінки витрат природних ресурсів (фітосфери, літосфери, атмосфери, гідросфери), а також територій, трудових і енергетичних ресурсів на окремих операціях транспортно-технологічної схеми з урахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей транспортно-технологічного устаткування.

3. Встановлені закономірності витрат природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва дозволяють приймати відповідні конструктивні, експлуатаційні і організаційні рішення по зниженню витрат на окремих її етапах, а також вибирати пріоритетні напрями вдосконалення і модернізації окремих об'єктів і процесів схеми.

4. Запропонований метод розрахунку по визначенню кількості графітового пилу, що утворився при транспортуванні чавуну, дозволив зробити якісну і кількісну оцінку процесу утворення вуглецевмісних відходів, а також визначити ділянки максимального утворення графітової піни з метою енергоресурсозбереження.

5. Побудовані за трендовими моделями графіки дозволяють наочно представити обсяги відходів і забруднень від транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, дозволяють приймати рішення по розподілу коштів на енергозбереження і захист навколишнього середовища у відповідності з найбільш суттєвими екологічними проблемами транспортно-технологічної схеми металургійного виробництва.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО- ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

4.1. Основи розробки методу оцінки ефективності елементів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Підвищення продуктивності всіх складових транспортно-технологічного комплексу металургійного виробництва ставить завдання розробки і удосконалення методів ресурсозбереження, підвищення ефективності використання енергії на промисловому транспорті. У цих умовах виникає необхідність відповідної оцінки використання природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва, що дозволить виявити пріоритетність вдосконалення об'єктів і процесів промислового транспорту і визначити напрями і резерви ресурсозбереження, а також підвищити ефективність використання енергії.

На практиці, при оцінці технологій і об'єктів транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва, окрім економічних критеріїв доводиться враховувати і значну кількість різних технічних вимог і обмежень.

Значення витрат природно-енергетичних ресурсів змінюються на різних етапах транспортування протягом часу реалізації транспортно-технологічної схеми підготовки сировини [115].

Тому додатковим чинником, що враховується, має бути час τ , що регламентує підготовку сировини.

У результаті отримуємо залежність економічних витрат C від чинників транспортно-технологічної схеми за часом:

$$C = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \tau), \quad (4.1)$$

де x_1, \dots, x_n – зовнішні і внутрішні чинники умов на етапах транспортно-технологічного процесу підготовки сировини;

Надалі розглядатимемо залежність (4.1) із вже встановленими конкретними значеннями транспортно-технологічних чинників як функцію від часу

$$C = f(\tau) \quad (4.2)$$

На рис. 4.1 представлена структура оцінки технологій і об'єктів основних етапів і логістичних потоків транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

Ранжирування і техніко-економічну оцінку здійснює особа, що приймає рішення.

По горизонтальній лінії на рис. 4.1 розташовуються етапи транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, виготовлення продукції, передачі споживачеві готової продукції і отримання від нього певної оплати.

Кількість етапів n_e на рис. 4.1 $n_e = 9$.

По вертикалі на рис. 4.1 розташовуються логістичні потоки транспортно-технологічної схеми, відповідні основним ознакам логістики і які необхідно розглянути і оцінити в єдиній сукупності.

На рис. 4.1 кількість потоків $n_n = 16$.

Чим більше особа, що приймає рішення, запропонує етапів n_e і потоків n_n транспортно-технологічної схеми доменного виробництва до розгляду, тим ефективніше буде процес розподілу по ним оцінних витрат.

На основі експертизи особою, що приймає рішення, виходячи з розрахункових або дослідних даних, призначаються значення рейтингу в межах одиниці «1» для кожного етапу і кожного логістичного потоку [115].

При цьому повинна дотримуватися умова, що сума S всіх призначених величин рейтингів для числа n етапів або потоків має дорівнювати 1, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n R_i = 1, \quad (4.3)$$

де n – число етапів (n_e) або потоків (n_n);

R_i – рейтинг певного етапу або потоку.

Нижче, як приклади, приводяться одні з можливих методів проведення орієнтовної рейтингової оцінки етапів і логістичних потоків, а також окремих вузлових об'єктів і технологій, що належать певним етапам і логістичним потокам транспортно-технологічної схеми [115].

Наближені рейтингові оцінки, з метою спрощення вибору величин значень рейтингу, можна визначити і розподілити по етапах і об'єктах транспортно-технологічної схеми, а також по її об'єктах і технологіях, з використанням методів арифметичної або геометричної прогресій.

Для цього складається таблиця рейтингових оцінок для певного етапу і логістичного потоку схеми, а також складових їх елементів.

Рейтингові величини оцінок встановлених з використанням принципів арифметичної прогресії приведені в *Додатку*, Таблиця 13.

Використовуючи відомі залежності для визначення суми S_n числа n членів арифметичної прогресії, задаючи $S_n=1$, а першому членові n_1 привласнюючи мінімальне значення рейтингу в межах *одиниці* (наприклад, $n_1=0.01$), визначаємо останній член a_n арифметичної прогресії

$$a_n = \frac{2}{n} - n_1, \quad (4.4)$$

де n – число прийнятих особою, що приймає рішення, етапів або потоків.

Знаходимо різницю арифметичної прогресії d

$$d = \frac{a_n - a_1}{n - 1}, \quad (4.5)$$

Визначаємо останні члени a_{ni} арифметичної прогресії

$$a_{ni} = a_1 + (n_i - 1)d \quad (4.6)$$

Використовуючи залежності (4.4 - 4.6), прийняте число етапів $n_s = 9$ і число логістичних потоків $n_n = 16$, а також мінімальне значення рейтингу для етапів і потоків $n_l = 0.01$, розраховуємо рейтинги етапів (наприклад, рейтинг III для етапів дорівнює 0,162) , і розраховуємо рейтинги для логістичних потоків (наприклад, рейтинг V для потоків дорівнює 0,087).

Значення ранжирування елементів потоків, що належать певним етапам, визначається перемноженням відповідних рейтингів етапів і потоків, наприклад, елемент належний III-му рейтингу етапів і V-му рейтингу потоків має ранг рівний $0,162 \times 0,087 = 0,01409$ (Додаток, Таблиця 13).

Складена таким чином таблиця (Додаток, Таблиця 13) ранжирування етапів і логістичних потоків для певної транспортно-технологічної схеми, може бути використана особою, що приймає рішення, для оцінки відповідного елементу і розподілу засобів його реалізації. При цьому особа, що приймає рішення, може збільшувати або зменшувати кількість елементів в одному потоці або етапі, а також значення рейтингу окремих елементів, навіть надаючи їм значення «нуль», відповідно збільшуючи значущість інших елементів в потоці, але при цьому повинна дотримуватися умова, що сума рейтингів всіх етапів або потоків має дорівнювати 1.

А суми рейтингів елементів одного етапу або потоку мають дорівнювати величині рейтингу відповідно даному етапу або потоку. Потім, особа, що приймає рішення, на основі експертної оцінки привласнює кожному етапу на рис. 4.1 умовний номер (відповідну значущість).

Наприклад, (рис. 4.1.) етапу 1 (виробництво) привласнюється умовний номер I (*Додаток*, Таблиця 13) тобто найвищий рейтинг 0,2441, а етапу 3 (зберігання) умовний номер I, тобто найнижчий рейтинг 0,01.

Аналогічно можна виконати (для прикладу) розрахунок рейтингових показників, наприклад, з використанням принципів геометричної прогресії. По відомій формулі геометричної прогресії, за умови сума $S_n=I$ членів n (етапів або потоків), знаменник q геометричної прогресії визначається

$$q = a_1 * q^n - (a_1 + 1), \quad (4.7)$$

Вочевидь це трансцендентне рівняння, яке не має рішення в загальному вигляді, тому розрахунок виконується методом ітерації з використанням електронної обчислювальної техніки.

Результати обчислень приведені в *Додатку*, таблиця 14.

Логістичні потоки і складові їх елементи в більшості своїй мають різномірні оцінні критерії, наприклад: тонна, кВт, бал, година, ГДК, кілобайт, м³, штук, км, одиниця ціни та інші.

Декілька різномірних критеріїв можна порівняти і вивести узагальнений показник за допомогою методу, суть якого викладена нижче.

Враховуючи, що предметом наших досліджень є оцінка витрат природно-енергетичних ресурсів і шкідливих дій на довкілля, подальші розробки проводимо для основних логістичних потоків, приведених на рис. 4.18 (Розділ 4): атмосфери, гідросфери, літосфери, фітосфери, біосфери, територій, трудових ресурсів, енергоресурсів, а також окремих логістичних потоків, рис. 4.1: час, втрати сировини, екологія і інших [137].

Дослідженнями [22] встановлено, що шкідлива дія на довкілля по ресурсах у вартісному виразі співвідноситься, орієнтовно в наступних частках, *Додаток*, Таблиця 15; рис 3.18, Розділ 3.

Транспортно-технологічна схема підготовки сировини доменного виробництва (рис.1.1, Розділ 1) може бути оцінена за 8 критеріями витрат природно-енергетичних ресурсів (рис. 3.18, Розділ 3); *Додаток*, Таблиця 16.

У нашому випадку функція переваг відповідних критеріїв не задана в явному вигляді. Інформація про неї представлена у вигляді табличних даних ваги критеріїв, *Додаток*, Таблиця 16. Замість ваги (ω_i) i -го критерію може використовуватися його значущість δ_i , визначена, наприклад, за початковою (Δ_{in}) або кінцевою (Δ_{ik}) межею критерію, наприклад:

$$\delta_i = \Delta_{in} / \omega_i . \quad (4.8)$$

Для оцінки шкідливої дії на довкілля транспортно – технологічної схеми, на підставі запропонованих критеріїв, виконуються наступні дії [138].

1. Кожному елементарному критерію експертним шляхом визначається вага в сукупності з іншими критеріями. Розрахунок виконується на підставі результатів досліджень систем з різними сировинними матеріалами [22, 139, 140]. Сума всіх ваг критеріїв повинна дорівнювати одиниці.

2. Критерії, що використовуються, мають різні одиниці виміру, тому значення узагальнюючого показника не можуть бути отримані простим їх підсумком. Фактичні значення критеріїв переводяться у відносні оцінки безрозмірної шкали. Перехід до безрозмірної шкали оцінок дозволяє позбавитися впливу одиниць виміру. "Нулем" безрозмірної шкали приймається найменше значення критерію, а його найбільше значення прийняте за "сто".

3. Визначаються відносні оцінки узагальнюючого показника за іншими показниками. Він дорівнює сумі відносних оцінок елементарних критеріїв, узятих із задалегідь визначеною вагою.

4.2. Оцінка на багатокритерійній основі витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно – технологічної схеми доменного виробництва.

Цільова функція значень узагальнюючого критерію витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно – технологічної схеми доменного виробництва є лінійною залежністю за чинниками - елементарними критеріями [123].

Кожен критерій входить до цільової функції з певним коефіцієнтом - вагою.

Всі ваги критеріїв позитивні і приймаємо, що їх сума дорівнює одиниці [123].

Нехай $j = 1, \dots, m$ - номери критеріїв, а $\omega_1, \dots, \omega_m$ - вага кожного критерію в сукупності.

За умовою:

$$\sum_{j=1}^m \omega_j = 1. \quad (4.9)$$

Виключення впливу одиниць виміру відбувається переведенням фактичних значень критеріїв у оцінки безрозмірної шкали.

Безрозмірна шкала задається для кожного критерію його початковою і кінцевою межею. Позначимо через S_j , ($j=1\dots m$) початкову межу, а через F_j , ($j=1\dots m$) - кінцеву межу j -го критерію.

Шкала прийнята розмірністю сто одиниць, де S_j є "нульом" j -го критерію, а F_j - "сто".

Значення критеріїв оцінок безрозмірної шкали для транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, вивозу готової продукції і відходів доменного виробництва утворюють матрицю A розмірністю $n \times m$, в якій a_{ij} - значення j -го критерію.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m} \\ \dots \\ \dots \\ a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nm} \end{pmatrix}, \quad (4.10)$$

Позначимо через B матрицю розмірності $n \times m$ відносних оцінок елементарних критеріїв, де b_{ij} - відносна оцінка j -го критерію:

$$B = \begin{pmatrix} b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1m} \\ \dots \\ \dots \\ b_{n1}, b_{n2}, \dots, b_{nm} \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

На рис. 4.2 схематично представлена відповідність фактичних значень критерію і його безрозмірних оцінок.

Нижче за вісь відкладена шкала фактичних значень критерію, а вище за вісь - шкала безрозмірних оцінок.

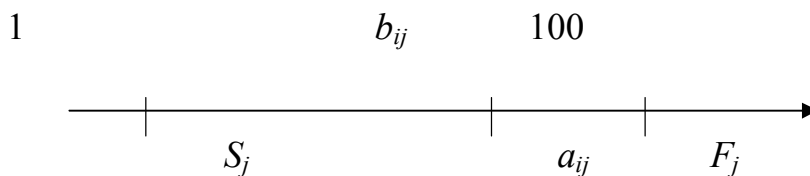


Рис. 4.2. - Відповідність фактичних значень критерію і його безрозмірних оцінок в транспортно – технологічній схемі доменного виробництва.

З рис. 4.2 видно взаємно-однозначна відповідність між значеннями критеріїв і їх відносними оцінками.

Відносні оцінки критерію витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно – технологічної схеми доменного виробництва знаходяться за формулою [123]

$$b_{ij} = \frac{a_{ij} - S_j}{F_j - S_j} \cdot 100\% \quad (4.12)$$

Вектором B' розмірності n позначимо узагальнюючий критерій

$$B' = (b_1', \dots, b_j', \dots, b_n'), \quad (4.13)$$

де b_j' – відносне значення узагальнюючого критерію,

$$b_j' = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot b_{ij}, \quad (i=1 \dots n). \quad (4.14)$$

У розроблену модель підставлено дані з *Додатка*, Таблиця 15, а засобами ЕОМ отримано відносні оцінки елементарних критеріїв і узагальнюювального критерію.

Для прикладу в *Додатку*, Таблиця 16 приведені дані розрахунків для 1 і 34 етапів (рис. 1.1) транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, вивозу готової продукції і відходів доменного виробництва з об'єктами і процесами, що супроводжуються витратами природно-енергетичних ресурсів, і втратами сировини в навколишнє середовище (Розділ 1) та рис. 3.17- Граф-топологічна схема транспортно-технологічного процесу доменного виробництва з витратами (у умовних одиницях ціни на 1 тону сировини) природно-енергетичних ресурсів (ПЕР) (Розділ 3).

За розробленим методом [123, 133] з використанням ЕОМ визначені значущості критеріїв і побудована гістограма відносних оцінок критеріїв і цільової функції витрат на етапах транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва і вивозу відходів і продуктів доменної плавки споживачеві, рис. 4.3.

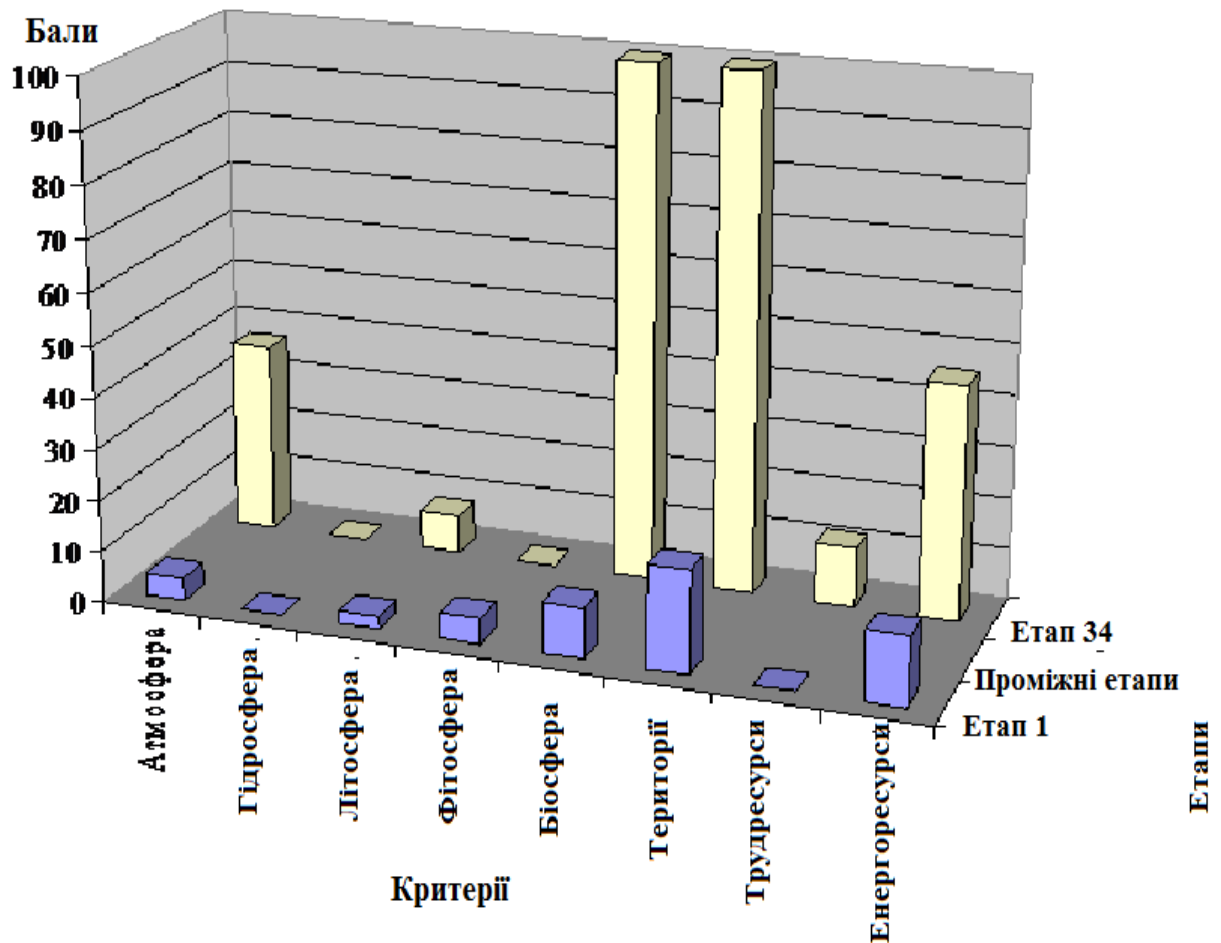


Рис. 4.3. Гістограма відносних оцінок критеріїв і цільової функції витрат на етапах транспортно-технологічної схеми підготовки металургійної сировини і вивозу відходів і продукції доменної плавки

На основі побудованого графіку з врахуванням ваги критерію можна вже визначати максимально оптимальні напрями дослідження і вдосконалення вічка «Критерій-Етап» в транспортно-технологічній схемі, із отриманням максимально позитивного техніко-економічного результату.

Цілком логічно, що визначення оптимального напрямку дослідження витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно – технологічної схеми доменного виробництва пов'язане з низкою проблем, які переважно носять математичний характер і вимагають додаткових досліджень.

У зв'язку з цим рішення даної задачі передбачає також паралельне використання різних математичних методів з використанням ЕОМ.

4.3 Оцінка витрат природно-енергетичних ресурсів в відходоутворюючих вантажопотоках

Основними джерелами пилогазових викидів в доменному виробництві і шкідливого впливу на навколишнє середовище є транспортно-технологічні операції підготовки металургійної сировини і транспортування продуктів плавки, навантажувально-розвантажувальні і складські роботи на рудному дворі, на бункерах доменної печі, в підбункерному і підестакадному приміщеннях, в засипному апараті, біля лютки для випуску чавуну і шлаку, на естакадній і розливній машині, в гранульовочному басейні, сухих пиловловлювачах, повітронагрівачах, димарях, на залізничному полотні та інших.

Всі об'єкти і операції транспортно-технологічної схеми доменного виробництва характеризуються великим об'ємом переробки металургійної сировини та продуктів виробництва, специфічними умовами навантаження-вивантаження і складування матеріалів, значною питомою вагою спеціальних видів транспорту і особливостями евакуації продуктів плавки: перевезенням рідкого чавуну і шлаку.

Рух транспортно-технологічних потоків енерго-сировинних матеріалів починається з рудного двору транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, на якому зберігається двох-чотирьох тижневий запас сировини і усереднюється склад шихтових матеріалів.

Основним устаткуванням рудного двору є конвеєри, жолоби для чавуну та шлаку з автоматичними клапанами, грейферні крани, інерційно - навантажувальні машини.

Майже всі транспортно-технологічні операції на рудному дворі супроводяться виділенням пилу.

При вивантаженні сировини, що поступила на завод, в приймальні бункери запасу вміст пилу в повітрі досить великий.

Підвищений тиск в бункері унаслідок захоплення рухомими матеріалами деякої кількості повітря веде до вибивання пилу з бункерів через всі наявні щілини, а за відсутності щілин - по жолобу.

Аналогічно, в місцях перевантаження сировини утворюється пилоповітряна суміш.

Утворення пилоповітряної суміші над стрічковими конвеєрами відбувається при захопленні повітря подрібненими в процесі транспортування шматками сировини.

Менша кількість викидів має місце при випуску надлишкового газу в атмосферу, завантаженню пічей за наявності нещільності завантажувального пристрою, на ливарному дворі, де пил і газу виділяються в основному від льоток чавуну і шлаку, жолобів і ділянок зливу чавуну з ковшів.

Транспортно-технологічні викиди, забруднюючи навколишнє середовище, залучають до виробничого процесу різні природно-сировинні ресурси: атмосферу, біосферу, гідросферу, літосферу.

Крім того, для придушення негативних екологічних наслідків необхідні додаткові енергосировинні витрати.

У цьому сенсі, поняття матеріаломісткості і ресурсоемності доменного виробництва слід розуміти набагато ширше.

Це дозволяє не лише виявити найбільш екологічно небезпечні і ресурсоемні стадії транспортно-технологічного процесу, але й оцінити можливість їх реорганізації з позицій енергоресурсозбереження в сучасних умовах обмеженості економічних, енергетичних і сировинних ресурсів.

У транспортно-технологічних схемах металургійного виробництва використовуються як сировинні ресурси (шихтові матеріали, паливо), так і ресурси довкілля (повітря, вода, земля і ін.).

На всіх етапах виробничого процесу споживання ресурсів супроводжується утворенням значної кількості відходів.

Аналіз цих процесів показує необхідність сумісного обліку потоку ресурсів і відходів для збільшення результативності ресурсозберігаючої політики.

Загальна стратегія керування транспортно-технологічними ресурсами повинна здійснюватися на основі принципу рівнозначності кожного з ресурсів, обов'язковому обліку їх наявності та особливостей використання [141].

Існуюча транспортно-технологічна схема металургійного виробництва орієнтована на максимальне витягання корисних елементів з сировинних матеріалів, тоді як ресурси навколишнього середовища використовуються малоефективно.

Більш того, відходи транспортно-технологічної схеми виробництва розміщуються у відвалах, на полігонах, у водних об'єктах, в атмосферному повітрі, змінюючи хімічний склад природного середовища, залучаючи його до процесу відходуотворення.

Інтенсивне використання сировинної і технічної бази транспортно-технологічних схем сприяє безумовному отриманню високого прибутку з одночасним зростанням забруднення навколишнього середовища за рахунок використання збіднених сировинних ресурсів, збільшення викидів в атмосферу різноманітного складу вантажопотоків сировини, що відторгаються у транспортно-технологічній схемі [74].

Одним з природних ресурсів, що є загальнолюдським надбанням, є повітря.

Головну цінність його для існування людства представляє постійність складу, тобто чистота. Тому будь-яка зміна складу повітря розглядається як забруднення навколишнього середовища [71].

Можна виділити ряд чинників транспортно-технологічної схеми, що визначають механізм перетворення повітря з ресурсу природного середовища у відхід транспортно-технологічної схеми, які носять чисто якісний характер. Ці чинники представлені на рис 4.4.



Рис.4.4. Чинники, що впливають на механізм утворення аерогазопилових відходів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва (ТТС ДВ)

Найбільш значущими з них, на наш погляд, є наступні:

1. Стан і технічний рівень транспортно-технологічної схеми. Це перш за все можна віднести до устаткування, що використовується в транспортно-технологічній схемі. Зокрема, зношений рухомий склад сприяє зростанню непередбачених втрат матеріалів, неорганізованих пило-газових викидів. На етапі експлуатації зношеного технологічного устаткування практично неможливо передбачити нові системи очищення. Різний рівень надійності двох транспортно-технологічних схем призводить при їх об'єднанні до того, що нова схема працюватиме на рівні менш надійної її складової, тобто очисні пристрої не працюватимуть в номінальному режимі. Прикладом служить встановлення потужних електрофільтрів фірми «Спейк» (Франція) на металургійному устаткуванні підприємства ПАТ «ММК ім. Ілліча» (м. Маріуполь).

2. Рівень технологічної культури і культури виробництва. Роль суб'єктивних чинників в роботі транспортно-технологічної схеми важко

переоцінити. Вони напряму пов'язані з відходоутворення в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва. Основною умовою, що впливає на процес утворення відходів з боку людини, є надання продукту виробництва властивостей споживчої вартості залежно від соціальних потреб людини.

Окрім цього, до істотних чинників відносяться професіоналізм працівника, відповідальність і технологічна дисципліна на робочому місці, здібність до економного виконання своїх обов'язків.

Представлена група чинників може бути істотно розширена за рахунок більш глибокого дослідження природи утворення відходів. Облік великої кількості чинників при кількісній оцінці відходоутворюючих вантажопотоків є тим більш складним.

Аналіз літературних джерел показує недосконалість, а інколи і відсутність методик контролю, обліку, прогнозування використання ресурсів навколишнього середовища в транспортно-технологічній схемі.

Кількісна оцінка використання природно-енергетичних ресурсів, у тому числі повітря, є необхідним етапом переходу до керування відходоутворюючими потоками та їх рециклінгу.

Що ж до викидів в атмосферу, основними їх джерелами в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва є транспортні операції, пов'язані зі зберіганням, підготовкою основних шихтових матеріалів (таких як агломерат, кокс, вапняк, залізна руда), їх завантаженням в піч, видаванням продуктів плавки, процесами транспортування матеріалів, переробкою шлаку. Процес перетворення атмосферного повітря в аерогазопиловий потік супроводжує практично всі операції механічної обробки і переробки сировинних матеріалів на відкритих рудних дворах і складах доменного виробництва.

Для розробки метода оцінки витрат ресурсів навколишнього середовища на прикладі використання атмосфери в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва розглянемо утворення

аерогазопилового потоку при транспортуванні сировини і продуктів виробництва (ежекція повітряних мас матеріалом, що рухається, падає, пересипається). Відходоутворюючий потік при вивантаженні доменної шихти складається з двох частин: повітря, що витісняється, і пилу.

Запропонована методика визначення об'єму забрудненого пилом повітря при вивантаженні компонентів доменної шихти, рудних матеріалів і коксу включає наступні розрахунки:

- розрахунок сумарного обсягу первинного забруднення

$$V_1 = V_{вит} + V_{ежк} , \quad (4.15)$$

де $V_{ежк}$ - об'єм повітря, що ежектується шматками шихти, для коксу розміром більше 15 мм він складає 15 м³/т коксу, для рудних матеріалів - 10 м³/т шихти[72];

$V_{вит}$ - об'єм повітря, що витісняється при завантаженні, м³/т чавуну

$$V_{вит} = (m_{yд} / \gamma) (1 - \varepsilon) , \quad (4.16)$$

де $m_{yд}$ - питома витрата компоненту шихти на 1 т чавуну, кг/т;

γ - насипна густина компоненту шихти, кг/м³;

ε - порізність, м³/м³;

Концентрація пилу C_n в забрудненому повітрі може бути визначена

$$C_n = C_{вин} m_{yд} / (100 V_1) \quad (4.17)$$

де $C_{вин}$ - доля пилу, що виноситься, %,

$$C_{вин} = (d_{ен} / d_{max \text{ фр}}) c_m k, \quad (4.18)$$

де $d_{max \text{ фр}}$ – максимальний діаметр дрібної фракції;

c_m - вміст діаметр дрібної в %, що підлягає відсіву;

k – коефіцієнт віднесення, $k = 0,1$;

$d_{в.п}$ - діаметр пилу, що виноситься, визначений з умови витання [72]:

$$d_{в.п} = \sqrt{\frac{18\eta u}{\rho_s g}}, \quad (4.19)$$

де η – динамічна в'язкість повітря, Па·с;

ρ_s - уявна густина (коксу – 1000 кг/м³, рудних матеріалів-3400 кг/м³);

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

u - середня швидкість падіння, м/с:

$$u = \sqrt{gh/2} \quad (4.20)$$

где h – висота падіння, м.

Загальний об'єм повітря, що використовується, V_k визначається по умові забезпечення гранично допустимої концентрації (ГДК)

$$V_k = V_l C_n / ПДК \quad (4.21)$$

Результати розрахунку по формулах (4.9) – (4.15) показують, що при вивантаженні доменної шихти на 1 т чавуну неорганізовано викидається орієнтовно 1,1 кг рудного та 0,034 кг коксового пилу.

Об'єм повітря первинного забруднення пилоподібними відходами при вивантаженні коксу складає 8,983 м³, при вивантаженні рудних матеріалів - 18,55м³ [72].

Концентрація пилу в забрудненому повітрі складає: при вивантаженні коксу - 3,8 г/м³, при вивантаженні рудних матеріалів - 59,3 г/м³ [72]. Загальний об'єм повітря, що використовується, після розповсюдження пилоподібних відходів досягає 227 тис. м³/т чавуну [72].

4.4. Області резерву втрат сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі залежно від кліматичних умов.

На підставі досліджень в розділі 3 втрат сировинних матеріалів залежно від кліматичних умов, встановлені кордони областей резерву можливого їх зниження. Розглядаються дві області резервів: залежно від температури навколишнього середовища (рис. 4.5) і його вологості (рис. 4.6). Одночасно ці поля є певною мірою можливого підвищення або зниження рівня забруднення навколишнього середовища сировинними матеріалами в транспортно-технологічній схемі підготовки сировини доменного виробництва.

Області обкреслені кордонами: верхнім, тобто з найбільшими втратами сировини і нижнім, з найменшими втратами. Верхній кордон характеризує найбільші втрати сировини і відповідно більше забруднення довкілля, обумовлене збігом несприятливих кліматичних умов і тому він названий нами «песимістичним». Аналогічно нижній кордон отримав назву «оптимістичного»[114].

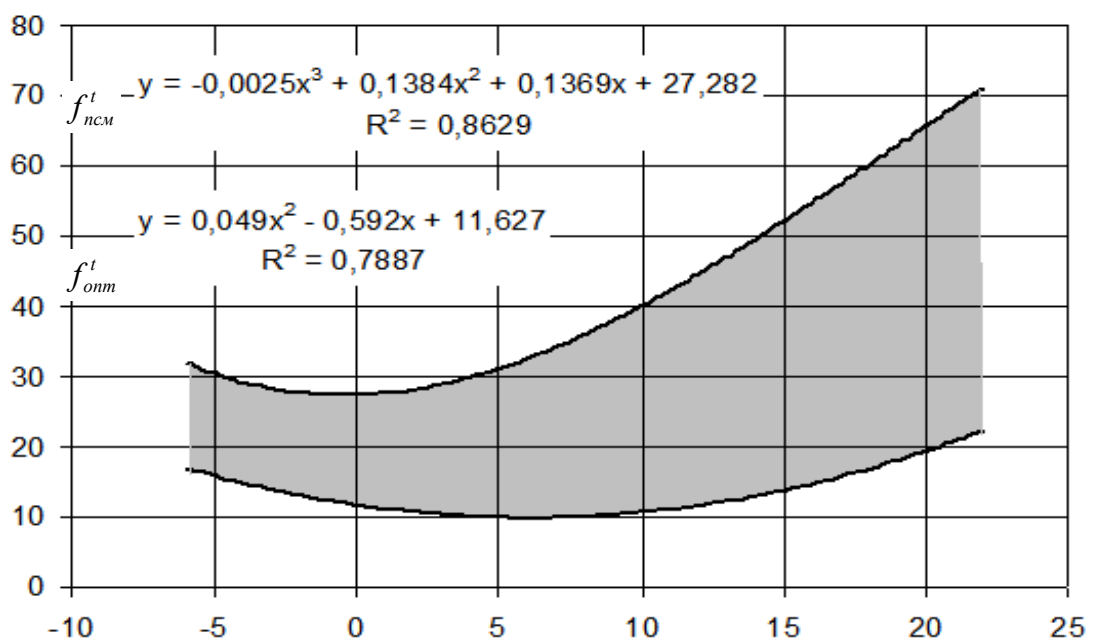


Рис. 4.5. Область резерву залежності величин втрат (кг/т) сировинних матеріалів від температури навколишнього середовища.

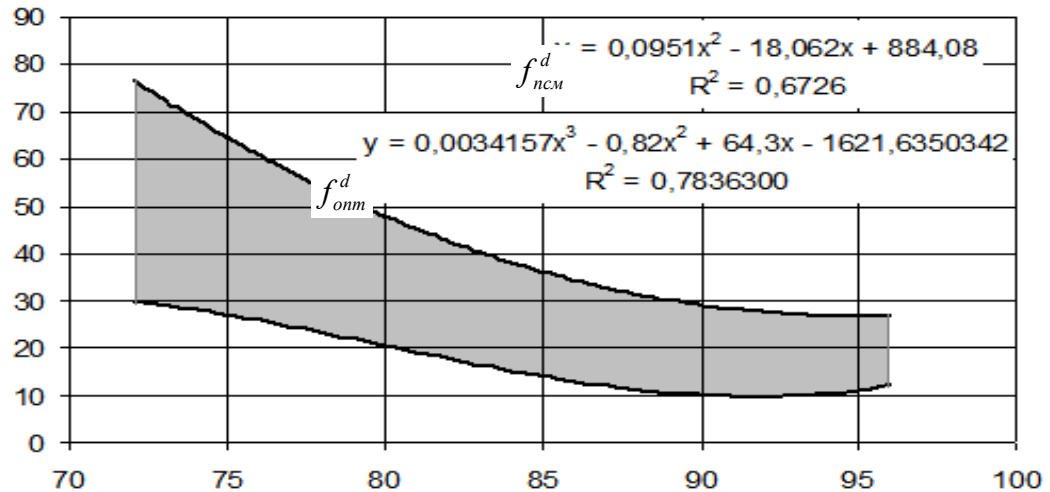


Рис. 4.6. Область резерву залежності величин втрат (кг/т) сировинних матеріалів від вологості навколишнього середовища

Прогнозні тренди для даних кордонів областей резерву втрат сировини в навколишнє середовище залежно від кліматичних умов мають наступні види:

- Песимістичний f_{nsm}^t і оптимістичний f_{onm}^t кордони областей резерву втрат сировини в навколишнє середовище залежно від його температури

$$f_{nsm}^t = -0,003x^3 + 0,14x^2 + 0,14x + 27,3; R^2 = 0,86, \quad (4.22)$$

$$f_{onm}^t = 0,05x^2 - 0,6x + 11,6; R^2 = 0,79 \quad (4.23)$$

де x – температура навколишнього середовища (або сировини).

- Песимістичний f_{nsm}^d і оптимістичний f_{onm}^d кордони областей резерву втрат сировини в навколишнє середовище залежно від вологості

$$f_{nsm}^d = 0,1x^2 - 18,1x + 884,1; R^2 = 0,67, \quad (4.24)$$

$$f_{onm}^d = 0,03x^3 - 0,8x^2 + 64,3x - 1621; R^2 = 0,78 \quad (4.25)$$

де x – вологість навколишнього середовища.

Розрив між оптимістичним і песимістичним кордонами в областях резерву втрат сировинних матеріалів в навколишнє середовище – це той резерв в організації ведення всієї транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, який слід використовувати для підвищення її техніко-економічної ефективності і захисту навколишнє середовище.

Якщо вважати, що площа розглянутих областей є відносною мірою оцінки додаткового забруднення навколишнього середовища втратами сировинних матеріалів залежно від кліматичних умов в транспортно-технологічній схемі підготовки сировини доменного виробництва, то величину цієї оцінки можна виразити:

- залежно від температури навколишнього середовища при здійсненні транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва

$$C_{\text{дзс}}^t = \int_{t_1}^{t_2} \frac{f_{onm}^t(x)}{f_{ncm}^t(x)} dx \quad (4.26)$$

- залежно від вологості навколишнього середовища при здійсненні транспортно-технологічної схеми доменного виробництва

$$C_{\text{дзс}}^d = \int_{d_1}^{d_2} \frac{f_{onm}^d(x)}{f_{ncm}^d(x)} dx \quad (4.27)$$

Названі області дозволяють прогнозувати розвиток транспортно-технологічної схеми підготовки сировини, а також рівня її забруднення залежно від показників температури і вологості сировини.

4.5 Енергозбереження при транспортуванні рідкої наливної сировини

Економія енергоресурсів є однією з головних задач, що стоять перед економікою України. Важлива роль в рішенні цієї задачі належить транспортуванню різних вантажів в транспортно-технологічній схемі. На його долю доводиться близько 10 % загального енергоспоживання металургійного підприємства.

В останнє десятиріччя по Україні в середньому за рік перевозилося близько 4,25 млн. т наливної сировини. При цьому на 1т вантажу, що транспортується, витрачалось 104 кВт·год електроенергії [137].

Підвищення вимог до захисту навколишнього середовища потребує оптимальних способів транспортування техногенно-небезпечної сировини в транспортно-технологічній схемі металургійного підприємства. До окремої категорії наливної сировини в транспортно-технологічному комплексі металургійних виробництв виділяються високотемпературні рідини (розплавлений чавун і йому подібні вантажі), які транспортуються або в межах самостійних промпідприємств, або поміж ними в межах 10 км.

Втрати при транспортуванні такої сировини відбуваються в результаті інтенсивного випаровування в процесі наливання, зливу і перевезення; витоків вантажу внаслідок негерметичності транспортних засобів й зливно-наливних пристроїв; скидання залишків вантажу в пунктах очищення транспортуючих засобів; випаровування в атмосферу легких фракцій рідкої сировини через нещільності в транспортуючих пристроях; унаслідок забруднення вантажу при вантажно-розвантажних і транспортно-складських операціях [142,143].

Має місце також неефективне використання енергоресурсів і прямих їх втрати внаслідок зниження якості транспортування, на відновлення рівня якого потрібні додаткові енергетичні витрати.

Ці безповоротні втрати уносять з собою енергію, витрачену на виробництво, зберігання і перевантаження сировини, що транспортується.

До енерговитратних при транспортуванні високов'язких наливних сировин відносяться мазут, бітум, технічне масло і подібні рідни.

Підвищена в'язкість знижує швидкість їх перекачування при вантаженні-вивантаженні, збільшує витрату енергії на вантажно-вивантажні операції і сприяє втратам продукту внаслідок налипання його на внутрішні поверхні транспортуючих засобів і трубопроводи.

Необхідно підігрівати ємності і трубопроводи, використовуючи в якості теплоносія гарячі рідини, пару або повітря, на подання котрих також витрачається енергія. Транспортні засоби обладнуються обігрівачами, наприклад підігрівальним кожухом, змійовиками всередині або зовні ємності, електронагрівальними трубчастими елементами і т. п., а також спеціальними вантажно-розвантажними пристроями [144, 145].

Все це веде до підвищеної витрати електричної і теплової енергії з-за втрат в навколишнє середовище через теплову огорожу транспортуючих пристроїв, до додаткової витрати матеріалів, що вимагає певних витрат енергоресурсів. Технічне обслуговування таких транспортуючих пристроїв також досить енергоємне.

Найбільш високими енергетичними витратами відрізняється транспортування металургійної сировини, названої рідинами.), що тверднуть, (з температурою плавлення - затвердіння в межах +80...+300 °С: пік, сірка, нафталін та інші, які виробляються і споживаються, як правило, в розплавленому вигляді, а перевозять їх в рідкому, грудковому, порошкоподібному, гранульованому і інших станах.

Крім того, такі вантажі представляють найбільшу техногенну небезпеку для навколишнього середовища в транспортно-технологічній схемі металургійного підприємства.

Під час переходу рідин в інший агрегатний стан в процесі транспортування відбуваються небезпечні для навколишнього середовища витоки. Таким чином, потрібні додаткові енергетичні витрати, необхідні для вирішення багатьох складних еколого - енергетичних питань [11].

При транспортуванні високотемпературних рідин основним завданням є підтримка їх потрібної температури; для цього необхідні енергоємне технологічне обладнання і засоби транспортування. Здійснення енергозберігаючих заходів, у свою чергу, вимагає додаткових енерговитрат.

Ефект E_{ϕ} від енергозберігаючих заходів в транспортно-технологічній схемі виражається багатофакторною функцією [11]

$$E_{\phi} = f(N, T, L, A, G) \rightarrow \max, \quad (4.28)$$

при $Z_e < Z_n$, нормованих $\rightarrow \min$

де N - економічні результати впровадження нової техніки і технології;

T - вибір раціонального режиму роботи;

L - використання методів логістики в управлінні роботою транспорту;

A - можливість освоєння альтернативних джерел енергії;

G - рівень виключення втрат вантажу в навколишнє середовище;

Z_e - міра забруднення навколишнього середовища;

Z_n - допустимий рівень забруднення.

Аналіз енерговитрат і основних причин їх утворення показує, що одним з важливих напрямів економії енергоресурсів може стати раціональна організація переміщення високотемпературної наливної сировини, яка відрізняється від інших подібних сировин найбільшим споживанням енергії при транспортуванні.

Крупномасштабний ефект в енергозбереженні може бути досягнутий лише в результаті системного аналізу транспортного процесу і своєчасного впровадження нової технології, техніки і системи управління, що підвищують якість перевезень і всіх транспортно-технологічних процесів, що забезпечують оптимізацію.

4.6. Приклад практичної реалізації розробленого методу підвищення ефективності використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва

У сучасних умовах дефіциту природно-енергетичних ресурсів, обмеженості матеріальних і економічних засобів, складних екологічних обставин на транспорті і в металургійній галузі питання раціонального використання ресурсів і захисту довкілля відіграють важливу роль у розвитку економіки України.

Особлива роль у цьому питанні відводиться промисловому транспорту, на якому близько 96% зароджується і 84% гаситься з усього потоку вантажів що перевозяться магістральним залізничним транспортом.

Враховуючи, що масова доля транспорту в сумарному викиді усіх забруднюючих речовин у довкілля усіма антропогенними джерелами складає на рік близько 60%, питання захисту довкілля на промисловому транспорті повинні ставитися гостріше, ніж в інших галузях промисловості [8].

Основу енергоресурсозбереження і захисту довкілля на промисловому транспорті доменного виробництва представляє глибоке системне вивчення транспортно - технологічних процесів з аналізом економічної значущості усіх їх складових [9].

У роботі виконано аналіз і оцінка витрат і природи втрат сировинних матеріалів у довкілля в процесах і на об'єктах транспортно-технологічної схеми переміщення сировини від зовнішнього транспорту до доменної печі і руху від неї готової продукції і відходів доменного виробництва.

Розроблений на цій основі метод підвищення ефективності використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва, в основу якого покладено облік елементів транспорту і оцінку на багатокритеріальній основі структурованих витрат енергетичних і природних ресурсів, дозволяє розробити рекомендації з вибору напряму вдосконалення елементів промислового транспорту.

Величину втрат в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва визначаємо на підставі досліджень природи їх утворення.

Дослідженнями встановлено, що при транспортуванні твердого палива, рудних концентратів і інших сипких вантажів у відкритих об'єктах транспорту у безвітряну погоду над поверхнею штабелю виникає "вугільна заметіль". Втрати вугілля від видування при перевезенні у відкритих транспортних засобах досягають, наприклад, з піввагона від 2,5 до 3,5 кг на 1 км шляху. При цьому, 45% втрат доводиться на течі і 55% на видування. Для залізорудного концентрату втрати від течі складають 65% і від видування 35% загальних втрат [14].

Залежно від пори року залізорудний концентрат подається до транспортування з вологістю 1 - 12 % і більше. У літній період вологість коливається в діапазоні від 6 до 12%, а в зимовий від 0 до 6 %. При вологості більше 17 % рудний концентрат набуває властивість рідини і витікає в конструктивні проміжки транспортного засобу [14].

Дослідженнями [14] в експлуатаційних умовах встановлено, що при перевезенні сипких вантажів на відкритому рухомому складі виділяють три види втрат, що відрізняються як за природою виникнення, так і з абсолютних розмірів:

- витікання вантажу в конструктивні проміжки і нещільність кузова вагону;
- видування дрібних фракцій повітряним потоком;
- осипання крупних часток, що навантажені вище за борти.

У середньому після пропуску 98 вугільних маршрутів (один маршрут транспортує близько 3000 т вугілля) із швидкістю 60-80 км/год упродовж залізничного шляху осідає близько 20 г/м² вугільної дрібниці на відстані 5 м від осі шляху в обидві сторони.

Втрати агломерату пов'язані з операціями перевантаження, тертя в рухомому складі, а також при вантаженні-вивантаженні, подрібненні і розсипі від сил тяги і при гальмуванні, від ударів на рельсових стиках і

стрілочних переведеннях, геометричній нерівності шляху, метеорологічних умов, технічного стану транспортуючих засобів, рівня різновисокості конвеєрних стрічок у вузлах пересипання, тощо.

Втрати коксу при переміщеннях на промислових майданчиках складають 2%, загальні втрати від розсипу досягають 0,1% на 1 км шляху. На металургійному заводі ім. Ілліча в пункті вивантаження на один вагон втрати коксу в докільля складають 35-50 кг або 0,1 %. Крім того, після вивантаження, втрати коксу у вигляді залишку в піввагоні на його конструктивних елементах, у тому числі на нерівностях розвантажувальних люків, можуть складати до 60 кг [48].

Необхідно відзначити, що економія коксу в доменному виробництві є однією з найважливіших проблем. Для цього підвищують температуру гарячого дуття, подають у піч мазут, природний газ, пиловугільне паливо. Ці заходи дозволяють економити 2 % - 3 % коксу, або до 20 кг коксу на 1 тонні чавуну [48], що порівняно з втратами при розвантаженні одного піввагона.

Аналіз даних, розробленої в розділі 3 роботи граф-топологічної схеми підготовки металургійної сировини і вивезення продукції доменного виробництва з витратами, рис 3.17, показує, що найбільш витратними з енергоресурсів є етапи, пов'язані з вантаженням-вивантаженням.

Наприклад, етап №29 "вантаження і перевезення у піввагоні дрібниць коксу" (витрати 1,02 ум. од. ціни), етап № 31, на якому відбувається вантаження і перевезення у піввагоні на переробку в агломераційний цех доменного пилу (4,17 ум. од. ціни), а також етапи №№ 5,7 витрати енергії на яких оцінюються в 4 ум.од ціни.

Тому, особа, що приймає рішення (експерт), віддає перевагу цим етапам з пріоритетності вдосконалення на них об'єктів і процесів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, в основу якого покладено експертне ранжиування на багатокритерійній основі для визначення значущості процесів і об'єктів, що вимагають першочергового удосконалення і інвестування.

Дослідженнями в розділі 4.4 (рис. 4.5 і рис. 4.6) встановлені області резерву витрат сировинних матеріалів в транспортно-технологічній схемі залежно від кліматичних умов, з яких слідує значущості, можливості, напрями і шляху вирішення проблеми з зниження витрат природно-енергетичних ресурсів на 5-10% [11,14,48].

Враховуючи ці значення і виходячи з областей резерву (рис. 4.5 і рис. 4.6) можна припустити, що за рахунок логістичного підходу, що враховує сезонність і кліматичні умови транспортування у взаємозв'язку магістрального і промислового транспорту, зниження втрат в межах полів резерву на 10 % дозволить зменшити втрати сировини у кількості близько 10 кг/т.

Одним з шляхів вирішення питань зменшення втрат сировини і захисту довкілля на промисловому транспорті слід рахувати створення закритих, транспортно-технологічних способів вантаження, перевезення, розвантаження, зберігання вантажів і очищення об'єктів промислового транспорту від залишків сировини [8,9,48].

Так, щоб уникнути виділення пилу з бункеру, його покривають кожухом, з якого відсмоктують запилене повітря в кількості, що перевищує об'єм повітря, захопленого матеріалом, що завантажують, а також що витісняється з бункеру і підсмоктується у бункер через усю нещільність. Застосування вантажних живильників дозволяє понизити кількість повітря, що відсмоктується з-під кожуха, з 255 до 400 м³/год [50].

В якості інноваційного рішення у цьому напрямі рекомендується на основі досліджень [48] застосувати видане на ім'я металургійного заводу ім. Ілліча і Ждановського металургійного інституту А.С. №1008037 на винахід "Пристрій для зовнішнього очищення залізничних вагонів", застосований в промисловому транспорті, який дозволяє в закритій камері робити очищення від залишків коксу зовнішніх частин вагону зі збором пилу і зменшенням його виділення в атмосферу, а також відсмоктуванням запиленого повітря,

що припускає зниження до 8% втрат сировинний матеріалу в транспортно-технологічній схемі [48].

Таким чином, впровадження розробок у нашій роботі дозволить понизити витрати природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва більш ніж на 6-10 %.

Вдосконалення технології доменного виробництва потребує збільшення витрат природно-енергетичних ресурсів транспортно-технологічної схеми, що знижує ефективність самого промислового транспорту заради досягнення більш високої загальної ефективності основного виробництва.

У такому разі певну частину загальної ефективності основного виробництва слід віднести на промисловий транспорт цього виробництва. Цьому сприяє відповідний облік і оцінка витрати природно-енергетичних ресурсів на транспорті.

Наприклад, для підвищення ефективності роботи доменної печі потрібні певні режими подання сировинних матеріалів.

Так, при зміні послідовності циклу подання шихтових матеріалів під час переходу на так звану "частково осьову систему подання шихти", в якій кокс обов'язково подається в останньому завантаженні, фактична витрата коксу знижується з 723 до 626 (тобто на 97) кг/тонну чавуну (що складає 12%), а добове виробництво чавуну збільшується з 1699 до 2054 (тобто на 355) тонн чавуну (або на 20%), що становить середньогодинний додатковий приріст випуску чавуну близько 15 кг/т. Загальна економічна ефективність основного виробництва за рік складає при цьому 48,8 тис. ум. од. ціни [115].

Перехід на новий режим роботи транспортно-технологічної схеми доменного виробництва вимагає відповідного ритмічного і стабільного подання сировини до доменної печі, що супроводжується збільшенням витрат природно-енергетичних ресурсів. Забезпечення промисловим транспортом певної ритмічності і безперервності основного виробництва при збільшенні об'ємів його роботи досягається за рахунок суміщення певних

його операцій, що призводить до збільшення витрат природно-енергетичних ресурсів на самому транспорті.

Аналізуючи дані рис. 3.19 і рис. 3.20 бачимо, що суміщення операцій на промисловому транспорті призводить до збільшення витрат природно-енергетичних ресурсів протягом 15 годин на 36,7 ум. од. ціни (на 16,2 %), що складає 2,4 ум. од. ціни/ годину.

Отриманий в результаті удосконалення технології завантаження доменної печі, приріст випуску чавуну $P_{\partial} = 15$ кг/годину (при вартості чавуну $C_{\text{ч}} = 4$ ум. од. ціни/кг), не вимагає зміни витрати шихтових матеріалів, але супроводжується додатковими витратами природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі у розмірі $C_{\partial} = 2,4$ ум. од. ціни/годину.

Доля транспортної складової в собівартості чавуну може бути прийнята $C_{mc} = 6$ % [49]. Економічний «дотаційний» ефект E_{mc} , віднесений на промисловий транспорт доменного виробництва, може скласти :

$$E_{mc} = P_{\partial} * C_{\text{ч}} * C_{mc} - C_{\partial} = 15 * 4 * 0,06 - 2,4 = 1,2 \text{ ум. од. ціни/кг чавуну} \quad (4.29)$$

Якщо підвищення загальної ефективності доменного виробництва супроводжується збільшенням витрат природно-енергетичних і сировинних ресурсів на промисловому транспорті, то запропонований метод дозволяє оцінити долю «дотаційної» ефективності, що доводиться на промисловий транспорт і виразити це як підвищення його ефективності.

Запропонований в роботі метод підвищення ефективності використання природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті може знайти застосування і в інших галузях промисловості.

Висновки по розділу 4.

1. Сформульовано метод встановлення закономірностей і визначення рівня фактичних витрат сировинних матеріалів у вигляді їх втрат в навколишнє середовище на різних етапах транспортно-технологічної схеми підготовки сировини доменного виробництва, який дозволяє встановлювати пріоритетні напрями розвитку конкретних технологій і об'єктів процесу, з метою зменшення витрат сировини, ресурсозбереження і підвищення ефективності промислового транспорту доменного виробництва.

2. Запропоновано метод структуризації етапів транспортно-технологічної схеми підготовки сировини на логістичні потоки і складові їх технології і об'єкти, з ранжируванням і техніко-економічною експертною оцінкою результатів функціонування транспортно-технологічної схеми, який дозволяє практично розглянути всю названу транспортну схему на предмет значущості її складових і ухвалення рішень з енергоресурсозбереження і підвищення ефективності промислового транспорту доменного виробництва.

3. Розроблені області резерву залежності величин втрат сировинних матеріалів від температури і вологості навколишнього середовища в транспортно-технологічній схемі, дозволяють прогнозувати розвиток названої схеми, з орієнтацією на максимальні і мінімальні втрати сировини в навколишнє середовище і енергоресурсозбереження.

4. Розроблені методичні основи логістичного підходу, що враховує структурний взаємозв'язок параметрів процесів і об'єктів в транспортно-технологічній схемі підготовки сировини доменного виробництва, дозволяють більш повно оцінити використання природно-енергетичних ресурсів, а також намітити шляхи підвищення ефективності промислового транспорту з врахуванням захисту навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і запропоновано нові науково обґрунтовані розробки у вирішенні науково-технічного завдання підвищення ефективності промислового транспорту металургійного виробництва та енергоресурсозбереження на основі обліку й оцінки закономірностей та залежностей формування витрат і використання енергетичних та природних ресурсів, а також встановлення пріоритетного розвитку за цими ознаками процесів і об'єктів транспортно-технологічної схеми підготовки сировини і транспортування продукції доменного виробництва.

Основні висновки і результати виконаних досліджень та наукових розробок полягають у такому.

1. На основі вивчення транспортно-технологічної схеми доменного виробництва, з одночасним оглядом показників і методів обліку та оцінки витрат природно-енергетичних і трудових ресурсів, втрат сировини, а також захисту довкілля виявлено, що в транспортно-технологічній схемі при транспортуванні сировини і продукції виробництва недостатньо вивчені облік і оцінка витрат природно-енергетичних та трудових ресурсів на конкретних етапах, об'єктах і процесах транспортно-технологічної схеми, що не дозволяє достатньою мірою визначити пріоритетність розвитку її складових та підвищити ефективність, у зв'язку з чим потрібна розробка відповідних методів на багатокритерійній основі, що дозволяють урахувати різномірні, інколи суперечливі, показники й критерії.

2. При проведенні теоретичних досліджень встановлено, що існуючі методи обліку і оцінки витрат природно-енергетичних і трудових ресурсів, втрат сировинних матеріалів у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва в основному носять узагальнений характер, тобто охоплюють виробництво загалом, але не досить розроблені для конкретних етапів

транспортно-технологічної схеми і складових її об'єктів і процесів.

Це приводить до істотних протиріч в інтересах учасників виробництва, особливо в організації інноваційних рішень щодо вдосконалення вимог до процесів і об'єктів транспортно-технологічної схеми, а також до незбалансованості енергоресурсоспоживання та захисту довкілля на промисловому транспорті металургії.

3. Вперше розроблено метод підвищення ефективності й енергоресурсозбереження промислового транспорту металургійного виробництва, в основу якого покладені облік деталізованих елементів транспорту й оцінка структурованих витрат енергетичних і природних ресурсів, закономірностей та залежностей їх формування, що дозволяє встановити напрями пріоритетного розвитку процесів та об'єктів транспортно-технологічної схеми доменного виробництва.

4. На основі експериментальних даних чинної транспортно-технологічної схеми металургійного виробництва запропоновано прогностичні трендові моделі, які дозволяють на практиці встановити на об'єктах і технологіях транспортного процесу витрати природних ресурсів залежно від просторово-часових чинників.

5. Отримав подальший розвиток метод ранжування за участю експерта (особи, що приймає рішення), шляхом представлення промислового транспорту доменного виробництва як сукупності логістичних потоків (енергетичного, економетричного та ін.) з деталізацією на етапи (виробник-транспорт-споживач), процеси (вивантаження, складування тощо) і об'єкти, розподіливши останні на багатокритеріальній основі за ступенем переваги, яка їм віддається, що дозволяє виявити пріоритетність їх розвитку з урахуванням закономірностей функціонування і раціональних параметрів об'єктів і технологій. Для цього запропоновано основні критерії ранжування і визначення значущості процесів і об'єктів відходоутворюючих потоків у транспортно-технологічній схемі підготовки сировини доменного виробництва.

6. Установлені діапазони резерву залежності величин втрат природно-енергетичних і сировинних ресурсів від кліматичних чинників (температури і вологості навколишнього середовища) у транспортно-технологічній схемі доменного виробництва дозволяють коригувати розвиток промислового транспорту доменного виробництва з орієнтацією на мінімальні й максимальні витрати ресурсів. При використанні логістичного підходу, що враховує сезонність та кліматичні умови транспортування у взаємозв'язку магістрального і промислового транспорту, це сприяє зниженню втрат в межах областей резерву на 10 %, що відповідає зменшенню втрат сировини близько 10 кг/т.

7. Практичне використання результатів досліджень дозволяє знизити витрати природно-енергетичних ресурсів на промисловому транспорті доменного виробництва більш ніж на 6-10%, що підтверджено розглядом реалізації одного з варіантів розробленого методу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
2. Акоф Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сосиени [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1971. – 534 с.
3. Амелинг Д. Эффективное использование ресурсов - хороший аргумент для стали / Д. Амелинг, Г. Эндельманн – М.: Черные металлы, 2008. – С. 73–81.
4. Андоньев С.М. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии / С.М. Андоньев, О.В. Филиппев [Изд-е 2-е, перераб и доп.] – М.: Металлургия, 1979. – 192 с.
5. Аникин Б.А. Логистика: Учеб. пособ. / Б.А. Аникин -М.: ИНФРА,1997.-237с.
6. Бабушкин Г.Ф. Повышение эффективности систем управления процессами заводских перевозок безрельсовым колесным транспортом: Дисс. докт. техн. наук: – 05.22.12; – Защищена 29 декабря 2003 г.– Запорожье, 2003. – 358 с.
7. Бейгул О.А. Научное обоснование рациональных параметров несущих систем технологических платформ для промышленного транспорта:Дисс. докт. техн. наук: – 05.22.12; – Луганск, ВНУ, 2007.–350 с.
8. Берестовой А.М. Эколого-энергетическая эконометрия транспорта затвердевающих жидкостей: [Монография] / Берестовой А.М. – Мариуполь: ПГТУ, 1997. – 98 с.
9. Берестовой А.М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей: Дисс. докт. техн. наук: – 05.22.12; – Луганск, ВУНУ, 2002. – 542 с.
10. Берестовой А.М., Андрищенко Д.В., Анализ потерь сырьевых материалов в системе "производство-транспорт-потребление" Приазовского

региона. / А.М Берестовой, Д.В.Андрющенко // Сб. докл. Междунар. науч. практ. конф. "Логистика Приазовья - евротехнология материальных потоков"). - Мариуполь, ПГТУ, 1998. – С. 13-15.

11. Берестовой А.М., Андрющенко Д.В. Исследование потерь сырьевых материалов в окружающую среду при их транспортировке в металлургической промышленности /А.М.Берестовой, Д.В.Андрющенко // Вестник Приазовского гос. техн. ун-та: Сб. научн. тр.: Вып. 5. - Мариуполь, 1998, - С. 330-332.

12. Берестовой А.М., Лямзин А.А. Метод прогнозирования числа отказов подвижного состава промышленного транспорта/А.М.Берестовой, А.А. Лямзин // Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр.- Мариуполь, 2001.–Вып.11.- С. 281-283.

13. Берлянд М.Е. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Берлянд М.Е., Сидоренко.Г.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 448 с.

14. Бешкетто В. К. Перевозка без потерь / В. К. Бешкетто. – М., Знание, 1975. - 64 с.

15. Білявський Г. О. Основи екології: підручник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.

16. Брагин Б.Ф. Нечаев Г.И. Проблемы функционирования транспортно-складских комплексов предприятий в условиях неустойчивых производственно - экономических отношений / Брагин Б.Ф., Нечаев Г.И. – Луганск: ВУГУ, 1998. – 321 с.

17. Бретшнайдер Б. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль. / Бретшнайдер Б., Курфюрст И. [пер. с англ.] – Л.: Химия, 1989. – 288 с.

18. Буторина И.В. Основы устойчивого развития металлургического производства / Буторина И.В. – Донецк: Каштан, 2005. – 332 с.

19. Ветров В.А. Базовые уровни и миграционная способность микроэлементов в незагрязненных пресных и ультрапресных водах суши

(обзор) / Ветров В.А., Белова Н.И. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М., 1979. – Т. 2. – С. 24–31.

20. Водный кодекс Украины. // К., N. 214 / 95 - ВР, 06.06.95, ВВР, 1995. – 44 с.

21. Волошин В. С. Природа отходообразования (в приложении к управлению отходами) / Волошин В. С. – Маруполь: Рената, 2007. – 666 с.

22. Волошин В.С. Механизмы образования отходов углерода в металлургии/ В.С. Волошин, О.А. Хлестова // Вісник Приазов. держ техн. ун-ту – Маріуполь, 2009. – Вип. №19. – С. 293 – 295.

23. Вопросы анализа и процедуры принятия решений / Под редакцией И.Ф.Шахова // Сборник переводов. – М.: Мир, 1976. – 232 с.

24. Временная отраслевая инструкция о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) и проектов (рабочих проектов) строительства новых, реконструкции, расширения и технического перевооружения действующих металлургических предприятий (ОВОСмет). Утверждена Минметом СССР 30 мая 1991 года, согласована Госкомприродой СССР 30 мая 1991 года. – М.: Минмет, 1991. – 12 с.

25. Вронский В. А. Прикладная экология: Учебное пособие / Вронский В. А. - Ростов н/Д.: Феникс, 1996. – 512 с.

26. Гаев А.Я. Экологические основы строительного производства: Учебн. Пособие / Гаев А.Я., Наружная В.Н., Забылин М.И. и др. – Свердловск: Изд-во Урал. Ун-та, 1990. – 180 с.

27. Гельман А.С. Промышленный транспорт. Справочник проектировщика / А.С.Гельман, С.Д. Чубарова.-М.: Стройиздат, 1984.-415с.

28. Герасимович В.Н. Методология экономической оценки природных ресурсов / Герасимович В.Н., Голуб А.А. – М.: Наука, 1988. – 144 с.

29. Гильденскиольд Р.С. Санитарная охрана атмосферного воздуха городов / Р.С. Гильденскиольд, М.К. Недогибченко, М.А. Пинигин, Фельдман Ю.Г. – М.: Медицина, 1976. – 168 с.

30. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках / Н.Г. Гиршович – М.: Машиностроение, 1966. – 562 с.
31. Глухов В.В. Экономические основы экологии: Учебник для ВУЗов / В.В. Глухов, Т.В. Лисочкина, Т.П. Некрасова– СПб: «Специальная литература», 1997. – 304 с.
32. Гнідий М.В. Метод розрахунку повних енергетичних витрат на виробництво продукції / М.В. Гнідий, Г.О. Куц, Д.А. Терещук // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1997. – № 5. – С. 67 – 72.
33. Голубенко А.Л. Охрана труда в машиностроительном производстве / А.Л. Голубенко– Луганск: Изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В.Даля. – Луганск, 2010. – 461 с.
34. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Андрей Эдливич Горев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.
35. Губенко В.К. Общий курс промышленного транспорта: учебник для вузов / В.К. Губенко, В.Э. Парунакян. – М.: Транспорт, 1994. – 199 с.
36. Губенко В.К. Обеспечение готовности заводских парков цистерн в транспортно-технологических системах доставки грузов: Дисс. докт. техн. наук: – 05.22.12– Мариуполь, ММИ, 1990. – 468 с.
37. Губенко В.К. Цистерны: Справоч. пособие / В.К. Губенко, А.П. Никодимов, Г.К. Жилин и др. – М.: Транспорт, 1990. – 151 с.
38. Губенко В.К. Логистика: Учебное пособие / Губенко В.К. – Мариуполь: ПГТУ, 1996. – 252 с.
39. Губенко В.К. Логистический подход к транспортировке техногенно - опасных грузов. / В.К. Губенко, А.М. Берестовой // Зб. доп. 3 Міжнар. Наук. - практ. конф.: "Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики" (Транспорт + Логістика. Інтер Склад '2001). – Київ: Автоекспо, 2001. – С. 138 – 142.

40. Губенко В.К. Логистика отходов в мегаполисе / В.К. Губенко, А.А.Лямзин, М.В.Помазков, О.В.Губенко //Матер.11 междун.научн.-практ. конф.–К.:Министерство транспорта и связи Украины,2009.–С.172–178.
41. Дмитриев В. А. Экономика промышленного железнодорожного транспорта / Дмитриев В. А. – М.: Транспорт, 1981. – 293 с.
42. Дождевая тень [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
43. Дайле А. Практика контроллинга / А. Дайле [Пер. с нем.]. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 336 с.
44. Дальский А.М. Технологическое исследование и направленное формирование эксплуатационных свойств изделий машиностроения / А. М. Дальский, А. С. Васильев, А. И. Кондаков // Известия вузов. – М.: Машиностроение, 1996. – № 10. – С. 70 – 76.
45. Данилочкина Н.Г. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Под ред. Н.Г. Данилочкиной. – М.: ЮНИТИ, 2004. – 279 с.
46. Дегтярев В.И. Исследование операций: учебное пособие / В.И. Дегтярев. – М.: Высш. шк., 1986. – 320 с.
47. Джонсон Д. Современная логистика: Пер. с англ. / Д. Джонсон, Д. Вуд, Д. Варлоу и др. – М.: Вильяме, 2005. – 624 с.
48. Динченко Н.А. Исследование потерь сыпучих грузов при железнодорожных перевозках и выгрузке в условиях завода. Тема НИР 28/30. Рук. Динченко Н.А. – Жданов, ЖдМИ, 1980. – 32 с.
49. Дмитриев В. А. Экономика промышленного железнодорожного транспорта / Дмитриев В. А. – М.: Транспорт, 1981. – 293 с.
50. Драбина К.И. Борьба с выбросами пыли из отвалов, складов, шихтовых дворов / Драбина К.И., Герчик М.Г., Гольдин Ш.Л. и др. // Ин-т "Черметинформация" – М., 1984. – Вып.36 (215). – 30 с.
51. Елагин Б. Т. Основы экологии городской застройки: учебное пособие / Б. Т. Елагин. – К.:УМК ВО, 1990. – 56 с.

52. Ерофеев Н.М. Автоматика и автоматизация портовых перегрузочных процессов / Н. М. Ерофеев, Л. А. Орлов – М.: Транспорт, 1973. – 269 с.

53. Железоуглеродистый брикет оптимального состава / В.В.Ожогин и др. // Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту: зб. наук. пр.- Маріуполь, 2004.- Вип № 14.- с.26-29.

54. Зайцев В.С. Влияние массы чугуна на его конечную температуру при транспортировке в чугуновозных ковшах / В.С Зайцев, М.Ю. Дубовкина. // Теория и практика металлургии, 2001. – № 6. – С. 8 – 10.

55. Зайцев В.С. К вопросу моделирование потерь тепла в чугуновозном ковше / В.С. Зайцев, М.Ю. Дубовкина // Вісник Приазов. держ техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2001. – Вып. 11. – С. 259 – 262.

56. Защита окружающей среды от выбросов предприятий черной металлургии. – М., Металлургия, 1981. – 112 с.

57. Иванцова Н.И. Ресурсосбережение и экологическая политика в металлургическом комплексе / Иванцова Н.И., Хайрутдинов Р.К. // Вопросы экономики. – М., 1990. – № 11. – С. 85 – 91.

58. Израэль Ю. А. Проблемы охраны природной среды и пути их решения / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 48 с.

59. Карпова Н.И. Научно-технический прогресс и проблема физических факторов производственной среды / Карпова Н.И. // Проблемы изменения влияния научно-техн. прогресса на экономические показатели производства. – Л., 1983. – 142 с.

60. Климов А.В. Особенности миграции химических элементов в почвах и растительном покрове стационарных наблюдений сети экологического мониторинга бассейна реки С. Донец в зоне интенсивного воздействия Змиевской ГРЭС / Климов А.В., Подоба И.М. // Методология экологического нормирования: Материалы Всесоюзной научной конференции. – Харьков, 1990. – С. 37 – 39.

61. Кобринский Н.Е. Введение в экономическую кибернетику/ Н.Е. Кобринский, Е.З. Майминас, А.Д. Смирнов–М.: Экономика, 1975. – 343 с.
62. Коваленко Г. Д. Возможности использования системного и ландшафтного анализа для комплексной экологической оценки влияния техногенных объектов на окружающую среду / Г. Д. Коваленко, С. А. Сегеда // Проблемы охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки : зб. наук. пр. УкрНДІЕП. – Х., 2009. – С. 29 – 37.
63. Корн Г. Исследование сложных систем по частям (Диакоптика) / Г.Корн. [перев. с англ.]. – М.: Наука, 1972. – 542 с.
64. Корчагин В.А. Ноосферологические подходы при управлении процессами перевозок материальных ресурсов металлургического комбината / В.А. Корчагин, [и др.] // Вісник Донецького ін-ту автомоб. трансп. – 2009. – №1. – С. 136-141.
65. Костенецкий К.П. Развитие транспорта в металлургии: Вопросы генерального плана и транспорта металлургических заводов / К.П. Костенецкий– М.: Металлургиздат, 1963. – 332 с.
66. Кравец В.А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна / В.А. Кравец.-Донецк: УкрНТЕК, 2002. – 186 с.
67. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты / В.А. Красилов – М.: Институт охраны природы и заповедного дела, 1992. – 174 с.
68. Кузин А.К. Экономика качества воды. Оптимизация макрорешений / Кузин А.К. // Социально-экономические, организационно-правовые и педагогические аспекты охраны окружающей среды. – Варшава, 1984. – С. 185 – 203.
69. Куликов Ю.А. Системы охлаждения, вентиляции и отопления автомобилей: монография / Ю.А.Куликов, М.В. Грибиниченко, А.В. Гончаров. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. – 248 с.
70. Кучерявий В. П. Урбоекологія: Підручник / В. П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2001. – 440 с.

71. Курский А. Страсти по ренте / А. Курский, В. Подмаско // Нефть России – М., 2003. – С. 88-91.

72. Литвиненко В.П., Берестовой И.О. К методу оценки взаимосвязи внутрицилиндровых процессов с эффективностью работы двигателей внутреннего сгорания/ В.П. Литвиненко, И.О. Берестовой // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.- Луганськ: СНУ ім. В. Даля - № 6(177), ч.1 -2012. –С. 216-221.

73. Литвиненко В.П Теоретические аспекты механизмов образования оксидов азота при сгорании топливовоздушной смеси в судовых дизелях/ В.П. Литвиненко, И.О. Берестовой Крючкова Е.Н. // Наук. вісн. Херсон. держ. морськ. акад.- Херсон: ХДМА,- №2(7), - 2012. -С. 102-107.

74. Лобас М.Я. Промислове виробництво графіту та графітових препаратів на Маріупольському графітовому комбінаті / М.Я.Лобас, М.В. Кабанов, В.О. Маслов // Хімічна промисловість України, 1994. – №4. – С. 49– 54.

75. Логика и методология системных исследований: Монография. / Под ред. А.И. Уемова. – Киев-Одесса: "Вища школа", 1977. – С. 126 – 127.

76. Маслов В.А. Магнитный композиционный материал из отходов производства / В.А. Маслов, Е.А. Капустин, Т.Ф. Маслова и др. // Порошковые магнитные материалы. – К., 1987. – С. 29 – 33.

77. Маслов В.А. Дифференциальный термический анализ кинетики карботермического восстановления дисперсных железграфитовых отходов металлургического производства / В.А. Маслов и др. // Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту: зб. наук. пр. – Маріуполь, 2003. – Вип 13. – С. 76–79.

78. Маслов В.А. Особенности подготовки к переработке дисперсных железграфитовых отходов отделения десульфурации / В.А. Маслов, Л.А. Трофимова, Л.А. Дан // Вісник Приазов. держ техн. ун-ту: зб. наук. пр. – Маріуполь, 2010. – Вип 20. – С. 144 – 148.

79. Математическая энциклопедия: Словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 847 с.

80. Матросов В.М. Математическое моделирование экономических показателей эволюции транспортного комплекса и проблема устойчивости развития / В.М. Матросов, Ю.К. Поносов, С.А. Савушкин и др. – М.: ВИНТИ, 1995. – №1. – С. 31 – 37.

81. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. – М.: Минэкологии, 1994. – 72 с.

82. Методические рекомендации по оценке экологического ущерба от загрязнения окружающей среды.– Мариуполь, Сумы: СФТИ, 1991.–61 с.

83. Мещерякова Н.И. Утилизация железосодержащих отходов при производстве окатышей за рубежом / Н.И. Мещерякова, О.Ф. Корякова // Бюллетень ЦНИИЧМ. – 1985. – №9. – С. 8 – 15.

84. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. –М.: Дрофа, 2003. – 624 с.

85. Нильсон Н.Дж. Искусственный интеллект. Методы поиска решений / Н. Дж. Нильсон [Перевод с англ.]. – М.: Наука, 1973. – 270 с.

86. Носко П.Л. Тексты лекций по дисциплине «Теория механизмов и машин» для студентов ВУЗов / П.Л. Носко, П.В. Филь, Н.В. Манько, В.Е. Шисман – Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2002. – 122 с.

87. Ожогин В.В. Изучение восстановимости шламоуглеродистых брикетов / В.В. Ожогин и др. // Вісник Приазов. держ техн. ун-ту: зб. наук. пр.- Мариуполь, 2004.- Вип № 14.- С.30-33.

88. Олдак П.Г. Равновесие природопользования: Взгляд экономиста / П.Г. Олдак– Новосибирск, 1983. – 50 с.

89. Осенин Ю.И. Декомпозиция процесса теплопередачи в системе охлаждения теплоносителя тепловоза / Ю.И. Осенин, Ю.В.Баранич. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. – 124 с.

90. Остров тепла [Электронный ресурс]: Heat-Island Effect. Climat Change.Ru. – Режим доступа: <http://climatechange.ru/node/240>.

91. Парунакян В.Э. Логистический подход к транспортному обслуживанию производственных цехов металлургических предприятий при

отгрузке готовой продукции / В.Э. Парунакян, А.В. Головченко // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2004. – Вип.14. – С. 315 – 318.

92. Парунакян В.Э. Транспортные системы металлургических предприятий / В.Э. Парунакян, Ю.В. Гусев, А.Г. Бондаренко // Металл и литьё Украины, 2000. – № 3–4. – С. 47 – 48.

93. Парунакян В.Э. Оценка энергозатрат транспортных технологий промышленных предприятий / В.Э.Парунакян, А.С.Красулин, Ю.В.Гусев, А.В.Рябухин // Металлургические процессы и оборудование, 2007. – № 2. – С. 49 – 53.

94. Подоба И.М. Изучение загрязнений почв химическими веществами / И.М.Подоба, В.Н. Батюк //Вестник ХГУ,1986. –Т.283.– С.8–9.

95. Поносов Ю.К. Моделирование развития транспортной системы России (экономико-производственный аспект) / Ю.К. Поносов, С.А. Савушкин– М.: ВИНТИ РАН, 2002. – 112 с.

96. Примак А.В. Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды / А.В. Примак, В.В. Кафаров, К.И. Качиашвили– Киев: Наукова думка, 1991. – 358 с.

97. Природопользование: Словарь – справочник / Сост. Н.Ф.Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.

98. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и природопользование в России /Под ред. В.Ф. Протасова.—М.:Финансы и статистика,1995.—528 с.

99. Рамазанов С.К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием: Монография / С.К. Рамазанов– Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. – 351 с.

100. Расчет экономического эффекта от использования в народном хозяйстве цистерны для пека(модель 15-1532). – М.:Минчермет,1981.–21 с.

101. Ресурсосбережение в черной металлургии // В.В. Поляков.- М.: Машиностроение, 1993.- 320 с.

102. Рихтер К.Ю. Транспортная эконометрия. / К.Ю. Рихтер– М.: Транспорт, 1982. – 317 с.
103. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды: учеб. для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
104. Сараев В.Г. Справочник по охране окружающей среды / В.Г. Сараев, Б.В. Щербицкий – Киев: Будівельник, 1986. – 152 с.
105. Семин Д.А. Математическое введение в механику жидкости и газа: Учебное пособие / Д. А. Семин – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2008. – 127 с.
106. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / И. Я. Сигал. [2-е изд., перераб. и доп.]. – Л.: Недра, 1988. – 312 с.
107. Смехов А.А. Маркетинговые модели транспортного рынка. / А.А. Смехов– М.: Транспорт, 1998. – 120 с.
108. Сметанин Н.А. и др. Технико-экономические показатели эксплуатационной работы железных дорог: Справочник / Н.А. Сметанин, Н.В. Ежова, В.Н. Шленский и др. - М.: Транспорт, 1997.- 112 с.
109. Смирный М.Ф. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса / М.Ф.Смирный, Л.Г.Зубова, А.Р.Зарубов и др. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2006. – 232 с.
110. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: Учебник для ВУЗов / С.Б. Старк [Изд. 2-е, перераб. и доп.] – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
111. Суколенов А.Е. Установки для перегрузки навалочных грузов в морских портах./А.Е. Суколенов, В.Я.Зельдман–М.:Транспорт,1986.–240 с.
112. Суравегина И. Т. Как учить экологии: Кн. для учителя / И. Т. Суравегина, Сенкевич В.М. – М.: Просвещение, 1995. – 96 с.
113. Сухорукова И.А. Профилактика профзаболеваний доменщиков / И.А.Сухорукова,Е.В.Макариевская– М.:Охрана труда,1997.–№4. –С.27–29.

114. Сытник К.М. Биосфера. Экология. Охрана природы: справочное пособие / К.М. Сытник, А.В. Брайон, А.В. Гордецкий– К.: Наукова думка, 1987. – 243 с.
115. Тарасов В.П. Теория и технология доменной плавки / В.П. Тарасов, П.В. Тарасов – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – 384 с.
116. Тартаковський Е.Д. Розроблення процедури модернізації магістральних тепловозів новими силовими установками / Е.Д. Тартаковський, С.О. Міхєєв // Збірник наук. праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УДАЗТ, 2013. – С. 40 – 42.
117. Толочко А.И. Утилизация пылей и шламов в черной металлургии / А.И. Толочко, В.И. Славин, Ю.М. Супрун, Р.М. Хайрутдинов. – Челябинск: Металлургия, 1990. – 152 с.
118. Тунакова Ю. А. Управление экологической безопасностью территории на основании разработанной технологии расчетного экологического мониторинга / Ю. А. Тунакова, С.В.Новикова, Е.С.Исмаилова // Эколого– правовые и экономические аспекты безопасности регионов : материалы V международной научно– практической конференции при участии молодых ученых и студентов. – Харьков, 2010. – С. 72 – 73.
119. Томаш А.А. Структура зернистого слоя и движение газов в доменных печах: Дис. д-р. техн. наук / Донецк: ДНТУ, 2004.- 406с.
120. Ульшин В.О. Адаптивне керування технологічними процесами: Монографія /В.О.Ульшин, Д.А.Зубов.–Луганськ: вид-во СНУ,2002. – 210 с.
121. Философский словарь / Под ред. Розенталя М.М. и Юдина П.Ф. – М.: Политиздат, 1963. – 554 с.
122. Філліпов А.З. Промислова екологія (транспорт): навч. Посібник / А.З. Філліпов – К.: Вища шк., 1995. – 82 с.
123. Хлестова О.А. Исследование и оценка затрат природно-сырьевых ресурсов в транспортно-технологических процессах металлургического производства на многокритериальной основе / О.А. Хлестова,

И.О. Берестовой // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 5 (159) – Ч. 1. – С. 90 – 95.

124. Хлестова О.А. Мониторинг эколого-энергетической эконометрии транспортно-технологических циклов промышленных производств / О.А. Хлестова, А.М. Берестовой, Е.А. Капустин– К.: Экология и ресурсосбережение, 2001. – №1. – С. 48 – 52.

125. Хлестова О.А. Методология эколого-энергетической оценки транспортно-технологических систем металлургического производства/ О.А.Хлестова, А.М.Берестовой, Н.В. Чернышов // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2004. – Вип 14. – С. 347 – 352.

126. Хлестова О.А. Методологический подход к экологической оценке этапов технолого-транспортного процесса доменного производства / Хлестова О.А., Берестовой А.М. // Металл и литье Украины, 2000. – №3,4. – С. 48 – 49.

127.Хлестова О.А., Волошин В.С. Исследование природы потерь в отходаобразующих потоках транспортно-логистических операций / О.А.Хлестова,В.С.Волошин // Зб. наук. статей, Т. 2; V– між нар. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» (м. Алушта, АР Крим) ; УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2009.- С.6-11.

128. Хлестова О.А. Исследование природы и оценка затрат природных ресурсов в отходаобразующих потоках / О.А.Хлестова, В.С.Волошин // Збірник наук. статей VI міжнародн. наук.-практ. конф «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення». У 2-х т. Т.2/УкрНДІЕП. - Х. Райдер, 2010 р. – С. 16 - 20.

129. Хлестова О.А., Ложко А.Н. Моделирование эффекта «дождевая тень» в промышленной зоне индустриального объекта // О.А. Хлестова О.А., А.Н. Ложко А.Н. // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук. пр.-Маріуполь, 2011.- Вип № 22. - С. 271 - 277.

130. Хлестова О.А. Синтез транспорта грузов, изменяющих своё агрегатное состояние в процессе перевозки / О.А.Хлестова, А.М.Берестовой

// Вестник ПГТУ: Сборник науч. Трудов. – Мариуполь: ПГТУ, 1995. – № 1. – С. 235 – 238.

131. Хлестова О.А. Оценка использования природно-энергетических ресурсов в транспортно-технологических процессах доменного производства / Хлестова О.А., Берестовой И.О. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 6 (160). – Ч. 1. – С. 188 –192.

132. Хлестова О.А. Прогнозирование потерь сырья в транспортно-технологических процессах доменного производства на основе модели развития / О.А. Хлестова, И.О. Берестовой // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – №7 (161). – Ч.1. – С. 182 – 186.

133. Хлестова О.А. Структуризация и ранжирование логистических потоков в транспортно-технологических процессах промышленных производств / О.А. Хлестова, И.О. Берестовой, А.А. Лысый // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 5(159). – Ч. 2. – С. 267 – 272.

134. Хлестова О.А. Автоматизация ускорения расплавления затвердевшего вещества в котле транспортного средства. / Хлестова О.А., Дубовкина М.Ю., Берестовой А.М. // Зб. наук. пр. Східноукраїнського держ. ун-ту. – Луганськ: Вид-во СУДУ, 1999. – С.76 – 78.

135. Хлестова О.А. Методологические основы логистического похода к структуризации и повышению эффективности систем преобразования энергоносителей / О.А. Хлестова, А.М. Берестовой, И.О. Берестовой // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5 (159). – Ч.1. – С.39–44.

136. Хлестова О.А. Проблемы энергосбережения при перевозке наливных грузов/ О.А. Хлестова, М.Ю. Дубовкина, А.М. Берестовой // Залізничний транспорт України. –Київ, №1. – 2001 .- С.21-22.

137. Хлестова О.А. Маслов В.А., Дубовкина М.Ю. Использование математических моделей снижения температуры чугуна с целью определения выхода углеродсодержащих отходов/ О.А. Хлестова, В.А. Маслов, М.Ю. Дубовкина // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук. пр.- Маріуполь. – 2011.- Вип № 22.- С.41-44.

138. Хлестова О.А. Роль транспортной системы в экологии крупных промышленных центров / О.А. Хлестова // Тез. докл. 3-й научн.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития транспортных систем: техника, технология, экономика и управление».– Киев: КУЭТТ, 2005. – С. 196 – 197.

139. Хлестова О.А. Особенности расчета затрат природных ресурсов в отходообразующих потоках доменного производства Международная научно-техническая конференция «Университетская наука-2009» / О.А. Хлестова, В.С.Волошин, А.А. Томаш // Сб. тезисов докладов в 2 т. Мариуполь: ПГТУ . – 2009-С.251-252.

140. Хлестова О.А. Опредмечивание и распредмечивание транспорта грузов, изменяющих свое агрегатное состояние в процессе перевозки / Хлестова О.А., Берестовой А.М., Рагозин В.М. // Тезисы докл. III регион. научн.-техн. конф. – Мариуполь: ПГТУ, 1995. – С. 67.

141. Хлестова О.А. Влияние метеорологических и климатических условий на зарождение и объем потерь шихтовых материалов доменного производства / Хлестова О.А., // Тез. докл. XI регион. научн.-техн. конф. – Мариуполь: ПГТУ, 2004 – С. 235.

142. Чернецкая Н.Б. Исследование реологических характеристик водоугольного топлива, созданного на основе углей Донбасса / Чернецкая Н.Б., Шворникова А.М., Варакута Е.А., Брагин Н.И. // Вісник СНУ ім. В.Даля, 2007. – №3(109). – Ч. 2. – С. 199 – 205.

143. Чистякова С. Б. Охрана окружающей среды : Учеб. для вузов спец. «Архитектура» / С. Б. Чистякова. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

144. Шахов И.Ф. Вопросы анализа и процедуры принятия решений / Шахов И.Ф. – М.: Мир, 1976. – 232 с.

- 145 .Шульц Л.А. Элементы безотходной технологии в металлургии: Учебное пособие для вузов / Шульц Л.А. – М.: Металлургия, 1991. – 174 с.
146. Южаков Б.А. Исследование физико-химических и технологических свойств дисперсных железграфитовых отходов ОАО «Азовсталь» / Б.А. Южаков, В.А. Маслов // Вестник Приазов. гос. техн. ун-та: сб. науч. работ. – Мариуполь, 1998. – Вып. 6. – С. 30 – 34.
147. Danilecki K. Application of the time density characteristics in optimisation of parameters of an engine with sequential turbo-charging / Danilecki K. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture, OL PAN. – Lublin, 2007. – VIIA. – P. 23 – 34.
148. Dyer J. An Interactive Approach for Multi –Criterion Optimization with an Application to the Operation of an Academic Department Management Science /Dyer J.,Geoffrion A.,Fienberg A.,1972.–19.–№4– Part 1.–P.45–54.
149. Environmental Policy in Europe: Industry, Competition and the Policy Process / Edited by F. Leveque. – Cheltenham UK: Edward Elgar. –218p.
150. Environmental Implications of Small-Scale Use of Biomass" Karekezi S. / Stephen Karekezi and Esther Ewagata // Working Paper AFREPREN/FWD. – Nairobi, 1994. – No. 47. – P. 35.
151. Filho F. The Challenger of a new Business Strategic Model for the Brazilian Companies / Filho F. // Proceedings of the 21th conference of the Production and Operations Management Society, POM-2001, March 30-April 2. – Orlando Fl, 2001.
152. Fischer M. Ökologische Dimension der Logistic: evolutorisch-entropische Systemanalyse ökonomischer Prozesse / Miteinem Geleitw. von Peter Klaus. – Wiesbaden: Dt. Univ., 1994. – 173 s. ISBN 3-8244-6132-3.
153. Gabler Lexikon Materialwirtschaft&Einkauf,1983.:Wiesbaden,420 s.
154. Geoffrion A. M., Vektor Maximal Dekomposition Programming, Paper presented at the 7th Intern. Symp. on Math. Programming, The Hague, Holland, Sept. 14-18, 1970.

155. Juneman R. Materialflub/ Systemtechnieche Yrundlagen mit Praxisbeispielen. Spriger-Verlag, 1989.- 762c.

156. Khlestova O. Assessment of the natu ral and energy resources utilization in the transportation flow chart of the industrial production / Khlestova O., Berestovoy I. // TEKA. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. VII. – P. 31 – 37.

157. Khlestova O. Little-studied negative environmental effects of thermal process in metallurgical aggregates / Khlestova O., Lozhko O. // ABIDANCE OF SCIENTIFIC EVOLUTION, 2013. – Vol. 2. – №3. – P. 4 – 12.

158. Kuranc A. A continuous measurement of CO, CO₂, HC and NO_x at the work of a combustion engine fed with petrol in nstable thermal conditions / Kuranc A. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – Lublin, 2005. – Vol. V. – P. 107 – 115.

159. Oosterhuis F. Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives / Oosterhuis F., Rubic F., Scholl G. – Dordrecht (the Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 1996. – 306 p.

160. Parunakjan V. Increase of efficiency of interaction of production and transport in the logistic chains of material traffic of enterprises / Parunakjan V., Sizova E. // Problemy Transportu. –Katowice,2008.– T.3. – Z. 3. – pp. 95 – 104.

161. Richter R.-J. Kybernetische Analyse verkehrsokonomischer Systeme-Verkehrsokonometrie 1-2., uberarbeitete Auflage / Richter R.-J. // Transpress VEB Verlag fur Verkehrswesen. – Berlin, 1975.

162. Trakal V. Studie o vletech prachu z vysokych peci: Studie / V.Trakal a kol. –Praha: VUHZ, 1970.

163. Weidema B.P. Using the budget constraint to monetarise impact assessment results / B.P. Weidema // Ecological Economics, 2009. – 6(68). – pp.1591 –1598.

ДОДАТОК

ДОДАТОК 1, ТАБЛИЦІ

ДОДАТОК 1, Таблиця 1.

Економічна оцінка (в умовних одиницях ціни) шкідливих дій на навколишнє середовище при перевезенні навалом у піввагоні 1т кам'яновугільного пеку

| Природні ресурси | Одиниця виміру | Умовна ціна | Виробництво | | | | | Транспорт | | | Споживання | | | | |
|------------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|----------------|------------------------|----------------------------------|--------------|-------------|------------|-------------------------|
| | | | Зміна агрегатного стану | Складування | Зберігання | Завантаження | Відправлення | Перевезення | Вграти вантажу | Ремонт рухомого складу | Підготовка дорожнього вантаження | Вивантаження | Складування | Зберігання | Зміна агрегатного стану |
| Атмосфера | м ³ /т | 0,02 | 1,0 | 0,3 | 4,8 | 0,3 | 0,45 | 0,11 | 0,02 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,10 | 1,2 | 1,0 |
| Гідросфера | м ³ /т | 0,22 | 0,51 | 0,18 | 0,13 | 0,13 | 0,02 | 0,02 | 0,001 | 0,06 | 0,07 | 0,14 | 0,18 | 0,13 | 0,51 |
| Біосфера | кг/т | 3,0 | 1,37 | 3,51 | 1,95 | 3,9 | 1,95 | 0,98 | 0,11 | 0,6 | 0,39 | 3,9 | 3,51 | 1,95 | 1,37 |
| Фітосфера | м ³ /т | 800 | 1,6 | 0,8 | 5,6 | 0,8 | 0,4 | 2,4 | 0,8 | 52 | 1,6 | 0,8 | 0,8 | 5,6 | 1,6 |
| Літосфера | т/т | 650 | 37,1 | 34,5 | 46,8 | 34,5 | 3,25 | 0,2 | 13,0 | 3,1 | 1,1 | 40,3 | 34,5 | 46,8 | 44,9 |
| Території | м ² /т | 0,02 | 0,054 | 0,022 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,001 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| Труд-ресурси | люд/т | 1,72 | 0,12 | 0,31 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,34 | 1,19 | 0,31 | 0,17 | 0,12 |
| Енерго-ресурси | КВт/т | 0,08 | 1,24 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,12 | 0,08 | 0,01 | 0,52 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 1,01 |
| Разом | | | 42,99 | 39,66 | 60,53 | 40,1 | 6,27 | 3,94 | 14,03 | 55,9 | 4,12 | 46,5 | 39,5 | 47,0 | 50,6 |
| Час | год | | 10 | 3 | 48 | 3 | 4 | 180 | | 48 | 12 | 3 | 3 | 60 | 10 |

Трендові залежності сумарних витрат у вартісному вираженні природно-енергетичних ресурсів в транспортно-технологічній схемі доменного виробництва за час (t , год) транспортування сировини

| | |
|------------------|--|
| Загальні витрати | $C = 54 + 71,3 t - 0,24 t^2 + 0,005 t^3$ |
| Виробництво | $C = 6,8 t - 0,4 t^2 + 0,01 t^3 - 6,3 \exp(-0,05t^4) - 24,6$ |
| Перевезення | $C = 0,74 - 0,01 t + 5,4 \exp(-0,05t^2)$ |
| Споживання | $C = 0,34 + 6,4 (t - 302)^{0,3} \exp[-0,1(t - 312)^2]$ |

По окремих компонентах природно-енергетичних та трудових ресурсів

| | |
|---------------|--|
| Атмосфера | $C = 4,97 - 0,044 t + 9,4 \exp(-0,005t^2)$ |
| Гідросфера | $C = 0,26 - 0,003 t + 6,8 \exp(-0,006t^2)$ |
| Біосфера | $C = 2,38 - 0,02 t + 4,05 \exp(-0,005t^2)$ |
| Фітосфера | $C = 0,05 + 0,14 t - 0,0004 t^2$ |
| Літосфера | $C = 61,7 - 0,64 t + 0,0042 t^2$ |
| Території | $C = 0,03 + 3,9 \exp(-0,005 t) - 8,7 \exp(-0,008 t^2)$ |
| Трудресурси | $C = 0,24 - 0,002 t + 5,6 \exp(-0,006 t^2)$ |
| Енергоресурси | $C = 0,28 - 0,002 t + 5,3 \exp(-0,006 t^2)$ |

Елементна база деяких транспортно-технологічних процесів

| Транспортно-технологічний процес | Елементна база, кількість | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| | Сировина | Продукція | Відходи |
| 1. Агломераційний | 36-40 | 7-11 | 24-26 |
| 2. Доменний | 60-64 | 12-21 | 29-36 |
| 3. Сталеплавильний | 67-80 | 19-25 | 42-52 |
| 5. Технологія гарячого прокати металу | 26-30 | 2-4 | 22-26 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 4.

Температури на різних висотах повітряної маси за характерними перерізами

| Висота Y [m] | Температура [$^{\circ}\text{C}$] / Перепад температур [$^{\circ}\text{C}$] | | | |
|----------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | Переріз «А» | Переріз «В» | Переріз «С» | Переріз «D» |
| 1000 | 13,0 | 13,0/0,0 | 13,0/0,0 | 13,0 |
| 900 | 14,2 | 13,4/0,8 | 13,2/1,0 | 14,4 |
| 800 | 15,4 | 13,8/1,6 | 13,4/2,0 | 15,8 |
| 700 | 16,6 | 14,2/2,4 | 13,6/3,0 | 17,2 |
| 600 | 17,8 | 14,6/3,2 | 13,8/4,0 | 18,6 |
| 500 | 19,0 | 15,0/4,0 | 14,0/5,0 | 20,0 |
| 400 | 20,2 | 15,4/4,8 | 14,2/6,0 | 21,4 |
| 300 | 21,4 | 15,8/5,6 | 14,4/7,0 | 22,8 |
| 200 | 22,6 | 16,2/6,4 | 14,6/8,0 | 24,2 |
| 100 | 23,8 | 16,6/7,2 | 14,8/9,0 | 25,6 |
| 0 | 25,0 | – | – | 27,0 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 5.

Вологість на різних висотах повітряної маси за характерними перерізами

| Висота Y [m] | Вологість повітряної маси [%] | | | |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Переріз «А» | Переріз «В» | Переріз «С» | Переріз «D» |
| 1000 | 74,90 | 74,92 | 74,91 | 68,20 |
| 900 | 73,41 | 78,91 | 80,21 | 66,58 |
| 800 | 71,92 | 82,92 | 85,52 | 64,96 |
| 700 | 70,43 | 86,93 | 90,83 | 63,34 |
| 600 | 68,94 | 90,94 | 96,14 | 61,72 |
| 500 | 67,45 | 94,95 | > 100 | 58,11 |
| 400 | 65,96 | 98,96 | > 100 | 56,48 |
| 300 | 64,47 | > 100 | > 100 | 53,86 |
| 200 | 62,98 | > 100 | > 100 | 51,24 |
| 100 | 61,49 | > 100 | > 100 | 49,62 |
| 0 | 60,11 | – | – | 47,31 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 6

Питомі викиди забруднюючих речовин на деяких робочих місцях доменного цеху (ГДК_{мр} для вуглецевого пилу 6-10 мг/м³)

| Робоча ділянка | Речовина | Концентрація | Одиниця виміру | В ГДК _{мр} для вуглецевого пилу |
|--|----------|--------------|--------------------|--|
| Закриті склади доменного цеху | пил | 1,8 - 22 | мг/м ³ | До 4 |
| У кабінах кранів складу | пил | 1,7 - 6 | мг/м ³ | |
| Вибивання пилу з бункерів запасу | пил | 10 - 20 | г/м ³ | 10 - 200 |
| Робоча зона дробарок | пил | 25,7-47,3 | мг/м ³ | 4-8 |
| Робоча зона віброгрохоту | пил | 1000 | мг/м ³ | 100-160 |
| Робоча зона горнового | СО | 431-1041 | мг/м ³ | 22-25 ГДК _{м.р.} СО |
| Вантаження пилу на відкриті залізничні платформи на відстані 5 м від пиловловлювачів при відсутності вітру | пил | 250 | мг/ м ³ | 25-40 |

ДОДАТОК 1, Таблица 7

Залежність величини транспортно-технологічних втрат (кг/тонну) сировинних матеріалів від температури навколишнього середовища (°C)

| Температура навколишнього середовища, °C | Величина втрат (кг/тонну) | | | | | | |
|--|---------------------------|------|-----------|-------------------|------------|-----|------|
| | Залізна руда | Кокс | Агломерат | Відсів агломерату | Підсумок/4 | мах | мін |
| -6 | 30 | 16 | 18 | 22,75 | 21,68 | 30 | 16 |
| 0 | 27 | 17 | 18 | 23 | 21,25 | 30 | 17 |
| 5 | 12 | 35 | 24 | 25,75 | 24,19 | 35 | 12 |
| 10 | 18 | 22 | 19,7 | 21,18 | 20,22 | 25 | 18 |
| 15 | 17 | 9 | 40 | 20,75 | 21,69 | 40 | 9 |
| 19 | 25,7 | 40 | 35 | 29,68 | 32,59 | 40 | 18 |
| 22 | 19,1 | 75 | 33 | 40,2 | 41,82 | 75 | 19,1 |
| 25 | 30 | 65 | 33 | 37,75 | 41,44 | 65 | 23 |

ДОДАТОК 1, Таблица 8

Залежність величини транспортно-технологічних втрат (кг/тону) сировинних матеріалів від відносної вологості (%) навколишнього середовища

| Відносна вологість, % | Величина втрат (кг/тонну) | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------|-----------|-------------------|------------|-------|------|
| | Залізна руда | Кокс | Агломерат | Відсів агломерату | Підсумок/4 | мах | мін |
| 72 | 24 | 30 | 65 | 32 | 37,75 | 65 | 30 |
| 78 | 36,2 | 20 | 75 | 33 | 41,05 | 75 | 20 |
| 80 | 28 | 28 | 52 | 47 | 38,75 | 52 | 28 |
| 81 | 28 | 16 | 52 | 44 | 35 | 52 | 16 |
| 84 | 31 | 18 | 29 | 12,4 | 22,6 | 31 | 12,4 |
| 86 | 22 | 18,08 | 20 | 15 | 18,77 | 22 | 15 |
| 89 | 15 | 8 | 29,6 | 8 | 15,15 | 29,6 | 8 |
| 90 | 20,84 | 12 | 16 | 18 | 16,71 | 20,84 | 12 |
| 96 | 22 | 12 | 35 | 35 | 26 | 35 | 12 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 9

Витрати природно-енергетичних ресурсів одного транспортно-технологічного циклу доменного виробництва без суміщення операцій.

| ГОД. РЕСУРС | 0 - 1 | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 | 5 - 6 | 6 - 7 | 7 - 8 | 8 - 9 | 9 - 10 | 10 - 11 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 14 | 14 - 15 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| АТМ | 15,0243 | 14,9995 | 14,9874 | 14,9875 | 14,4615 | 14,4516 | 14,4287 | 14,4311 | 14,428 | 14,428 | 14,428 | 14,428 | 14,428 | 16,0408 | 14,7319 |
| ГІДРО | 0,61650 | 0,64495 | 0,66462 | 0,63072 | 0,61205 | 0,64264 | 0,68397 | 0,61799 | 0,612 | 0,612 | 0,612 | 0,612 | 0,612 | 0,75664 | 0,66192 |
| ЛІТО | 0,00613 | 0,02558 | 0,00589 | 0,00489 | 0,00545 | 0,00457 | 0,00179 | 0,00257 | 0,00166 | 0,00166 | 0,00166 | 0,00166 | 0,00166 | 0,01453 | 0,00551 |
| ФІТО | 0,00127 | 0,00121 | 0,00185 | 0,00175 | 0,00061 | 0,00036 | 0,00006 | 0,00009 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00662 | 0,00572 |
| БЮ | 0,00250 | 0,00277 | 0,00192 | 0,00206 | 0,00086 | 0,00117 | 0,00095 | 0,00082 | 0,00077 | 0,00077 | 0,00077 | 0,00077 | 0,00077 | 0,00243 | 0,00188 |
| ТЕР | 0,00268 | 0,00268 | 0,00217 | 0,00232 | 0,00043 | 0,00503 | 0,00038 | 0,00036 | 0,00035 | 0,00035 | 0,00035 | 0,00035 | 0,00035 | 0,02955 | 0,00193 |
| ТРУД | 0,3899 | 0,44273 | 0,22443 | 0,16972 | 0,26394 | 0,46628 | 0,32671 | 0,28172 | 0,27872 | 0,27872 | 0,27872 | 0,27872 | 0,27872 | 0,55177 | 0,38438 |
| ЕНЕРГО | 0,6431 | 0,56899 | 0,55642 | 0,6322 | 0,58618 | 0,75715 | 0,13018 | 0,19236 | 0,0822 | 0,0822 | 0,0822 | 0,0822 | 0,0822 | 1,58776 | 0,58619 |
| Σ | 16,6865 | 16,6884 | 16,4446 | 16,4312 | 15,9311 | 16,3288 | 15,5728 | 15,5271 | 15,4037 | 15,4037 | 15,4037 | 15,4037 | 15,4037 | 18,9894 | 16,3795 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 10

Витрати природно-енергетичних ресурсів при суміщенні декількох циклів.

| | 0 - 1 | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 | 5 - 6 |
|---------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| АТМОСФЕРА | 15,025202 | 16,6116 | 15,291456 | 15,030506 | 14,47022 | 14,451617 |
| ГІДРОСФЕРА | 0,702133 | 0,7896336 | 0,714546 | 0,660719 | 0,618055 | 0,642643 |
| ЛІТОСФЕРА | 0,006235 | 0,0384504 | 0,009736 | 0,0087244 | 0,0062153 | 0,0045792 |
| ФІТОСФЕРА | 0,001462 | 0,007755 | 0,0075146 | 0,005179 | 0,0012933 | 0,0045792 |
| БІОСФЕРА | 0,002702 | 0,0048206 | 0,003421 | 0,0020878 | 0,0008728 | 0,001175 |
| ТЕРИТОРІЇ | 0,002743 | 0,0054497 | 0,004765 | 0,0023546 | 0,0004396 | 0,005029 |
| ТРУДРЕСУРСИ | 0,4410315 | 0,7157774 | 0,33096 | 0,355506 | 0,273543 | 0,466282 |
| ЕНЕРГОРЕСУРСИ | 0,692347 | 2,0745589 | 1,0604023 | 1,3422 | 0,729512 | 0,7571516 |
| Σ | 16,873855 | 20,248045 | 17,4219369 | 17,4072768 | 16,100151 | 16,3288427 |

Математичні моделі зниження температури чавуну в процесі доставки та відповідні до них розрахункові значення виходу графітової піни (маса чавуну в ковші 90 т)

(ΔT_1 – зниження температури чавуну, $^{\circ}\text{C}$; τ_e – час технологічних операцій, хв;
 M_v – маса чавуну в ковші, т)

| Номер ділянки | Ділянка | Математична модель, статистичний опис | Розрахунок зниження температури чавуну, ΔT | Вихід графітової піни, кг/т чавуну | Кількість графітової піни, при масі чавуну в ковші 90т, кг |
|---------------|--|--|--|------------------------------------|--|
| 1 | Ливарний двір | $\Delta T_1 = 67,0 - 4,6\tau_e^2 + 0,32(90 - M_v)$ | 48 | 0,12 | 10,8 |
| 2 | Доставка у відділення десульфурації | $\Delta T_2 = T_2 - 0,29\tau$ | 18 | 0,046 | 5,13 |
| 3 | Перша ступінь десульфурації | $\Delta T_3 = T_3 - 2,5\tau$ | 9,5 | 0,024 | 4,05 |
| 4 | Час між ступенями десульфурації | $\Delta T_4 = T_4 - 0,01\tau$ | 0,5 | 0,001 | |
| 5 | Друга ступінь десульфурації | $\Delta T_5 = T_5 - 1,5\tau$ | 7,5 | 0,02 | |
| 6 | Доставка у відділення скачування шлаку | $\Delta T_6 = T_6 - 0,08\tau$ | 5,5 | 0,014 | 1,26 |
| 7 | Скачування шлаку | $\Delta T_7 = T_7 - 0,29\tau$ | 2,7 | 0,007 | 0,63 |
| 8 | Доставка в міксерне відділення ККЦ | $\Delta T_8 = T_8 - 0,4\tau$ | 10,5 | 0,027 | 2,43 |
| Всього | Від ливарного двору до міксерного відділення ККЦ | | 102,2 | 0,27 | 24,3 |

ДОДАТОК 1, Таблица 12

**Ранжування логістичних етапів і потоків та їх елементів
(з використанням арифметичної прогресії)**

| Умовні номери етапів та їх рейтинги | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
|--------------------------------------|----------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Умовні номери потоків та їх рейтинги | | 0,212 | 0,187 | 0,162 | 0,136 | 0,111 | 0,086 | 0,061 | 0,035 | 0,01 |
| Потоки | Рейтинги | Значення рейтингів для елементів логістичних етапів та їх потоків | | | | | | | | |
| I | 0,115 | 0,02441 | 0,02150 | 0,01859 | 0,01568 | 0,01278 | 0,00987 | 0,00696 | 0,00406 | 0,00115 |
| II | 0,108 | 0,02292 | 0,02019 | 0,01746 | 0,01473 | 0,01200 | 0,00927 | 0,00654 | 0,00381 | 0,00108 |
| III | 0,101 | 0,02143 | 0,01888 | 0,01633 | 0,01378 | 0,01122 | 0,00867 | 0,00612 | 0,00356 | 0,00101 |
| IV | 0,094 | 0,01995 | 0,01757 | 0,01520 | 0,01282 | 0,01044 | 0,00807 | 0,00569 | 0,00332 | 0,00094 |
| V | 0,087 | 0,01846 | 0,01626 | 0,01409 | 0,01187 | 0,00967 | 0,00747 | 0,00527 | 0,00307 | 0,00087 |
| VI | 0,08 | 0,01698 | 0,01496 | 0,01293 | 0,01091 | 0,00889 | 0,00687 | 0,00484 | 0,00282 | 0,00080 |
| VII | 0,073 | 0,01549 | 0,01365 | 0,01180 | 0,00996 | 0,00811 | 0,00627 | 0,00442 | 0,00258 | 0,00073 |
| VIII | 0,066 | 0,01401 | 0,01234 | 0,01067 | 0,00900 | 0,00733 | 0,00567 | 0,00400 | 0,00233 | 0,00066 |
| IX | 0,059 | 0,01252 | 0,01103 | 0,00954 | 0,00805 | 0,00656 | 0,00506 | 0,00357 | 0,00208 | 0,00059 |
| X | 0,052 | 0,01104 | 0,00972 | 0,00841 | 0,00709 | 0,00578 | 0,00446 | 0,00315 | 0,00183 | 0,00052 |
| XI | 0,045 | 0,00955 | 0,00841 | 0,00728 | 0,00614 | 0,00500 | 0,00386 | 0,00273 | 0,00159 | 0,00045 |
| XII | 0,038 | 0,00806 | 0,00710 | 0,00614 | 0,00518 | 0,00422 | 0,00326 | 0,00230 | 0,00134 | 0,00038 |
| XIII | 0,031 | 0,00658 | 0,00580 | 0,00501 | 0,00423 | 0,00344 | 0,00266 | 0,00188 | 0,00109 | 0,00031 |
| XIV | 0,024 | 0,00509 | 0,00449 | 0,00388 | 0,00327 | 0,00267 | 0,00206 | 0,00145 | 0,00085 | 0,00024 |
| XV | 0,017 | 0,00361 | 0,00318 | 0,00275 | 0,00232 | 0,00189 | 0,00146 | 0,00103 | 0,00060 | 0,00017 |
| XVI | 0,01 | 0,00212 | 0,00187 | 0,00162 | 0,00136 | 0,00111 | 0,00086 | 0,00061 | 0,00035 | 0,0001 |

ДОДАТОК 1, Таблица 13,

**Ранжування логістичних етапів і потоків та їх елементів
(за геометричною прогресією)**

| Умовні номери етапів та їх рейтинги | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
|--------------------------------------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Умовні номери потоків та їх рейтинги | | 0,0010 | 0,0022 | 0,0048 | 0,0106 | 0,0234 | 0,0513 | 0,1129 | 0,2482 | 0,5456 |
| Потоки | Рейтинги | Значення рейтингів для елементів логістичних етапів та їх потоків | | | | | | | | |
| I | 0,001 | 0,0000010 | 0,0000022 | 0,0000048 | 0,0000106 | 0,0000234 | 0,0000513 | 0,0001129 | 0,0002482 | 0,0005456 |
| II | 0,0015 | 0,0000015 | 0,0000032 | 0,0000071 | 0,0000156 | 0,0000343 | 0,0000754 | 0,0001658 | 0,0003645 | 0,0008014 |
| III | 0,0022 | 0,0000022 | 0,0000047 | 0,0000104 | 0,0000229 | 0,0000504 | 0,0001108 | 0,0002436 | 0,0005355 | 0,0011772 |
| IV | 0,0032 | 0,0000032 | 0,0000070 | 0,0000153 | 0,0000337 | 0,0000740 | 0,0001628 | 0,0003578 | 0,0007866 | 0,0017293 |
| V | 0,0047 | 0,0000047 | 0,0000102 | 0,0000225 | 0,0000495 | 0,0001088 | 0,0002391 | 0,0005256 | 0,0011555 | 0,0025402 |
| VI | 0,0068 | 0,0000068 | 0,0000150 | 0,0000331 | 0,0000727 | 0,0001597 | 0,0003512 | 0,0007721 | 0,0016973 | 0,0037314 |
| VII | 0,0100 | 0,0000100 | 0,0000221 | 0,0000486 | 0,0001067 | 0,0002347 | 0,0005159 | 0,0011341 | 0,0024932 | 0,0054811 |
| VIII | 0,0148 | 0,0000148 | 0,0000324 | 0,0000713 | 0,0001568 | 0,0003447 | 0,0007578 | 0,0016659 | 0,0036624 | 0,0080514 |
| IX | 0,0217 | 0,0000217 | 0,0000477 | 0,0001048 | 0,0002303 | 0,0005063 | 0,0011132 | 0,0024472 | 0,0053798 | 0,0118270 |
| X | 0,0318 | 0,0000318 | 0,0000700 | 0,0001539 | 0,0003383 | 0,0007438 | 0,0016351 | 0,0035947 | 0,0079026 | 0,0173731 |
| XI | 0,0468 | 0,0000468 | 0,0001028 | 0,0002261 | 0,0004970 | 0,0010926 | 0,0024019 | 0,0052804 | 0,0116084 | 0,0255200 |
| XII | 0,0687 | 0,0000687 | 0,0001511 | 0,0003321 | 0,0007300 | 0,0016049 | 0,0035283 | 0,0077565 | 0,0170520 | 0,0374872 |
| XIII | 0,1009 | 0,0001009 | 0,0002219 | 0,0004878 | 0,0010724 | 0,0023575 | 0,0051828 | 0,0113939 | 0,0250483 | 0,0550662 |
| XIV | 0,1483 | 0,0001483 | 0,0003259 | 0,0007165 | 0,0015753 | 0,0034630 | 0,0076132 | 0,0167368 | 0,0367943 | 0,0808886 |
| XV | 0,2178 | 0,0002178 | 0,0004788 | 0,0010526 | 0,0023139 | 0,0050870 | 0,0111832 | 0,0245853 | 0,0540483 | 0,1188200 |
| XVI | 0,3199 | 0,0003199 | 0,0007033 | 0,0015461 | 0,0033990 | 0,0074725 | 0,0164275 | 0,0361142 | 0,0793935 | 0,1745388 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 14,

Розподіл шкідливого впливу на навколишнє середовище транспортно-технологічних процесів промислових виробництв по ресурсах у вартісному вираженні [57]

| Вид ресурсу | Атмосфера | Гідросфера | Літосфера | Фітосфера | Біосфера | Території | Трудресурси | Енергоресурси |
|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|---------------|
| % | 3,09 | 0,23 | 51,27 | 39,92 | 4,38 | 0,12 | 0,44 | 0,50 |

ДОДАТОК 1, Таблиця 15

Експертно встановлена вага та прийняття меж критеріїв витрат

| № п/п | Критерії | Показник критерію | Вага критерію, ω_i | Межі критерію | |
|-----------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|---------------|---------|
| | | | | Початкова | Кінцева |
| 1 | Атмосфера | Ум.од.ціни на 1 т сировини | 0,039 | 0,0001 | 11,3 |
| 2 | Гідросфера | "- | 0,001 | 0,00002 | 3,5 |
| 3 | Літосфера | "- | 0,515 | 0,000004 | 0,04 |
| 4 | Фітосфера | "- | 0,322 | 0,0000003 | 0,006 |
| 5 | Біосфера | "- | 0,052 | 0,00001 | 0,01 |
| 6 | Території | м ² /т | 0,013 | 0,000002 | 0,01 |
| 7 | Трудресурси | Люд/ГОД/т | 0,052 | 0,002 | 0,24 |
| 8 | Енергоресурси | кВт/ГОД/т | 0,006 | 0,003 | 0,87 |
| $S = \sum_{i=1}^8 \omega_i$ | | | 1,000 | | |

ДОДАТОК 1, Таблиця 16,

Відносні оцінки критеріїв витрат по етапах транспортування сировини та вивозу продукції доменного виробництва

| Ресурси Етапи (1-34) | Атмосфера | Гідросфера, | Літосфера | Фітосфера | Біосфера | Території | Трудресурси | Енергоресурси |
|-------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|---------------|
| 1 | 4,42 | 0,03 | 2,49 | 5,00 | 9,91 | 19,98 | 0,01 | 13,49 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 34 | 37,17 | 0,01 | 7,49 | 0,05 | 100,00 | 100,00 | 11,76 | 45,79 |

ДОДАТОК 2, АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор
з наукової роботи ГВУЗ «ПДТУ»
к.т.н., доц. І.А. Ленцов



«26» 03 2013 р.

Акт

про використання результатів дисертаційної роботи Хлестової Ольги Анатоліївни «Підвищення ефективності транспортно-технологічної схеми доменного виробництва на основі енергосумозбереження шляхом оцінки затрат природно-енергетичних ресурсів» в навчальному процесі Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет»

Ми, що нижче підписались, начальник навчального відділу університету к.т.н, доц. Гусев Ю.В. та завідувачий кафедрою «Теплофізика та теплоенергетика металургійного виробництва» професор., д.т.н. Маслов В.О. склали цей акт у тому, що результати дисертаційної роботи Хлестової О.А. впроваджені у навчальному процесі кафедри «ТТМВ», а саме:

1. В курсі лекцій по дисципліні «Інжиніринг і управління охороною навколишнього середовища» для студентів 5 курсу (магістрів) спеціальностей «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» та в курсі лекцій по дисципліні «Вторинні енергоресурси та енерготехнологічне комбінування» для студентів 4 курсу спеціальності «Промислова теплотехніка»
2. В робочій програмі по дисципліні «Інжиніринг і управління охороною навколишнього середовища» (схвалена методичною комісією ГВУЗ «ПДТУ» за спеціальностями «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» 18.02.2013, протокол № 6), яка використовується при вивченні дисципліни.

Начальник навчального відділу
ГВУЗ «ПДТУ», доц., к.т.н.

 Ю.В. Гусев

Завідувач кафедри ТТМВ
д.т.н., проф.

 В.О. Маслов