

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності електроспоживання вугільнопідготовчого цеху ПрАТ «Запоріжкокс»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412

спеціальності 141 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Мороз В.Ю.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц., Башлій С.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф., Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


Запоріжжя  
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_  
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень \_\_\_\_\_  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Морозу Вадиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Підвищення ефективності електроспоживання вугільнопідготовчого цеху ПрАТ «Запоріжжкокс»  
керівник роботи Башлій С.В., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 638 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи Споживання енергетичних ресурсів вугільнопідготовчим цехом підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс», графіки роботи основного обладнання цеху, технологічний процес підготовки сировини.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальна характеристика підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс» 2) Визначення енергетичного стану вуглепідготовчого цеху 3) Статистичний аналіз споживання електроенергії вуглепідготовчим цехом 4) Заходи щодо зниження споживання електроенергії вуглепідготовчого цеху 5) Охорона праці та техногенна безпека
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1) генеральний план прат «запоріжжкокс» 2) схема переробки вугілля на коксохімічному заводі 3) технологічна схема коксового виробництва

4) технологічна схема вуглепідготовчого цеху 5) споживання енергетичних ресурсів обладнанням цеху 6) статистичний аналіз споживання електроенергії 7) прогнозування споживання електроенергії 8) спрогнозовані дані споживання електроенергії вуглепідготовчим цехом 9) розрахунок техніко-економічних показників впровадження частотного перетворювача

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій</i>	<i>Башлій</i>
Розділ 2	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій</i>	<i>Башлій</i>
Розділ 3	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій</i>	<i>Башлій</i>
Розділ 4	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій</i>	<i>Башлій</i>
Розділ 5	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій</i>	<i>Башлій</i>

7 Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс»	30.09.2023	
2	Визначення енергетичного стану вуглепідготовчого цеху	30.10.2023	
3	Статистичний аналіз споживання електроенергії вуглепідготовчим цехом	10.11.2023	
4	Заходи щодо зниження споживання електроенергії вуглепідготовчого цеху	20.11.2023	
5	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2023	

Студент *Мороз* (підпис) В.Ю. Мороз (ініціали та прізвище)

Керівник роботи *Башлій* (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер *Тф* (підпис) І.І. Бандуренко (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Мороз В.Ю. Підвищення ефективності електроспоживання вугільнопідготовчого цеху ПрАТ «Запоріжжкокс».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник С.В. Башлій. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

В цій магістерській роботі досліджується можливість підвищення ефективності використання електричної енергії вуглепідготовчим цехом. створено графіки та проведено аналіз. Для прогнозування витрат електроенергії було проведено кореляційний аналіз і регресійний аналіз. Це було зроблено, щоб порівняти обсяги виробництва та споживання електроенергії та визначити, наскільки ефективно підприємство використовує енергію. Запропоновано та техніко-економічно обґрунтовано низку технічних заходів, які дозволять підвищити загальну енергоефективність технологічного обладнання вуглепідготовчого цеху шляхом зменшення кількості електричної енергії, споживаної обладнанням.

Ключові слова: ВЕНТИЛЯЦІЙНІ УСТАНОВКИ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

## ABSTRACT

Moroz V.Y. Improving the efficiency of power consumption of the coal preparation shop of PJSC "Zaporizhkoeks".

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor S.V. Bashliy. Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute

named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2023.

This master's thesis explores the possibility of increasing the efficiency of the use of electrical energy by the coal preparation shop. Graphs were created and analysis was carried out. To predict electricity consumption, correlation analysis and regression analysis were carried out. This was done to compare the volume of production and consumption of electricity and to determine how efficiently the company uses energy. A number of technical measures have been proposed and technically justified, which will increase the overall energy efficiency of the technological equipment of the coal preparation shop by reducing the amount of electrical energy consumed by the equipment.

Keywords: VENTILATION UNITS, POWER SUPPLY SYSTEM, ELECTRICITY CONSUMPTION, MATHEMATICAL MODEL, ENERGY EFFICIENCY

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Загальна характеристика підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс.....	9
1.1 Характеристика об'єкта дослідження.....	9
1.2 Коротка характеристика технологічного процесу.....	16
1.3 Загальні відомості про вуглепідготовчий цех .....	29
1.4 Основне обладнання вуглепідготовчого цеху.....	31
2 Визначення енергетичного стану вуглепідготовчого цеху.....	42
2.1 Технічні характеристики обладнання .....	42
2.2 Розрахунок споживання електричної енергії вуглепідготовчого цеху.....	44
3 Статистичний аналіз споживання електроенергії вуглепідготовчим цехом.....	51
3.1 Аналіз витрат електроенергії на виробітку шихти.....	51
3.2 Кореляційний аналіз.....	52
3.3 Регресійний аналіз.....	58
4 Заходи щодо зниження споживання електроенергії вуглепідготовчого цеху.....	63
4.1 Заміна обладнання вуглепідготовчого цеху .....	63
4.2 Розрахунок техніко-економічних показників впровадження частотного перетворювача .....	68
5 Охорона праці та техногенна безпека.....	74
Висновки.....	85
Перелік посилань.....	86

## ВСТУП

При нестабільності економічних умов практична потреба в об'єктивному співставленні обсягів виробництва та витрат електроенергії на підприємствах є досить великою, оскільки обумовлена необхідністю прогнозувати електроспоживання при значних змінах обсягів виробництва і оцінювати раціональність використання електроенергії.

Коксохімічне виробництво — комплекс хімічних виробництв, пов'язаних із коксуванням кам'яного вугілля та переробкою хімічних продуктів коксування. Внаслідок очищення і переробки коксового газу, кам'яновугільної смоли, аміачної води добувають висококалорійне газове паливо для промислових печей, азотовмісне добриво — сульфат амонію, сірку або сірководень і велику групу органічних сполук — цінну сировину для хімічної промисловості.

Сьогодні ПрАТ «Запоріжжкокс» має повний комплекс коксохімічного виробництва переробки вугілля, випалювання коксу, уловлювання та переробки продуктів коксування.

Актуальність теми. В вуглепідготовчому цеху витрачається достатньо багато електроенергії, не розроблено методикку прогнозування подальших витрат електричної енергії. Прогнозування дозволить наперед розпорядкувати витрати електроенергії, тим самим зекономити кошти та ресурси.

Метою роботи є аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії вуглепідготовчим цехом, знаходження залежності між витратами електричної енергії і випуском продукції для подальшого прогнозування електроспоживання.

Методи досліджень – аналіз, порівняння, табличний метод, спостереження, статистичний аналіз, прогнозування.

Основні завдання магістерської роботи:

- зробити аналіз споживання електричної енергії обладнанням вуглепідготовчого цеху;
- побудувати графіки витрат електричної енергії на виробку шихти та провести аналіз;
- знайти залежність між випуском продукції та витратами спожитої електроенергії;
- провести кореляційний та регресійний аналіз;
- запропонувати рішення по зменшенню споживання електричної енергії та надати їх техніко-економічне обґрунтування.

Об'єкт дослідження – вуглепідготовчий цех ПрАТ «Запоріжжкокс».

Предмет дослідження – витрати електричної енергії в технологічному процесі.



# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

## ПрАТ «ЗАПОРІЖКОКС»

### 1.1 Характеристика об'єкта дослідження

Запорізький коксохімічний завод – ПрАТ «Запоріжжкокс» був введений в експлуатацію 15 квітня 1934 року. Його будівництво було пов'язано із створенням енергетичної бази України: Дніпровської гідроелектростанції і металургійного комплексу в місті Запоріжжі, і було закінчено в 1938 році.

Під час Великої Вітчизняної війни завод був повністю зруйнований. Його відбудова почалась відразу після звільнення м. Запоріжжя в жовтні 1943 року. Він не просто відновлювався в колишньому обсязі, а відроджувався цілком на новій технічній основі і в більш широких масштабах.

В листопаді 1947 року був виданий перший післявоєнний кокс, в 1949 році була досягнута його довоєнна потужність, в 1951 році відбудова була закінчена. В 1953-1957 рр. продовжувалось його розширення: були введенні в експлуатацію вуглезбагачувальна фабрика, батареї №№ 5, 6, смолопереробний, пекоковий цех та цех сіркоочищення.

Потужність заводу по виробництву коксу складала 3,0 млн. т за рік. Завод випускав уже 42 найменування коксохімічної продукції. Новаторство стало традицією Запорізьких коксохіміків. Дякуючи цьому на заводі постійно удосконалюється техніка та технологія виробництва; механізуються і автоматизуються виробничі процеси, покращуються організація праці і управління виробництвом [1].

В 1978-1985 рр. була розпочата і закінчена третя реконструкція заводу, його технічна перебудова з метою підвищення його технічного рівня та вирішення важливих екологічних проблем, пов'язаних з зношенням основних фондів.

В 1980-1982 рр. були збудовані і введені в експлуатацію комплекси 2-х батарей продуктивністю 925 тис. т коксу 6% вологості кожна з об'ємом камер 41,6 м<sup>3</sup>, а в 1983-1984 рр. - 2-х батарей з об'ємом камер 21,6 м<sup>3</sup> продуктивністю 440,0 тис. т коксу за рік кожна, які були перекладені в існуючих габаритах.

Для вирішення екологічних проблем були збудовані і успішно освоєні нові установки: біохімічної очистки стічних фенольних вод заводу (1985 р.), безпиллової видачі коксу на батареях №№ 5,6 (1984 р.), закритий цикл кінцевого охолодження коксового газу, впроваджена бездимна загрузка шихти в камери коксування, збільшена газова щільність дверей коксових батарей №№ 1,2 біс з висотою камер 7,0 м за проектом заводу «Славтяжмаш» та інше.

Через різкий спад виробництва на початку 90-х років, розпад СРСР перед підприємством в умовах ринкової економіки гостро постали питання його «виживання». Необхідно було терміново зробити новий ривок в удосконаленні технології, впровадженні безвідходного виробництва, розширенні асортименту продукції підприємства і її конкурентоздатності, зниженні енерговитрат, зниженні викидів в навколишнє середовище [1].

Починаючи з 1994 року підприємство стало безвідходним. Було припинено вивіз на відвальне господарство хімічних відходів і налагоджено виробництво з них палива котлового коксохімічного змішаного, пластифікатору бетону, в'язучих для шляхового будівництва. Тверді відходи (фуси) були використані як добавки в шихту для коксування. Було освоєно виробництво бензину із газових конденсатів та продуктів ректифікації сирого бензолу.

В 1997 році підприємство припинило викид умовно чистих продувочних вод в шламонакопичувач комбінату ПАТ «Запоріжсталь», а в 2000 році, після впровадження системи знезаражування господарчо-побутових та зливових вод, стало працювати в замкнутому циклі оборотного водозабезпечення.

Було виконано великий комплекс робіт, пов'язаних із зниженням викидів забруднюючих речовин в атмосферу міста Запоріжжя: освоєна стаціонарна установка безпильової видачі коксу на батареях №№ 1,2 біс (1995 р.), виконана на цих же батареях модернізація дверей з підвищенням їх газощільності, впроваджено також пневмоущільнення кришок стояків та гідроінжекція на всіх коксових батареях, здійснюється постійний ремонт кладки коксових батарей №№ 1,2, починаючи з 1997 року методом керамічної наплавки і сухого торкретування вогнетривким бетоном по методу німецьких фірм для продовження терміну служби кладки батарей, для яких уже минув нормативний термін, і багато другого.

В 2002-2003 роках на підприємстві введено в експлуатацію котельний комплекс продуктивністю 100 т/час власного пару, освоєна технологія виробництва високооктанових бензинів марок А-92 і А-95, разом з УХІНом технологія виробництва бензолу для синтезу вищого сорту та багато іншого.

В 2003 році збудована установка по отриманню пека електродного гранульованого. Вжито і других заходів, які дозволили стабілізувати роботу підприємства в складних соціально-економічних умовах, покращити умови праці більшості робочих місць, гарантувати стабільну оплату праці [1].

Сьогодні ПрАТ «Запоріжкокс» має повний комплекс коксохімічного виробництва переробки вугілля, випалювання коксу, уловлюванню та переробки продуктів коксування. На рисунку 1.1 зображений генеральний план ПрАТ «Запоріжкокс». В його склад входять п'ять основних цехів: вуглепідготовки, коксовий, уловлювання хімічних продуктів коксування, очищення коксового газу від сірководню та смолопереробно-пекококсівого виробництва, а також вісім допоміжних цехів: ремонтний, енергоцех, залізничний, безрейкового транспорту, благоустрою, ЦЗЛ та ВТК.



Все це об'єднано в єдиний технологічний потік, який потребує твердої централізації в управлінні виробничими процесами.

ПрАТ «Запоріжжкокс» один з небагатьох коксохімічних заводів з повною переробкою вугілля. Основною продукцією є кокс і пекококс, в даний момент виробляють п'ять фракцій коксу.

Вугілля на завод надходить у вагонах, після розвантаження вагонів за допомогою роторного вагоноперекидача вугілля по транспортерах потрапляє на склад вуглепідготовчого цеху, де різні марки вугілля змішують і одержують шихту, яка по транспортерам потрапляє в бункер на коксовий Ботар, з печі гарячий кокс в гасильному вагоні потрапляє в башту гасіння. Схема переробки вугілля показана на рисунку 1.2.

Через рампу по транспортерах доставляється на сортування, де сортується за допомогою грохотів і ГІЛів по фракціях. Частина коксу відправляється на металургійні підприємства, а частина в пекококсівий цех, де отримують рідкий пек та пекококс.

У результаті коксування з утворюваного газу в цеху уловлювання виробляють бензол, бентол, дизель, сольвент, а при виробництві бензолу побічна продукція сульфат амонію (добриво) і смола для дорожнього покриття. У цеху сіркоочищення в результаті очищення коксового газу від сірки побічною продукцією є колоїдна сірка.

Розпочато будівництво нового цеху який повинен виробляти вогнетривку цеглу. Печі з метою економії і охорони навколишнього середовища обігріваються коксівним газом, а частина сировини для виробництва цегли утворюється в результаті мийки вугілля [1].

Із запуском котельні з двома великими і одним малим котлами, завод повністю перейшов на власний пар, а також була побудована бойлерна де воду підігрівають за допомогою пари.

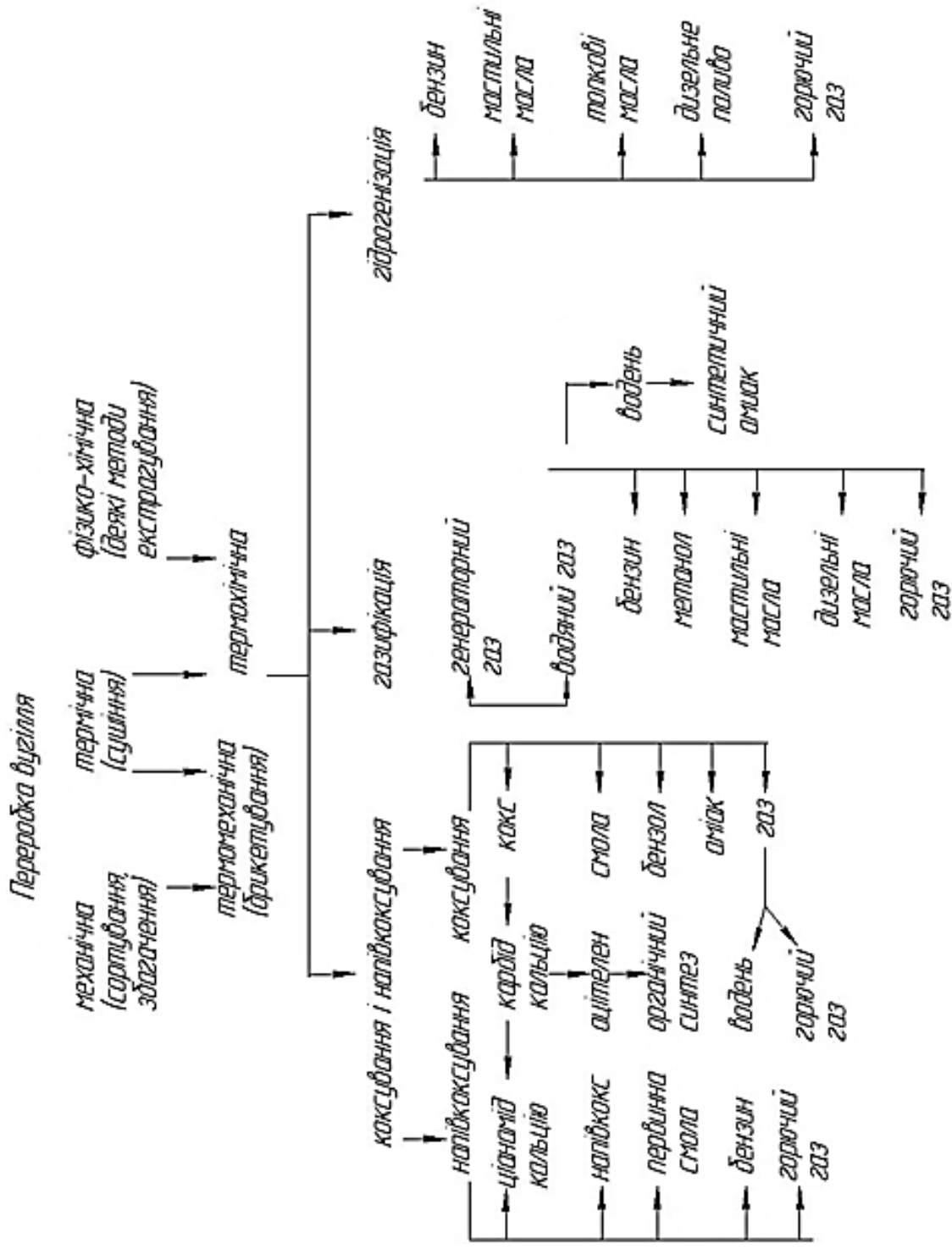


Рисунок 1.2 – Схема переробки вугілля на коксохімічному заводі

На заводі налічується 12 цехів:

- 1) коксовий цех – призначений для отримання з вугільної шихти, без доступу повітря, коксу встановленої якості і хімічних продуктів коксування відповідно до вимог нормативної документації;
- 2) пекококсний цех – з коксу виробляють пекококс, рідкий пек;
- 3) вуглепідготовчий цех ВПЦ – забезпечує прийом, зберігання і підготовку вугільних концентратів для коксування, а також подачу вугільної шихти в коксові печі;
- 4) цех уловлювання – основне завдання цього цеху проводити відбір коксового газу, його зрідження і отримання бензину, дизелю, бензолу, бентолу, толуолу, ксилолу, сольвенту, компоненту моторного палива, смоли для доріг, сульфату амонію, низькооктанового бензину;
- 5) смолоперегінний цех – забезпечення переробки кам'яновугільної смоли і випуск готової продукції встановленої якості в відповідності з виробничою програмою.
- 6) біохімічистка БХО – очищення технічної води;
- 7) сіркоочищення – виробляють колоїдну сірку з коксового газу;
- 8) центральна заводська лабораторія ЦЗЛ – здійснює контроль за всією продукцією, що випускається заводом, а також за навколишнім середовищем;
- 9) ремонтно-механічний цех РМЦ – виконання капітальних ремонтів;
- 10) енергоцех – забезпечує ремонт і підтримкою в працездатному стані електрообладнання та електроустановок;
- 11) цех безрейкового транспорту ЦБТ – вантажні машини, автокрани, автонавантажувачі, а також доставка автобусами робітників на роботу і з роботи;
- 12) залізничний цех - переміщення ж/д вагонів, цистерн, і т.д. по заводу і за його межами;
- 13) відділ технічного контролю ВТК – стежить за якістю продукції, що випускається підприємством у відповідно до вимог стандартів.

## 1.2 Коротка характеристика технологічного процесу

Основною сировиною для коксохімічної промисловості служить вугілля. Структура і будова вугілля можуть бути вивчені за допомогою мікроскопа. Груба структура вугілля, виявлена неозброєним оком, називається макроструктурою. Звичайний мікроскоп дозволяє бачити тонку структуру вугілля – мікроструктуру.

У вугіллі можна розрізнити більш-менш однорідну блискучу масу (вітрен), сірувату масу (дюрен), що містить різні включення, волокнисту частину (фюзен), схожу на деревне вугілля, і мінеральні включення. Вітрен, дюрен і фюзен – основні компоненти вугілля, що представляють його петрографічний склад [2].

При використанні кам'яного вугілля для коксування необхідно знати також його технічний склад, спікаємість, коксованість, розподіл мінеральних домішок у класах вугілля по їх крупності і насипну вагу вугільної шихти.

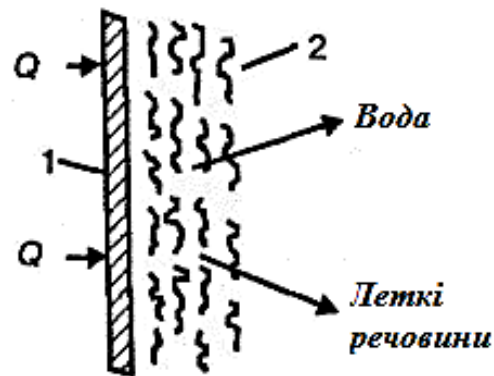
Коксування – це складний двофазний ендотермічний процес, в якому протікають термофізичні перетворення коксованої сировини та хімічні реакції за участю компонентів його органічної частини. Коксування проводять в коксових печах, що є реакторами періодичної дії з непрямим нагрівом, в яких теплота передається до коксованої вугільної шихти через стінку реактора. Тому термофізичні процеси при коксуванні включають:

- теплопередачу від стінки до матеріалу шихти;
- дифузію продуктів піролізу (парів води і летючих речовин) через шар шихти;
- видалення цих продуктів з шихти (рисунок 1.3).

Під технічним складом палива зазвичай мають на увазі дані, що характеризують технічну придатність палива. Технічний склад вугілля визначається вмістом вологи і мінеральних домішок, виходом летких



речовин, вмістом сірки і фосфору, вуглецю, водню та азоту, а також теплотою згоряння палива.



1 - стінка, 2 - шихта

Рисунок 1.3 – Схема термофізичних процесів при коксуванні шихти

Вологість вугілля. При нагріванні вугілля до 100-105°C з нього випаровується вода. Кількість випарованої води при цих умовах зазвичай виражають у відсотках до ваги палива і називають вмістом вологи у вугіллі, або коротше – вологістю вугілля

Зміст мінеральних домішок у вугіллі характеризується його зольністю. Зольність палива визначається по виходу залишку після спалювання вугілля при температурі 800°C. Зольність вугілля, як і вологість, виражається у відсотках до його ваги. Чим менше зольність вихідної шихти, тим менше зольність отриманого металургійного коксу.

Вихід летких речовин є кількістю газоподібних продуктів, що утворилися, в результаті різних хімічних реакцій в процесі термічного розкладання палива. Вихід летких речовин характеризує хімічний вік (зрілість) вугілля. Чим менше вихід летких речовин з вугілля, тим вище їх вік [2].

Співливістю вугілля називається здатність суміші вугільних зерен утворювати при нагріванні без доступу повітря спечений або сплавлений нелеткий залишок. Співання вугілля – результат процесів термічної деструкції, що викликає перехід їх у пластичний стан з наступним

утворенням напівкоксу, протікає головним чином у зоні температур 400-450°C.

Коксівність вугілля обумовлюється сукупністю всіх процесів, які протікають при нагріванні їх до більш високих температур (1000-1100°C) і включають, крім процесів спікання, зміцнення і усадки матеріалу напівкоксу і коксу, утворення тріщин та інші явища. Тому коксівністю називають здатність вугілля самостійно або в суміші з іншими вугіллям при певних умовах підготовки та нагрівання до високих температур утворювати кусковий пористий матеріал – кокс, що володіє певною крупністю і механічною міцністю.

Таким чином, поняття «спікливість» і «коксівність» різні. У першому випадку ми маємо справу зі здатністю вугілля спікатися, а в другому – зі здатністю вугілля давати металургійний кокс.

Групи вугілля зазвичай позначаються початковими буквами їх назв. Літерами Д, Г, Ж, К, П, С і Х позначені: довгополум'яне, газове, жирне, коксове, пісне, спікливе і худе вугілля. Вищенаведений ряд вугілля характеризується збільшенням ступеня їх хімічної зрілості (віку). Часто для позначення груп вугілля застосовують їх поєднання або додаткові індекси, підрозділяються групи вугілля на підгрупи. Систематизація вугілля по групах і марках являє собою їх класифікацію [2].

Підготовка вугілля до коксування.

Якість отриманого коксу залежить значною мірою від підготовки вугілля і правильності складання вугільної шихти. На коксохімічні заводи вугілля надходить звичайно з багатьох шахт і вуглезбагачувальних фабрик, і фахівець повинен не тільки знати властивості та склад вугілля, а й уміло складати з них суміш, яка дає найкращий кокс. Складання вугільних шихт для коксування (шихтовка) проводиться емпірично. Одна з основних вимог до якості коксу – висока міцність при достатній крупності. Тому спікливість вугільної шихти як чинник, що забезпечує високу міцність коксового речовини, повинна бути завжди достатньою.

Однак при надмірно великій спікливості, як, наприклад, вугілля марок П, Ж і деяких Г, виходить кокс з високою міцністю речовини, але невеликий, пористий і непридатний для доменних плавок. Надмірно пісне вугілля або шихти при коксуванні дають кокс великий, але неміцний, легко стирається, також непридатний для доменних плавок. Звідси випливає, що спікливість вугільної шихти повинна мати оптимальне значення.

Для отримання якісного коксу необхідно провести попередню підготовку вугільного матеріалу до процесу коксування. Підготовка вугілля до коксування включає ряд технологічних процесів: збагачення, усереднення складу вугілля, дроблення, просіювання, дозування, ущільнення, сушку та ін.

Вугілля при збагаченні проходять зазвичай такі технологічні операції:

1) розвантаження в вуглеприймальні ями, передача в дозувальні бункери або ж прямо на збагачувальну фабрику;

2) дозування вугілля і передача його в заданій пропорції транспортером на грохоти;

3) відділення великих шматків вугілля розміром більше 80 мм (на грохотах), дроблення великих шматків вугілля і приєднання дробленого продукту до рядового вугілля;

4) просіювання – поділ суміші сипучих матеріалів на кілька класів з їх крупності за допомогою апаратів, які називаються грохотами. Поверхні грохоту мають отвори для проходження матеріалу, називаються ситами, або решетами;

5) поділ рядового вугілля на класи з розміром шматків 10-80 мм і 0-10 мм;

6) збагачення класу 10-80 мм на відсадівних машинах, режелобах, в сепараторах з важкою рідиною або якими-небудь іншими способами;

7) подача класу 0-10 мм на знепилюючі пристрої або грохоти для видалення пилу (шламу);

8) збагачення – обезпилення дрібного класу вугілля;

9) передача пилу (шламу) на збагачення методом флотації. При відсутності установки флотації дрібні залишки пилу в незбагаченому вигляді можуть бути присаджені до концентрату або проміжного продукту [2].

При виборі схеми підготовки вугілля до коксування необхідно прагнути, насамперед, до отримання коксу найвищої якості. Якість коксу буде тим вище, чим однорідніше шихта за складом часток вугілля. Частинки пісного вугілля, що мають менший вихід летких речовин і знижену спікливість, повинні більш тонко дробитися в порівнянні з вугіллям інших марок. Особливо тонко повинні бути роздроблені мінералізовані частки шихти. Вони не спікаються і біля них в процесі коксування виникають тріщини, що знижують якість коксу. З іншого боку, передроблення вугільних частинок веде до утворення великої кількості пилу, призводить до зменшення насипної щільності шихти і до зниження її спікливості. Все це вказує на те, що схема дроблення вугілля повинна вибиратися, насамперед, з урахуванням розподілу мінеральних домішок у вугільних частинках.

В Україні широкого поширення набули дві схеми підготовки вугілля до коксування схема «ДШ» (дроблення шихти) і схема «ДК» (дроблення компонентів). Вибір схеми підготовки вугілля залежить, насамперед, від якості застосовуваних для приготування шихти вугілля і від наявного на підприємстві технологічного обладнання.

Одним з факторів, що впливає на якість коксу, є спікливість вугілля. Одним із дуже ефективних способів підвищення спікливості вугільних шихт є їх механічне ущільнення. Для цього шихту завантажують шарами в спеціальний металевий ящик, що має форму камери печі для коксування. Цей ящик встановлюють на машині, що виштовхує кокс з печі і називається коксовиштовхувачем. Стіни ящика можуть зніматися або розсуватися. Шари вугілля в ящику ущільнюються спеціальними механічними трамбівками. Якщо вугілля містить 8-12% вологи, то з нього виходить не розсипається досить міцний блок, який можна на металевій подині, як на лопаті, ввести в камеру коксування. В результаті коксування такого блоку виходить спечений пиріг

коксу, який далі звичайним чином видають з камер коксування. Трамбування дозволяє отримати кокс кращої якості з слабоспікаючих вугільних шихт [2].

Кокс хорошої якості можна отримати з слабоспікаючого вугілля також і в тому випадку, якщо їх масу ущільнити шляхом брикетування. Брикети кам'яного вугілля можна додавати в звичайну шихту і завантажувати разом з нею в камери для коксування. Цей спосіб в даний час знайшов широке застосування.

Пристрій коксових печей.

Коксохімічні заводи споруджуються, як правило, поблизу металургійних заводів і входять до їх складу, або існують як окремі підприємства. Коксохімічна промисловість відрізняється високою концентрацією виробництва, тобто заводи є вельми потужними і мають високу продуктивність. На рисунку 1.4 представлена технологічна схема коксового виробництва.

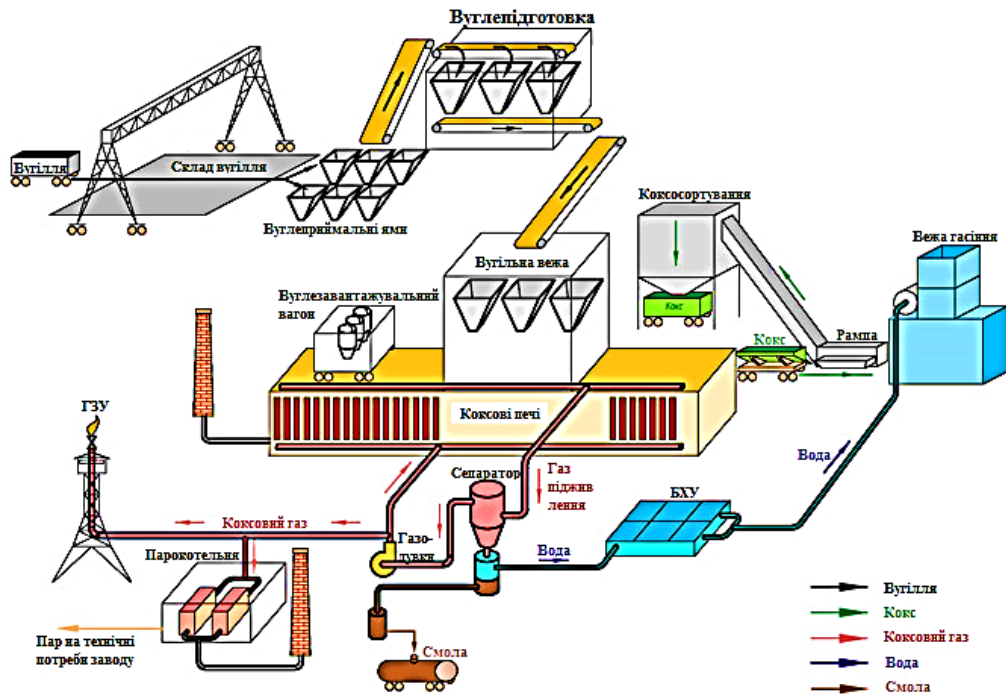
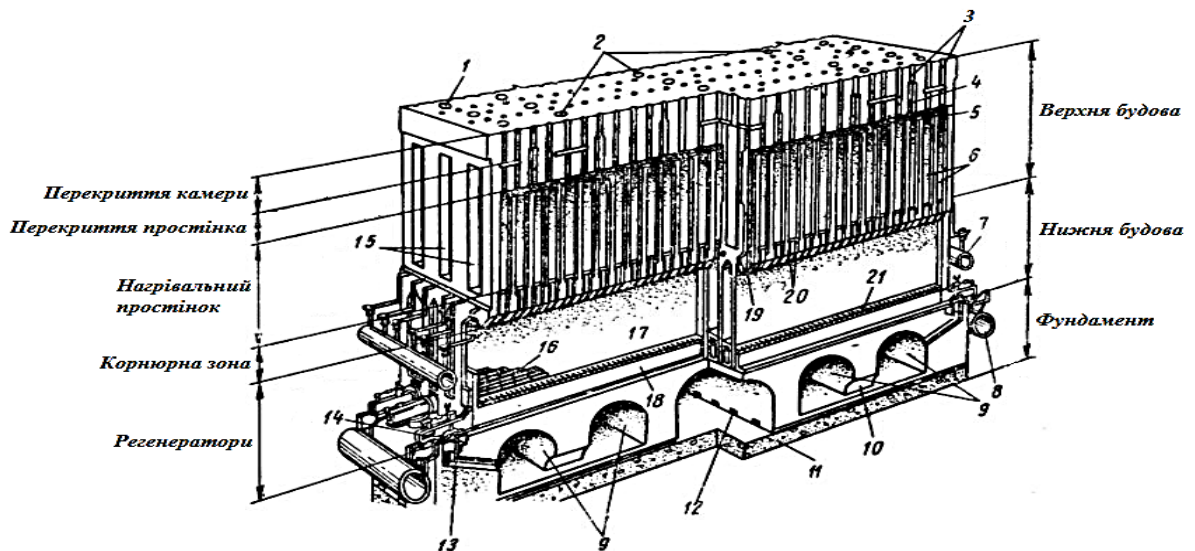


Рисунок 1.4 – Технологічна схема коксового виробництва

Сучасні печі для коксування вугілля являють собою горизонтальні прямокутні камери, викладені з вогнетривкого матеріалу. Камери печі обігріваються через бічні стіни. Печі розташовуються в ряд і об'єднуються в батареї для зменшення втрати тепла і досягнення компактності. В типову

батарею печей з шириною камер 410 мм входять зазвичай 65 печей, а в батарею великої ємності з камерами шириною 450 мм входять 77 печей. Звичайні камери мають корисний об'єм 20-21,6 м<sup>3</sup>, а печі великої ємності – 30 м<sup>3</sup>. Ширина печей більше 450 мм недоцільна через погіршення якості коксу. Для полегшення виштовхування коксу з камери коксування ширину камери з боку видачі коксу роблять на 40-50 мм ширше, ніж з машинною сторони.

Таким чином, камера має вигляд конуса. Основні, конструктивні елементи коксової батареї показані на рисунку 1.5. За основні елементи батареї треба прийняти наступні: фундамент, регенератори, корнюрну зону, зону обігрівальних простінок, перекриття простінок і перекриття камер [2].



1 - газовідвідні люки, 2 - завантажувальні люки, 3 - оглядові шахточки, 4 - перекидний канал, 5 - збірний горизонтальний канал, 6 - вертикал, 7 - газопровід коксового газу, 8 - газопровід доменного газу, 9 - кабана, 10 - з'єднувальні вікна, 11 - фундаментна плита, 12 - вентиляційний канал, 13 - димовий канал, 14 - газоповітряний клапан, 15 - камера коксування, 16 - насадка регенератора, 17 - регенератор, 18 - подовий канал, 19 - корнюр, 20 - косі ходи, 21 - решітка

Рисунок 1.5 – Основні конструктивні елементи кладки коксової батареї

Фундамент являє собою бетонну основу, що має з боків залізобетонні укріплення – контрфорси, які стримують переміщення кладки батареї при її

розігріві. Фундамент складається з двох плит. На нижній плиті встановлені верхні споруди батареї. У верхній плиті зазвичай розташовують кабана печей. Батарея має чотири кабана для відводу продуктів горіння. Над фундаментом розташований подовий канал для підведення повітря і бідного газу або ж відведення продуктів горіння з регенераторів.

Регенератори призначені для підігрівання повітря і бідного газу своєю насадкою, заздалегідь нагрітою теплом продуктів горіння, що відходять, з ogrівального простінка печей.

Над регенераторами знаходиться корнюрна зона, яка є основою камер печей і обігрівальних простінків. У ній розташовані канали для підведення коксового газу до вертикальних каналів обігрівального простінка. Ці канали інакше називаються корнюрами.

Над корнюрною зоною розташована зона обігрівальних простінків, в якій знаходяться камери печей для коксування вугілля. Зовнішні стіни обігрівальних простінків одночасно є стінами камер печі.

Для опалення печей застосовуються коксовий, доменний, генераторний, обезводнений коксовий газ та їх суміші [2-3].

При обігріві коксовим газом застосовується так званий «зворотній коксовий газ», тобто газ, що пройшов через апаратуру, що уловлює ряд хімічних продуктів. У складі зворотного коксового газу міститься до 60% водню, який доцільно витягти і використовувати на азотно-тукових заводах для синтезу аміаку. Обезводнений коксовий газ (який не містить водню) також можна застосувати для опалення печей. Генераторний газ застосовується лише в тих випадках, коли доводиться економити коксовий газ, який доцільніше використовувати як побутове паливо.

Завантаження печей вугільною шихтою.

Завантаження коксових печей включає наступні етапи: набір шихти з вугільної вежі в завантажувальний вагон, засипка шихти в камеру коксування і вирівнювання (планування) верхнього її шару штангою коксовиштовхувача.

Режим завантаження робить істотний вплив на продуктивність батарей, збереження кладки коксових печей, якість одержуваного коксу і хімічних продуктів, а також на ступінь забруднення атмосфери газами і вугільним пилом. Вугільна вежа зазвичай містить запас вугільної шихти, що забезпечує 14-16-годинну потребу коксового блоку. Вежа ділиться на самостійні секції, які закріплюються за окремими батареями. Бункери завантажувального вагона наповнюють шихтою з вугільної вежі через затвори. Кількість шихти, що набирається в завантажувальний вагон, визначається разовим завантаженням коксової камери і контролюється по вазі шихти або її об'єму. Ваги для зважування встановлюють під вугільною вежею або на самих вагонах.

Шихту завантажують у піч при опущених телескопах завантажувального вагона. Телескопи повинні щільно прилягати до гнізд завантажувальних люків коксової камери або входити в них. Тому перед завантаженням люки очищають від нагару [1,4].

У процесі завантаження в камері утворюється значна кількість газів і пилу, які виділяються разом з полум'ям в атмосферу через відкриті стояки, а часто вибиваються і з завантажувальних люків. Після завантаження в піч шихти її планують, тобто вирівнюють верхню частину шихти в камері планувальної штангою. Планування триває 1-2 хвилини до забезпечення вільного проходу газу до отворів для виходу в стояки. Управління штангою з коксовиштовхувача повинне бути автоматичним. Надлишок шихти, вигрібаючий з камери при плануванні, збирається в бункер коксовиштовхувача. Бункер періодично спорожняється, і шихта скіповим підйомником вугільної вежі подається на завантаження коксових печей.

Температурний режим батарей печей повинен забезпечувати отримання коксу високої якості і рівномірного за своїми властивостями. Для здійснення контролю над температурним режимом вимірюють температури в контрольних вертикалях і вертикалях по всій довжині обігрівальних простінків, в крайніх вертикалях з коксової і машинної сторін, по осі



коксового пирога до кінця періоду коксування, в підсклепінному просторі камер коксування, у верхній частині регенераторів, в газоповітряних клапанах і лежаках батарей. Температура батарей вимірюється оптичним пірометром.

Хід процесу коксування.

Весь хід процесу коксування можна залежно від температури нагрівання поділити на п'ять стадій [2,5].

Перша стадія – це стадія сушіння при нагріванні приблизно до 200°C. Протягом цієї стадії випаровується велика частина води, що міститься у вугіллі. Одночасно випаровуються і адсорбовані вугіллям газу - двоокис вуглецю, метан та ін.

Друга стадія – це початкова стадія розкладання при нагріванні від 200 до 350°C. Протягом цієї стадії утворюється трохи горючих газів, парів води (продукт розкладання вугілля) і смоли. До кінця цієї стадії вугілля починає «розм'якшуватися». На його зернах з'являється плівка рідких продуктів розкладання.

Третя стадія – це стадія пластичного стану при нагріванні в інтервалі 350-500°C (температурні межі залежать від якості вугілля). Протягом цієї стадії вугілля інтенсивно розкладається, утворюється багато летучих продуктів напівкоксування – смол і газів. До їх складу серед інших речовин входять парафінові вуглеводні і феноли. Послаблюються фізичні зв'язки між макромолекулами, розриваються деякі хімічні зв'язки, тверді частки диспергуються в плавку масу - утворюється пластична маса.

Четверта стадія – це стадія утворення напівкоксу при нагріванні від 500 до 600°C. Протягом цієї стадії утворюється незначна кількість смол та інших летючих, відбувається спікання і виходить твердий напівкокс.

П'ята стадія – це стадія утворення коксу при нагріванні від 600 до 1000°C. Протягом цієї стадії утворюється трохи смол, моноциклічні ароматичні вуглеводні і водень і закінчується процес утворення коксу.

Можливість отримання хорошого коксу залежить від протікання всіх стадій, але головним чином від поведінки вугілля протягом другої і третьої стадії.

Погано спікливе вугілля характеризується рясним виділенням летючих речовин протягом другої стадії – до переходу в пластичний стан. Однак якщо таке вугілля дуже швидко нагріти до 300-350°C, то розкладання не встигне пройти глибоко і можна розраховувати на отримання коксу задовільної якості.

Видача коксового вугілля [2,6].

Кокс з печей видається в певній послідовності і тільки при повній його готовності. Перед видачею коксу піч вимикається через стояк від газозбірників спочатку з машинної, а потім з коксової сторони. Одночасно з машинної та коксової сторін з печі знімаються двері, після цього в камеру печі подають штангу коксовиштовхувача. Узгодженість роботи всіх машин, що беруть участь у видачі коксу, здійснюється надійним блокуванням або сигналізацією між ними. Двері печей з коксової сторони знімають і закривають за допомогою дверезнімальної машини. Крім цього її призначенням є очищення рами та двері від смоляних і графітових відкладень, направлення у гасильний вагон коксового пирога, що видається з печі. Коксовиштовхувач є машиною, призначена, крім виштовхування пирога коксу з печі, для знімання і установки дверей з машинного боку печей, очищення рам і дверей, обезграфічування склепінь камери. Кожна типова батарея печі (61-77 печей) обслуговується окремим коксовиштовхувачем.

Батарея обслуговується комплектом механізмів:

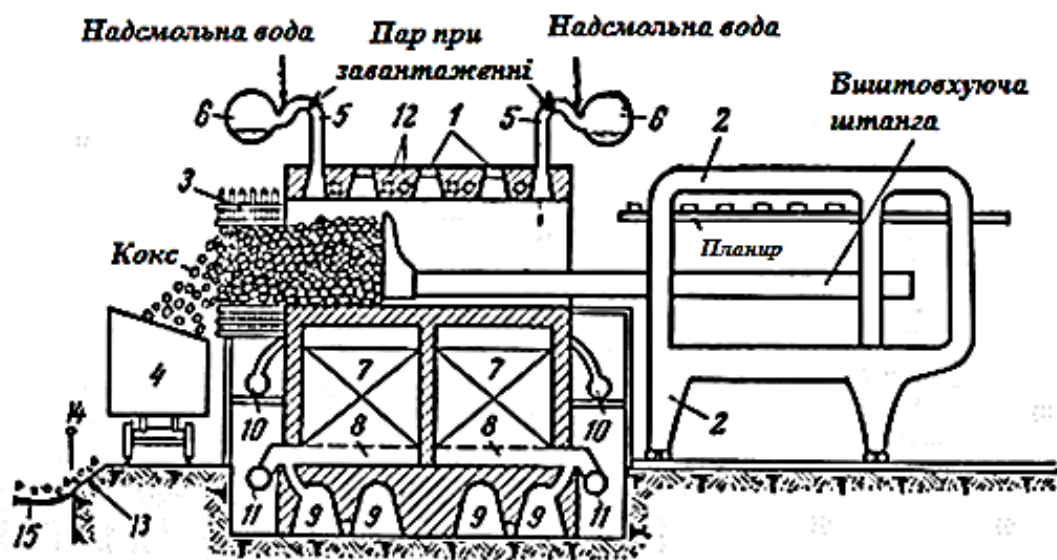
- 1) вагоном для завантаження вугілля;
- 2) коксовиштовхувачем;
- 3) машиною для знімання дверей коксових камер;
- 4) коксогасильним вагоном з електровозом (рисунок 1.6).

Кокс з печі видають рівномірно в рухаючий вагон, що призначається для прийому, переміщення коксу під вежу для його гасіння, для передачі до

рампи і вивантаження коксу на останню. Виданий з печі розпечений кокс по можливості швидко відвозять під гасильний вежу для охолодження. Кокс гасять (охолоджують) численними струменями води, що випливають з отворів зрошувального пристрою вежі [2,7].

Сортування коксу.

Як правило, кокс сортується на класи: 0-10, 10-25, 25-40 і крупніше 40 мм. Поява доменних печей великої потужності потребувало додаткового поділу доменного коксу на два класи: крупніше 60 і 40-60 мм.



- 1 - отвір для завантаження вугілля; 2 - коксовиштовхувач; 3 - напрямна рама;  
 4 - гасильний вагон; 5 - стояки; 6 - газозбірники; 7 - регенератори; 8 -  
 подовий канал; 9 - кабана; 10 - газопроводи коксового газу; 11 - газопроводи  
 доменного газу; 12 - перекидні канали; 13 - рампа; 14 - засувка; 15 -  
 транспортер для коксу

Рисунок 1.6 – Схема вивантаження коксового пирога

Коксортування обслуговує чотири коксових батареї і обладнується валковими і ситовими віброінерційними грохотами, бункерами для коксу, конвеєрами і жолобами для переміщення коксу. Металургійний кокс відділяється від дрібних класів коксу на валкових грохотах і надходить потім у бункери крупного коксу або надсилається транспортером безпосередньо в

доменний цех. Розділяється невеликий кокс на ситових віброінерційних грохотах. Найбільш поширеним є тип сортування коксу з передачею доменного коксу транспортером на металургійний завод.

Заслужують на увагу схеми сортування коксу з попередніми дробленням великого класу коксу, наприклад, вище 80 або 100 мм. Зазвичай великі шматки коксу менш міцні, тому перетворення їх на більш міцні шматки доцільно при наявності достатньої кількості коксу для доменних печей.

Сортування коксу являє собою один з істотних методів поліпшення якості коксу.

Головними параметрами, що характеризують конструкцію сучасних коксових печей, є:

1) можливість використання опалювального газу: печі комбіновані (призначені для опалення і багатими, і бідними газами, залежно від умов виробництва), і некомбіновані коксові печі (що мають пристрої для опалення тільки одним з газів - багатим або бідним);

2) спосіб підведення опалювального газу: бічний або нижній. За цими ознаками коксові печі можна розділити на наступні групи: печі комбіновані і некомбіновані; печі з боковим підведенням опалювального газу та повітря. Останні, в свою чергу, поділяються на печі з нижнім підведенням тільки багатого газу і нижнім регулюванням бідного газу і повітря.

По організаційній структурі коксохімічні підприємства існують як окремі коксохімічні і коксогазові заводи або коксохімічне виробництво у складі металургійних комбінатів. Існує також ряд заводів, які розташовані поряд з хімічними комбінатами. Цех є основним виробничим підрозділом підприємства. Ділянки і відділення можуть існувати як самостійні підрозділи, і можуть бути у складі цехів.

На Україні переважне значення мають коксохімічні підприємства, пов'язані з металургійними заводами і комбінатами.

### 1.3 Загальні відомості про вуглепідготовчий цех

Цех є структурним підрозділом ПрАТ «Запоріжжкокс» - виробником продукції відповідно до плану виробництва на основі внутрішньо - заводського госпрозрахунку.

Призначення вуглепідготовчого цеху коксохімічного заводу - забезпечити приймання, зберігання і підготовку вугілля для коксування, також подачу вугільної шихти в коксові цехи цього підприємства, або відвантаження її на бік. Кінцевим продуктом вуглепідготовчого цеху є вугільна шихта даного складу і властивості. Для забезпечення певного властивості коксу і хім. товарів коксування допустимі відхилення від цього тексту компонент в шихті не повинні перевищувати  $\pm 2\%$ .

Вуглепідготовчий цех є першою ланкою в технологічному ланцюгу коксохімічного підприємства і призначення його складається в прийомі вугілля, його зберіганні і підготовці до коксуваннях[5].

Розвантаження вугільних концентратів, що поступають на коксохімічне виробництво, здійснюється вагоноопрокидувачами. Розвантажений вугільний концентрат поступає в бункери. З бункерів за допомогою стрічкових живильників вугілля подається на конвеєрні тракти вуглеподачі і транспортується на закритий вугільний склад.

Раціональна підготовка вугілля до коксування є важливим фактором покращення якості коксу, розширення сировинної бази коксування і підвищення економічної ефективності вуглекоксового виробництва. Метою підготовки вугілля до коксування є приготування однорідної вугільної маси – шихти – такого складу і властивостей, які забезпечують отримання коксу відповідно до вимог і з постійними показниками якості. Ці показники повинні відповідати вимогам споживачів. [8,10].

На рисунку 1.7 зображена технологічна схема вуглепідготовчого цеху (ВПЦ).

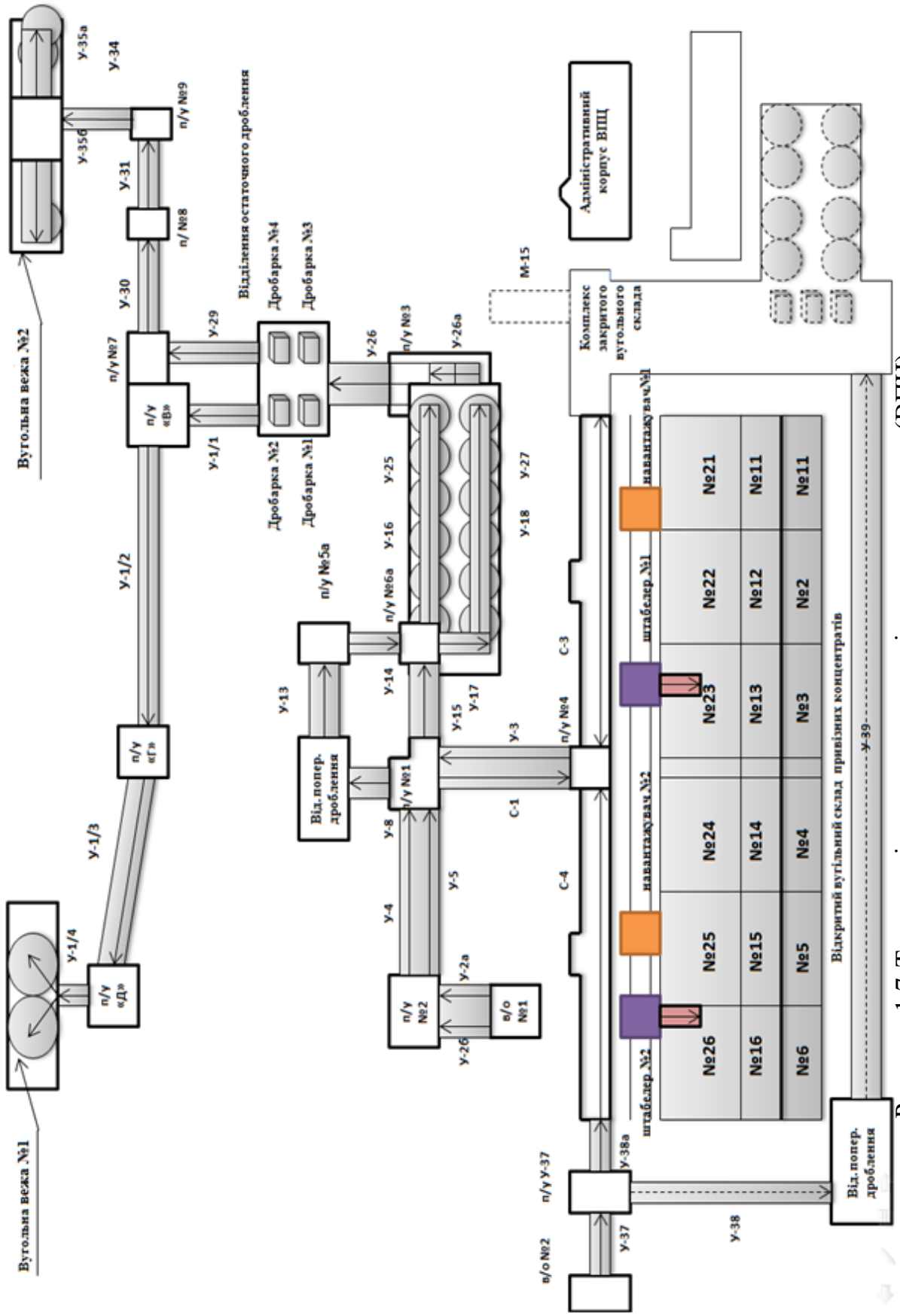


Рисунок 1.7-Технологічна схема вугледобувного цеху (ВПЦ)

### 1.3 Основне обладнання вуглепідготовчого цеху

Дробарка – це обладнання для дроблення, тобто механічного впливу на тверді матеріали з метою їх руйнування.

Вони бувають:

- шокові;
- конусні;
- молоткові;
- валкові;
- дискові.

У нашому випадку дробарка молоткова.

В молоткових дробарках матеріал дробиться в основному ударом молотків, які підвішені до ротора, що обертається у робочому просторі дробарки, обмеженому футерованим броньовими плитами корпусом. Додаткове (вторинне) дроблення матеріалу здійснюється при ударі грудки об броньові плити корпусу дробарки. Дроблення матеріалу відбувається доти його зерна не зможуть пройти крізь щілини колосникової решітки.

Молоткові дробарки виготовляються з колосниковими решітками і без них. Молотки, що застосовуються в молоткових дробарках, мають різну форму і масу (від 3,5 до 15 кг і більше). Чим більше крупність вихідного матеріалу, тим більше маса молотка при меншому їх числі і навпаки.

Молоткова дробарка - дробарка для середнього та дрібного дроблення з робочим органом у вигляді ротора з шарнірно закріпленими на ньому ударними елементами - молотками.

В молоткових дробарках матеріал дробиться в основному ударом молотків, які підвішені до ротора, що обертається у робочому просторі дробарки, обмеженому футерованим броньовими плитами корпусом. Додаткове (вторинне) дроблення матеріалу здійснюється при ударі грудки об

броньові плити корпусу дробарки. Дроблення матеріалу відбувається доти його зерна не зможуть пройти крізь щілини колосникової решітки[5,11].

Молоткові дробарки (рисунок 1.8) призначені для крупного, середнього і дрібного дроблення матеріалів низької і середньої твердості, але частіше їх застосовують для середнього і дрібного дроблення. В молоткових дробарках досягається ступінь дроблення до 30 — 40. Вони характеризуються високою продуктивністю і малою питомою витратою електроенергії.



Рисунок 1.8 - Дробарка молоткова

На вуглезбагачувальних фабриках застосовуються однороторні молоткові дробарки, реверсивні молоткові дробарки знаходять найбільше застосування у вуглепідготовчих цехах коксохімічних заводів для остаточного дроблення збагаченої шихти. На рисунку 1.8 зображена схема самої дробарки.

В вуглепідготовчому цеху (ВПЦ) використовується дробарка ДМР 14,5х13.

Дозатор - пристрій для контрольованого видатку речовини (сипкої маси, рідини тощо) у заданій кількості [2,13]. При збагаченні корисних копалин застосовують дозатор для шихтування сумішей (наприклад, вугілля): дискові або тарілчасті, вібраційні дозатор-живильники та ін., а також для



дозування флотаційних реагентів: скіпові, стаканчикові, роторні, шківові, голчасті. На практиці поряд з терміном «дозатор» вживається “живильник”.

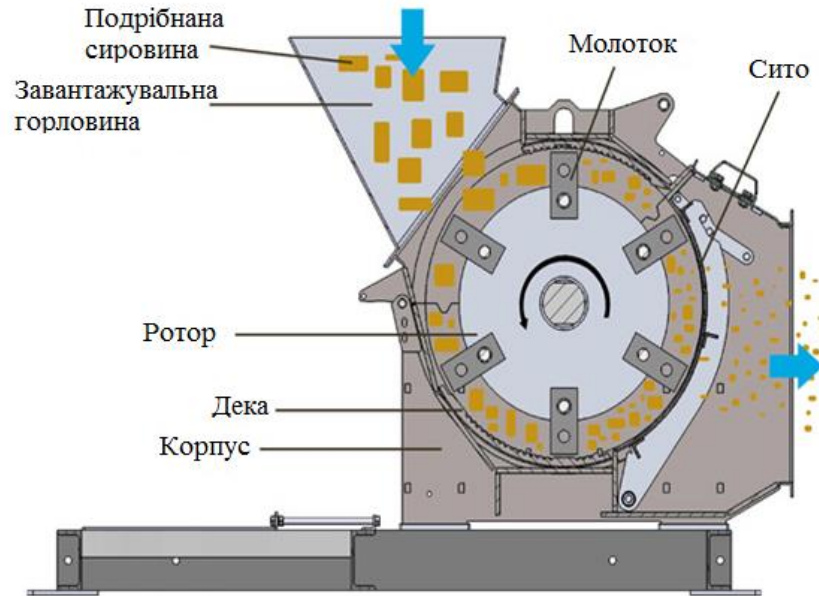


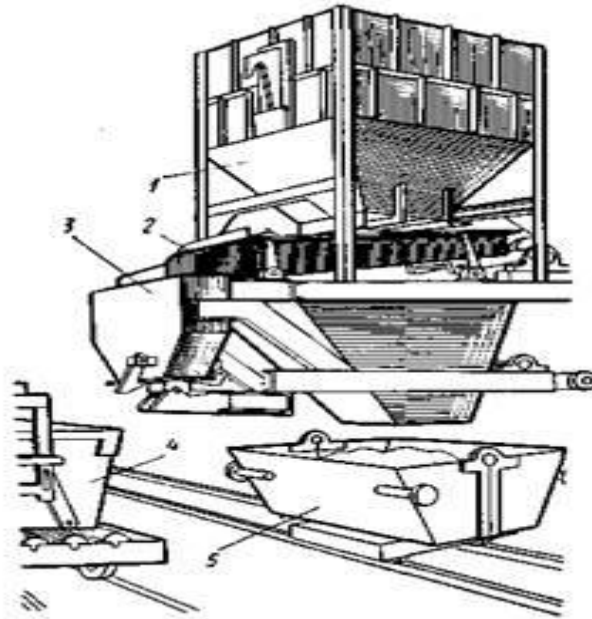
Рисунок 1.9 – Схема дробарки молоткової

Як показала практика, вміст вологи в коксі при розвантаженні на відкритому складі коливається від 2 до 7%. Ваговий метод дозування в цьому випадку є неприйнятним. Найбільш стабільні результати досягаються при дозуванні коксу за обсягом. Схема установки представлена на рисунку 1.9. Кокс подається до установки в контейнері 1 і видається віброживлення з ситом 2 в дозатор 3, в якому на заданому рівні встановлені дві пересувні мідні рейки, підключені до електромережі напругою 12 В.

Дозатор - пристрій для автоматичного відмірювання (дозування) і видачі заданої кількості, маси або об'єму речовини (твердих сипучих матеріалів, паст, рідин, газів) у вигляді порцій або постійної витрати зі встановленою похибкою ; загальне визначення приладів, систем, обладнання, що виконують однозначну функцію . Варіант назви дозатора - диспенсер.

Розвантаження вугільних концентратів, що поступають на коксохімічне виробництво, здійснюється вагоноопрокидувачами. Розвантажений вугільний концентрат поступає в бункери. З бункерів за допомогою

стрічкових живильників вугілля подається на конвеєрні тракти вуглеподачі і транспортується на закритий вугільний склад.



1 – контейнер, 2 – сито, 3 – дозатор, 4 – візок з цебром, 5 – контейнер

Рисунок 1.10 - Установа для дозування коксу

Дозатори можна розділити на види за такими ознаками:

- за ступенем автоматизації (автоматичні і напівавтоматичні);
- по виду використовуваної енергії (електричні, пневматичні, гідравлічні, комбіновані);
- за кількістю регламентованих каналів (одноканальні і багатоканальні);
- за кількістю спільно діючих механізмів (поодинокі, агрегатні, групові);
- за видом розподільного пристрою (клапанні, золотникові, безклапанні);
- за виконанню приводу (звичайного виконання, іскробезпечні, пиловодонепроникне, вибухобезпечні);
- за призначенням (живильники і порційні);
- за областю застосування (аналітичні, лабораторні, промислові);
- за видом дозуючого пристрою (поршневі, плунжерні, мембранні, сильфоні, шлангові, шестерні, гвинтові, шнекові, ковшові, з мірної ємністю);

- за продуктивністю (в залежності від витрати);
- за обсягом дози;
- за тискам (перепадів тиску);
- за в'язкості дозованих середовищ;
- за класом точності;
- за температурою дозованих середовищ; в залежності від характеристик дозованих середовищ (чистих середовищ; суспензій; кристалізуються середовищ); за властивостями дозованих середовищ (нормальних середовищ; агресивних середовищ; токсичних середовищ; вибухонебезпечних середовищ);
- за специфічністю середовищ (кислот; бром; зріджених газів) [2,15].

При заповненні дозатора коксом до заданого рівня електричний ланцюг через кокс замикається, вимикається сито і припиняється подача коксу в дозатор. При підході візки з цебром 4 рейковим механізмом висувається дозатор 3, розкривається його днище, і кокс зсипається в цебер. Кокс дрібних фракцій зсипається в контейнер 5.

Також це має наступні пристрої: транспортери, вагоноштовхач, штабелер, вагонопрокидувач.

Конвеєри (рисунок 1.11) це найбільш продуктивний вид безперервного транспорту, що використовується для транспортування сипучих і штучних вантажів. Схеми транспортерів вельми різноманітні і визначаються призначенням транспортера в даному технологічному процесі:

Стрічковий транспортер. Принцип роботи транспортера заснований на поступальному русі стрічки конвеєра. Стрічка приходить в рух за рахунок приводного барабана, який обертається за рахунок роботи приводу (це може бути мотор-редуктор, або електродвигун і редуктор з'єднаний муфтою). В залежності від умов експлуатації поставляються гладкі, пластинчасті або футеровані барабани. В залежності від виробничої необхідності, конвеєри можуть бути самохідними з приводом пересування або пересувними. У

комплект можуть входити розвантажувальні візки, прийомні лотки, укриття, датчики, борти і таке інше.



Рисунок 1.11 - конвейер пластинчатий

Вагоноштовхачі (рисунок 1.12) є частиною розвантажувального комплексу і призначені для насування та установки залізничних напіввагонів в вагоноопрокидувачі типу ВРС і ВБС.

Вагоноштовхач складається з:

- приводного 2-х вісного візка, який складається з рами з встановленими на ній приводами;
- кабіни електрообладнання;
- коробка, заповненого баластом;
- струмоз'ємника, призначеного для передачі електроживлення від тролів до вагоноштовхачем.

Конструктивні особливості:

- робота на прямолінійній і криволінійній ділянці (з радіусом кривизни не менше 200м);
- надійність в експлуатації за будь-яких погодних умовах;
- плавне і ефективне гальмування;
- низьке енергоспоживання;
- простота в управлінні і експлуатації;
- дистанційне незалежне управління механічними гальмами без відключення живлення обмоток збудження.

Термін виготовлення: 120 днів.



Рисунок 1.12 - Вагоноштовхач BT-4T

Вагоноперекидач призначений для механізованого розвантаження сипучих вантажів з піввагонів вантажопідйомністю 60 ... 93 т. Застосовується переважно на підприємствах з високим рівнем підґрунтових вод.

Вагоноперекидач складається з: рами, платформи з ляльками, відбійних щитів, централізованої системи змащення, механізму перекидання.

Управління вагоноперекидачем здійснюється оператором з посади керування.

Переваги:

- мінімальні капітальні витрати на установку за рахунок зменшення заглиблення фундаменту;
- посилений центральний вал;
- надійна фіксація піввагона на платформі спеціальним гальмівним пристроєм;
- оснащення системою віброзащитки, обладнанням збирання просипу;
- функціонально сумісний з позиціонером піввагонів бічного типу установки[17,18].

Вагоноперекидач (рисунок 1.13) — пристрій, яким розвантажують вагони та вагонетки з насипним вантажем, перекидаючи або нахиляючи їх. Розрізняють вагоноперекидачі роторні (кругові і бокові), перекидні напіввагони і платформи, з поздовжнім нахилом поворотного майданчика на кут 45-60°. Застосовують на заводах і шахтах, у портах, на збагачувальних

фабриках (переважно роторні, бокові вагоперекидачі). В Україні використовують з кінця XIX століття. Перші вагоперекидачі в Україні були встановлені у Маріупольському порту.

Для точного встановлення вагонів в зоні вагоперекидача використовують маневрові пристрої.



Рисунок 1.13 - Вагоперекидач ВРС - 75

Вуглеперевантажувач козловий кран (рисунок 1.14) призначений для закладки штабеля вугільного концентрату з приймальні траншеї і навантаження вугільного концентрату в бункерний навантажувач, а так само розподілу приходить вугільного концентрату на поле для його зберігання. Залежно від конструкції моста козловий кран може бути одно- чи двобалковим. Є моделі з одними або з двома підйомними механізмами які зазвичай мають різну вантажопідйомність з чітким розподілом на підйомників на основний та допоміжний.

Довжина прольоту козлових кранів загального призначення зазвичай складає від 4 до 40 м, а у кранів, призначених для обслуговування суднобудівних стапелів, проліт може досягати 170 м. Вантажопідйомність при обслуговуванні гідроелектростанцій і стапелів досягає 400 або 800 т (в

окремих випадках 1600 т). Відповідно до загальноприйнятої класифікації козлові крани бувають:

- загального призначення — двохконсольні, гакові, електричні (вантажопідйомність 3,2–50 т, проліт 10–40 м, висота підйому залежно від умов навантаження-розвантаження 7–16 м);
- спеціального призначення — для робіт на гідротехнічних спорудах, довгорозмірних вантажів тощо;
- перевантажувальні;
- монтажно-будівельні (вантажопідйомність 300–400 т, проліт 60–80 м, висота підйому 20–30 м) [2,18].



Рисунок 1.14 - Вуглеперевантажувач УП-1

Бункерний завантажувач (рисунок 1.15) - призначений для завантаження вугільного концентрату з поля з метою передачі сировини в силосу дозирочного відділення. Вихідні комплектуючі:

- двигун Mercedes 455ЛС, 6 циліндрів 12,8 л, зменшене споживання;
- насоси Sauer-Danfoss: нове гідравлічне рішення для підвищення продуктивності;
- колісні двигуни високого класу та гальма передніх коліс з динамічними барабанами;
- радіус повороту значно менше для кращої керованості;
- передні шини дуже великих розмірів(+ 20% в діаметрі);
- простота обслуговування, завдяки легкому доступу до відділень;

- батарейна шафа;
- шафа електроприладів;
- шафа фільтрів.



Рисунок 1.15 – Бункерний завантажувач

Матеріал подається в насипний лоток стрічкового транспортера (рисунок 1.16) і транспортується за допомогою тягово-несучого механізму транспортера - стрічки, до місця його вивантаження. Стрічка підтримується за допомогою роликкоопір і приводиться в рух приводним пристроєм.



Рисунок 1.16 – Стрічковий транспортер У-2а

Штабелер (рисунок 1.17) - це транспортний засіб, обладнане механізмом для підйому, штабелювання (зберігання і перевезення вантажів з установкою їх один на одного) або переміщення інтермодальних транспортних одиниць (тобто вантажів, пристосованих для перевезення різними видами транспорту).



Існує кілька типів штабелерів, що розрізняються по різним особливостям конструкції :

За типом приводу вантажопідйомного пристрою:

- гідравлічні з ручним приводом;
- електрогідравлічні;
- електромеханічні.

За способом врівноваження:

- без систем стабілізації;
- з опорними консолями, що знаходяться з боків штабелера;
- з противагою[1,16].

Слід пам'ятати, що зазвичай використовуються обидва способи врівноваження штабелера.

Призначений для укладання вантажів у штабелі або стелажі в кілька ярусів. Слід розділяти «вилкові навантажувачі» і «штабелери». Навантажувач може грати роль штабелера, але він призначений для більш широкого спектру робіт.



Рисунок 1.17 – Штабелер

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ВУГЛЕПІДГОТОВЧОГО ЦЕХУ

### 2.1 Аналіз споживання електричної енергії вуглепідготовчого цеху

В таблицях 2.1 – 2.12 наведені характеристики основного обладнання вуглепідготовчого цеху.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики дробарки ДМР – 14,5x13

Параметри	Значення
Напруга мережі, В	380-400
Частота обертання ротора, об / хв	1000
Ширина розвантажувальної щілини, мм	3-5
Потужність приводу, кВт	630
Розмір частин вихідного продукту, мм	80
Продуктивність, т / год, не більше	300
Маса, т	18
Кількість, шт	4
Розміри ротора, мм	1450x1300

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики вагоноперекидача

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	92
Кут повороту ротора, °	170
Пропускна здатність, т/год	1000

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики вагоноштовхача

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	91
Пропускна здатність	15 вагонів
Кількість, шт	2

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики стрічкового живильника У-37

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	11
Кількість, шт	4

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики стрічкового конвейєра

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	25
Пропускна здатність т/год	500
Ширина стрічки, мм	1200
Кількість, шт	10

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики штабелєра

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	16
Кількість, шт	2

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики вуглеперевантажувача

Параметри	Значення
Тип вуглеперевантажувача	Перевантажувач с грейферной тележкой
Вантажопідйомність, т	30
Об'єм грейфера, м <sup>3</sup>	15
Проліт між опорами, м	76,2
Швидкість пересувного моста, м/хв.	20
Швидкість пересувного візка, м/хв.	200
Швидкість підйома грейфера м/хв.	80
Швидкість спуску грейфера, м/хв.	90
Напруга елек.тока, силова, В	380
Напруга ланцюга керування та освітлення, В	220

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики бункерного завантажувача

Параметри	Значення
Потужність, кВт	9
Кількість, шт	2

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики конвеєра стрічкового

Параметри	Значення
Потужність, кВт	24
Кількість, шт	5

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики дозатора стрічкового

Параметри	Значення
Потужність, кВт/год	37
Пропускна здатність, т/год	500
Ширина стрічки, мм	1200
Кількість	1

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики грейферного крану

Параметри	Значення	
	УП - 1	УП - 2
Клас крану	УП - 1	УП - 2
Вантажопідйомність, т	30	32
Висота, м	35	35
Ємність грейфера, м <sup>3</sup>	15	15,8
Потужність	160	250
Кількість	1	1

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики світильника

Параметри	Значення
Номінальна потужність, Вт	200
Світовий потік, Лм	18 000
Температура кольору, К	4100
Напруга, В	220
Сила струму, мА	900
Клас енергоспоживання	A
Температурний режим експлуатації, С	-40 - +50
Термін придатності, год	50 000
Кількість, шт	33

## 2.2 Розрахунок споживання електричної енергії вуглепідготовчого цеху

Розраховуємо сумарну активну потужність обладнання

$$\sum P_n = \sum P_n \cdot n, \quad (2.1)$$

де  $P_n$  – номінальна активна потужність обладнання, кВт;

$n$  – кількість обладнання, шт.

- для дробарок:

$$\sum P_n = 630 \cdot 4 = 2520 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вагоноштовхачів:

$$\sum P_n = 91 \cdot 2 = 182 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вагоноперекидачів:

$$\sum P_n = 92 \cdot 2 = 184 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкових живильників:

$$\sum P_n = 11 \cdot 4 = 44 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкового конвейєра:

$$\sum P_n = 25 \cdot 10 = 250 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для штабелерів:

$$\sum P_n = 16 \cdot 2 = 32 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вуглеперевантажувача:

$$\sum P_n = 205 \cdot 2 = 410 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для бункерних завантажувачів:

$$\sum P_n = 9 \cdot 2 = 18 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкових конвейерів:

$$\sum P_n = 24 \cdot 10 = 240 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для дозатору:

$$\sum P_n = 37 \cdot 1 = 37 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для грейферних кранів:

$$\sum P_n = 160 \cdot 1 + 250 \cdot 1 = 410 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для світильників:

$$\sum P_n = 0,2 \cdot 33 = 6,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- Визначасмо річне споживання електричної енергії обладнанням:

$$W_{об} = \sum P_n \cdot K_{исп} \cdot T_v \quad (2.2)$$

де  $W_{об}$  – річний обсяг споживання електроенергії, кВт · год;

$K_{исп}$  – коефіцієнт використання, в.о.;

$T_{роб}$  – кількість годин роботи обладнання за рік, визначається за формулою:

$$T_в = T_{роб} \cdot Z_{зм} \cdot \Gamma_{зм} \quad (2.3)$$

де  $\Gamma_{зм}$  – кількість годин у зміні, год;

$Z_{зм}$  – завантаження зміни, в.о.;

$T_{роб}$  – кількість робочих днів у році.

$$T_в = 249 \cdot 8 \cdot (1 + 1) = 3984 \text{ год}$$

Значення коефіцієнту використання для кожної машини наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Значення коефіцієнту використання

Найменування	Значення коефіцієнту використання, $K_в$
Дробарки	0,8
Вагоноштовхачі	0,8
Вагоноперекидачі	0,8
Стрічкові живильники	0,8
Стрічкові транспортири	0,8
Штабелери	0,6
Вуглеперевантажувач	0,7
Бункерні завантажувачі	0,7
Стрічкові конвеєри	0,7
Дозатор	0,8
Грейферні крани	0,8
Світильники	0,8

Розраховуємо річне споживання електроенергії:

- Для дробарок:

$$W_{об} = 2520 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 8031744 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вагоноштовхачів:

$$W_{об} = 182 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 580070,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вагоноперекидачів:

$$W_{об} = 184 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 586444,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкових живильників:

$$W_{об} = 44 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 140236,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкового конвейера:

$$W_{об} = 250 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 796800 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для штабелерів:

$$W_{об} = 16 \cdot 3984 \cdot 0,6 = 38246,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для вуглеперевантажувача:

$$W_{об} = 410 \cdot 3984 \cdot 0,7 = 1143408 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для бункерних завантажувачів:

$$W_{об} = 18 \cdot 3984 \cdot 0,7 = 50198,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для стрічкових конвейерів:

$$W_{об} = 51 \cdot 3984 \cdot 0,7 = 669312 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$



- Для дозатору:

$$W_{об} = 37 \cdot 3984 \cdot 0,8 = 117926,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунків заносимо у таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Результати розрахунків споживання електроенергії

Найменування	Спожито електричної енергії за рік $P$ , кВт·год	Спожито електричної енергії за рік, %
Дробарки	8031744	59,57
Вагоноштовхачі	580070,4	4,3
Вагоноперекидачі	586444,8	4,35
Стрічкові живильники	140236,8	1,04
Стрічковий конвейєр	796800	5,91
Штабелер	38246,4	0,28
Вуглеперевантажувач	1143408	8,48
Бункерні завантажувачі	50198,4	0,37
Стрічкові конвеєри	669312	4,96
Дозатор	117926,4	0,87
Грейферні крани	1306752	9,69
Світильники	21035,52	0,16
Всього	13600101	100%

Діаграма споживаної обладнанням потужності за рік зображена на рисунку 2.1

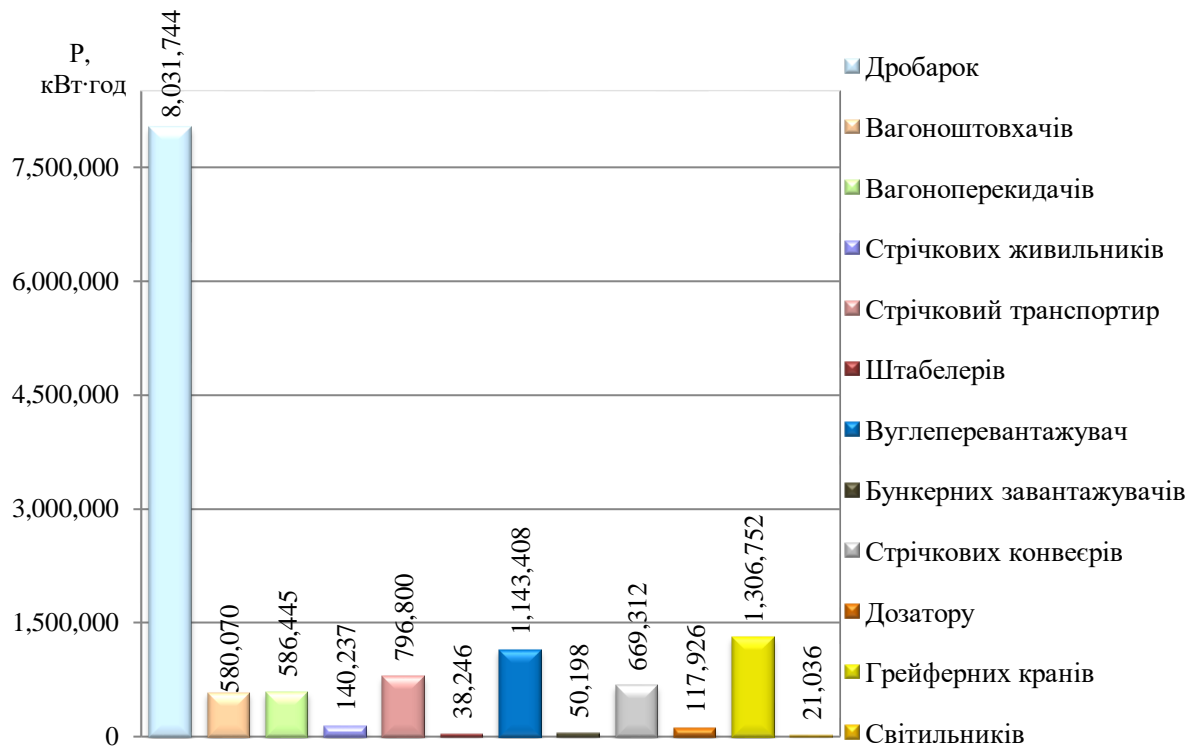


Рисунок 2.1 – Діаграма споживаної обладнанням потужності

### 3 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВУГЛЕПІДГОТОВЧИМ ЦЕХОМ

#### 3.1 Аналіз витрат електроенергії на виробітку шихти

Зменшення енергоспоживання дає можливість збільшити випуск продукції при тій же встановленій потужності електрообладнання. Це, в свою чергу, дозволяє зменшити потребу в електрообладнанні, що призводить до зниження капітальних витрат на його придбання.

Загальний вигляд аналізу витрати електроенергії на випуск шихти зображено на рисунку 3.1:

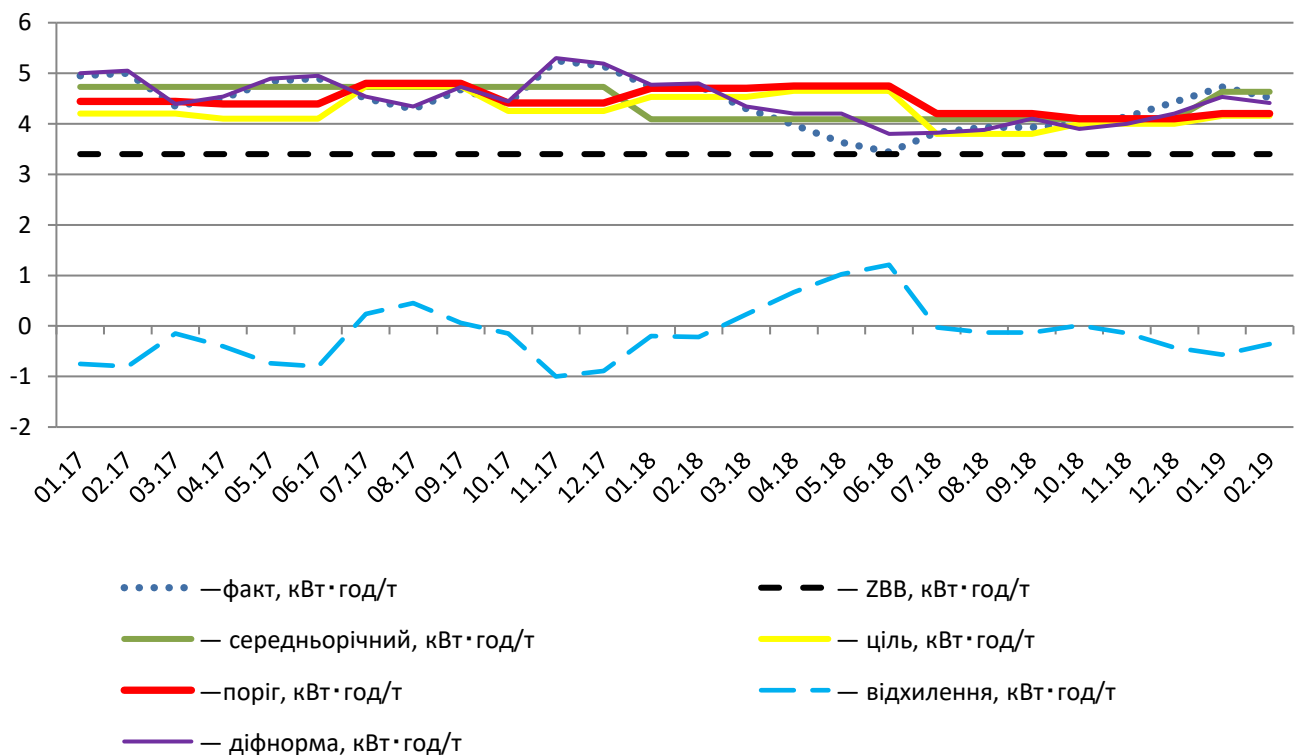


Рисунок 3.1 – Аналіз витрат електроенергії на випуск шихти

### 3.2 Кореляційний аналіз

Термін кореляція походить від англійського слова correlation - співвідношення, відповідність (взаємозв'язок, взаємозалежність) між ознаками, що виявляється при масовому спостереженні зміни середньої величини однієї ознаки залежно від значення іншої. Ознаки, що пов'язані між собою кореляційним зв'язком, називають корельованими.

Кореляційний аналіз дає змогу виміряти ступінь впливу факторних ознак на результативні, встановити єдину міру тісноти зв'язку і роль досліджуваного фактора (факторів) у загальній зміні результативної ознаки. Кореляційний метод дозволяє одержати кількісні характеристики ступеня зв'язку між двома і більшим числом ознак, а тому на відміну від розглянутих вище методів, дає більш широке уявлення про зв'язок між ними.

Зв'язки між факторами досить різноманітні. При цьому одні ознаки виступають в ролі факторів, що діють на інші, зумовлюючи їх зміну, другі - в ролі дії цих факторів. Перші з них називають факторними ознаками, другі - результативними.

Досліджуючи зв'язки між ознаками, необхідно виділити насамперед два види зв'язків: функціональний (повний) і кореляційний (статистичний) зв'язок.

Функціональним називають такий зв'язок між ознаками, при якому кожному значенню однієї змінної (аргумента) відповідає строго визначене значення другої змінної (функції). Такі зв'язки спостерігаються в математиці, фізиці, хімії, астрономії та інших науках.

У сільськогосподарському виробництві прикладом функціонального зв'язку може бути зв'язок між виручкою від продажу продукції, ціною реалізації 1 ц і кількістю реалізованої продукції; валовим збором, урожайністю і розміром посівної площі; фондівдачею, вартістю валової

продукції і основних фондів; заробітною платою і кількістю відпрацьованого часу при погодинній оплаті тощо.

Функціональний зв'язок виявляється як у сукупності в цілому, так і в кожній її одиниці абсолютно точно і виражається за допомогою аналітичних формул.

Кореляційний зв'язок є неповним, він проявляється при великій кількості спостережень, при порівнянні середніх значень результативної і факторної ознак. У цьому відношенні виявлення кореляційних залежностей пов'язано з дією закону великих чисел: тільки при досить великій кількості спостережень індивідуальні особливості і другорядні фактори згладяться і залежність між результативною і факторною ознаками, якщо вона має місце, виявиться досить виразно.

За допомогою кореляційного аналізу вирішують такі основні завдання:

а) визначення середньої зміни результативної ознаки під впливом одного або кількох факторів (в абсолютному або відносному вимірі);

б) характеристика ступеня залежності результативної ознаки від одного з факторів при фіксованому значенні інших факторів, включених до кореляційної моделі;

в) визначення тісноти зв'язку між результативними і факторними ознаками (як з усіма факторами, так і з кожним фактором окремо при виключенні впливу інших);

г) визначення і розкладання загального обсягу варіації результативної ознаки на відповідні частини і встановлення ролі кожного окремого фактора в цій варіації;

д) статистична оцінка вибірових показників кореляційного зв'язку.

Кореляційний зв'язок виражається відповідними математичними рівняннями. За напрямом зв'язок між корелюючими ознаками може бути прямим і оберненим. При прямому зв'язку обидві ознаки змінюються в одному напрямі, тобто із збільшенням факторної ознаки зростає результативна і навпаки (наприклад, зв'язок між якістю ґрунту і

врожайністю, рівнем годівлі і продуктивністю тварин, стажем роботи і продуктивністю праці). При оберненому зв'язку обидві ознаки змінюються в різних напрямках (наприклад, зв'язок між урожайністю і собівартістю продукції, продуктивністю праці і собівартістю продукції).

За формою або аналітичним вираженням розрізняють зв'язки прямолінійні (або просто лінійні) і нелінійні (або криволінійні). Якщо зв'язок між ознаками виражається рівнянням прямої лінії, то його називають лінійним зв'язком, якщо ж він виражається рівнянням будь-якої кривої (параболи, гіперболи, показникової, степеневої і т.д.), то такий зв'язок називають нелінійним або криволінійним.

Залежно від кількості досліджуваних ознак розрізняють парну (просту) і множинну кореляцію. При парній кореляції вивчають зв'язок між двома ознаками (результативною і факторною), при множинній кореляції - зв'язок між трьома і більшим числом ознак (результативною і двома і більшим числом факторів).

За допомогою методу кореляційного аналізу вирішується два головних завдання: 1) визначення форми і параметрів рівняння зв'язку; 2) вимірювання тісноти зв'язку.

Перше завдання вирішується знаходженням рівняння зв'язку і визначенням його параметрів. Друге - за допомогою розрахунку різних показників тісноти зв'язку (коефіцієнта кореляції, кореляційного відношення, індексу кореляції та ін.).

Схематично кореляційний аналіз можна поділити на п'ять етапів:

- 1) постановка завдання, встановлення наявності зв'язку між досліджуваними ознаками;
- 2) відбір найістотніших факторів для аналізу;
- 3) визначення характеру зв'язку, його напрямку і форми, вибір математичного рівняння для вираження існуючих зв'язків;
- 4) розрахунок числових характеристик кореляційного зв'язку (визначення параметрів рівняння і показників тісноти зв'язку);

5) статистична оцінка вибірових показників зв'язку.

Науково обґрунтоване застосування кореляційного методу потребує перед усім глибокого розуміння суті взаємозв'язків соціально-економічних явищ. Сам метод не встановлює наявності і причин виникнення зв'язків між досліджуваними явищами, його призначення полягає в їх кількісному вимірюванні. На першому етапі кореляційного аналізу здійснюється загальне ознайомлення з досліджуваним об'єктом і явищами, уточнюються мета і завдання дослідження, встановлюється теоретична можливість причинно-наслідкового зв'язку між ознаками.

Встановлення причинних залежностей в досліджуваному явищі передуює власне кореляційному аналізу. Тому застосуванню методів кореляції повинен передувати глибокий теоретичний аналіз, який охарактеризує основний процес, що протікає в досліджуваному явищі, визначить суттєві зв'язки між окремими його сторонами і характер їх взаємодії.

Попередній аналіз даних створює основу для формулювання конкретного завдання дослідження зв'язків, відбору найважливіших факторів, встановлення можливої форми взаємозв'язку ознак і тим самим приводить до математичної формалізації - до вибору математичного рівняння, яке найбільш повно відтворить існуючі зв'язки.

Одним із найважливіших питань кореляційного аналізу є відбір результативної і факторної (факторних) ознак. Факторні і результативні ознаки, що відбираються для кореляційного аналізу, повинні бути суттєвими, перші повинні безпосередньо впливати на другі. Відбір факторів для включення їх в кореляційну модель повинен базуватися передусім на теоретичних основах і практичному досвіді аналізу досліджуваного соціально-економічного явища. Велику допомогу в розв'язанні цього завдання можуть надати такі статистичні прийоми і методи, як зіставлення паралельних рядів, побудова таблиць розподілу чисельностей за двома ознаками (кореляційних таблиць), побудова статистичних групувань як за результативною ознакою з аналізом взаємопов'язаних з нею факторів, так і за

факторною ознакою (або комбінацією факторних ознак) з аналізом їх впливу на результативну ознаку.

Одною з головних проблем побудови кореляційної моделі є визначення форми зв'язку і на цій основі встановлення типу аналітичної функції, що відображає механізм зв'язку результативної ознаки з факторною (факторними). Під формою кореляційного зв'язку розуміють тип аналітичного рівняння, що виражає залежність між досліджуваними ознаками.

Вибір того або іншого рівняння для дослідження зв'язків між ознаками є найбільш важким і відповідальним завданням, від якого залежать результати кореляційного аналізу. Всі подальші найретельніші розрахунки можуть бути обезцінені, якщо форма зв'язку вибрана невірно. Важливість цього етапу полягає в тому, що правильно встановлена форма зв'язку дає змогу підібрати і побудувати найбільш адекватну модель і на основі її розв'язання одержати статистично вірогідні і надійні характеристики.

Встановлення форми зв'язку між ознаками в більшості випадків обґрунтовується теорією або практичним досвідом попередніх досліджень. Якщо форма зв'язку невідома, то при парній кореляції математичне рівняння може бути встановлено за допомогою складання кореляційних таблиць, побудови статистичних групувань, перегляду різних функцій на ЕОМ і вибір такого рівняння, яке дає найменшу суму квадратів відхилень фактичних даних від вирівняних (теоретичних) значень та ін.

За допомогою Excel та даними проводимо кореляційний аналіз, результати якого наведені в табл. 3.1.

Отже, отриманий результат поруч до 1 та свідчить про сильний прямий зв'язок між досліджуваними величинами (тобто похибка складатиме приблизно 2%). Проте прямо-пропорційної залежності між ними відсутня.



Таблиця 3.1 - Кореляційний аналіз

Місяць	Випуск продукції, т	Витрати електроенергії, кВт·год
01.17	101	499,95
02.17	103	515
03.17	89	387,15
04.17	92	414
05.17	98	474,32
06.17	101	494,9
07.17	92	414
08.17	87	373,23
09.17	93	435,24
10.17	90	396
11.17	111	582,75
12.17	110	565,4
01.18	98	463,54
02.18	98	465,5
03.18	89	382,7
04.18	80	318,4
05.18	75	272,25
06.18	67	230,48
07.18	79	302,57
08.18	79	310,47
09.18	79	310,47
10.18	80	319,2
11.18	84	347,76
12.18	90	398,7
01.19	98	463,54
02.19	92	415,84
Коефіцієнт кореляції		0,997426

### 3.3 Регресійний аналіз

Регресійний аналіз – це метод визначення відокремленого і спільного впливу факторів на результативну ознаку та кількісної оцінки цього впливу шляхом використання відповідних критеріїв.

Регресійний аналіз проводиться на основі побудованого рівняння регресії і визначає внесок кожної незалежної змінної у варіацію досліджуваної (прогнозованої) залежної змінної величини.

Сенс регресійного аналізу – побудова функціональних залежностей між двома групами змінних значень  $X_1, X_2, \dots, X_p$  та  $Y$ . При цьому мова йде о впливі змінних  $X$  (це будуть аргументи функції) на значення змінної  $Y$  (значення функції). Змінні  $X$  ми будемо називати факторами, а  $Y$  – відгуком.

За даними з таблиці 3.2 проводимо розрахунок:

Таблиця 3.2 – Вихідні дані

Місяць (1)	Випуск продукції, т (x) (2)	Витрати електричної енергії, кВт (y) (3)	$(x_i - x_{cp})^2$ (4)	$(y_i - y_{cp})^2$ (5)
01.17	101	499,95	108,6	8845,7
02.17	103	515	154,3	11903,1
03.17	89	387,15	2,5	351,5
04.17	92	414	2,0	65,6
05.17	98	474,32	55,1	4681,5
06.17	101	494,9	108,6	7921,3
07.17	92	414	2	65,6
08.17	87	373,23	12,8	1067,2
09.17	93	435,24	5,9	860,9

## Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
10.17	90	396	0,3	98
11.17	111	582,75	417,1	31276,5
12.17	110	565,4	377,3	25440,7
01.18	98	463,54	55,1	3322,5
02.18	98	465,5	55,1	3552,3
03.18	89	382,7	2,5	538,2
04.18	80	318,4	111,9	76,56
05.18	75	272,25	242,6	17861,9
06.18	67	230,48	555,9	30771,6
07.18	79	302,57	134	10676,8
08.18	79	310,47	134	9106,6
09.18	79	310,47	134	9106,6
10.18	80	319,2	111,9	7516,6
11.18	84	347,76	43,3	3380,1
12.18	90	398,7	0,3	51,8
01.19	98	463,54	55,1	3322,5
02.19	92	415,84	2	98,8
Сумарне	2355	10553,4		
Середнє	90,57	405,9		

Регресійний аналіз виявив регресійну статистику (таблиця 3.3), дисперсійний аналіз (таблиця 3.4) та статичну функцію (рисунок 3.2).

Таблиця 3.3 - Регресійна статистика

Найменування	Значення
1	2
Множинний R	0,997425934
R – квадрат	0,994858493

## Продовження таблиці 3.3

1	2
Нормований R - квадрат	0,994644264
Стандартна похибка	6,538148111
Спостереження	26

Таблиця 3.4 - Дисперсійний аналіз

Найменування	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	1	198514,2412	198514,2412	4643,892511	0
Залишок	24	1025,937137	42,74738072		
Разом	25	199540,1783			

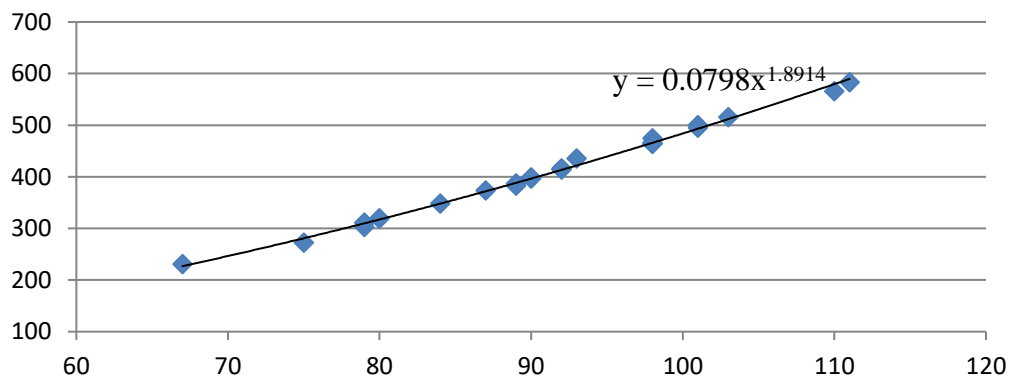


Рисунок 3.2 – Статична функція

Як бачимо формула для розрахунку прогнозованих витрат має наступний вигляд:

$$\hat{y} = 0,079 \cdot x^{1,891} . \quad (3.1)$$

За формулою 3.1 розраховуємо прогнозовані витрати електричної енергії:

$$\hat{y} = 0,079 \cdot 101 = 492,37 \text{ кВт.}$$

Крім того, обчислимо випадкові залишки  $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$  та розрахуємо їхню ймовірнісні характеристики:

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i, \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_1 = 499,95 - 492,7 = 7,58.$$

Інші залишки були також пораховані за формулою 3.2.

Розраховуємо погрішність витрат електричної енергії:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{y} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

$$\delta = \frac{7,58}{499,95} \cdot 100\% = 1,52\%.$$

Таблиця 3.5 – Спрогнозовані дані

Випуск продукції за місяць, т (x)	Витрати електричної енергії,кВт (y)	$\hat{y} = 0,079 \cdot x^{1,891}$	$\varepsilon$	$\delta$
1	2	3	4	5
101	499,95	492,37	7,58	1,52
103	515	508,96	6,04	1,17
89	387,15	392,82	-5,67	-1,46
92	414	417,7	-3,7	-0,89
98	474,32	467,48	6,84	1,44
101	494,9	492,37	2,53	0,51
92	414	417,7	-3,7	-0,89
87	373,23	376,22	-2,99	-0,8
93	435,24	426	9,24	2,12

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
90	396	401,11	-5,11	-1,29
111	582,75	575,33	7,42	1,27
110	565,4	567,03	-1,63	-0,29
98	463,54	467,48	-3,94	-0,85
98	465,5	467,48	-1,98	-0,43
89	382,7	392,82	-10,12	-2,64
80	318,4	318,15	0,25	0,08
75	272,25	276,67	-4,42	-1,62
67	230,48	210,3	20,18	8,75
79	302,57	309,86	-7,29	-2,41
79	310,47	309,86	0,61	0,2
79	310,47	309,86	0,61	0,2
80	319,2	318,15	1,05	0,33
84	347,76	351,34	-3,58	-1,03
90	398,7	401,11	-2,41	-0,61
98	463,54	467,48	-3,94	-0,85
92	415,84	417,7	-1,86	-0,45

## 4 ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВУГЛЕПІДГОТОВЧОГО ЦЕХУ

### 4.1 Заміна обладнання вуглепідготовчого цеху

Проаналізувавши отримані дані бачимо, що у вуглепідготовчому цеху і стоїть проблема із споживанням електроенергії .

Для вирішення вказаних проблем в роботі запропоновано ряд заходів, щодо зменшення втрат електричної енергії та зниження споживання електричної енергії.

В якості заходу із зниження споживання електричної енергії пропонується заміна обладнання та використання частотного перетворювача.

За підрахунками дробарки більш за всіх споживає електроенергію. Існує декілька шляхів, щоб знизити показники споживання. Одним з них є заміна дробарок на більш економічні. Найбільш вигідним є встановлення дробарок серії ДМРП-12х10 (рис.4.1).



Рисунок 4.1 - Дробарка ДМРП – 12х10

Молоткова дробарка ДМРП-12х10 з рухомою плитою застосовується для дроблення глинистих і вологих руд, наприклад бокситів або сірчаних

руд, так само широко використовується в металургійній, гірничодобувній, хімічній, цементній, будівельній, вугільній, вогнетривкої та інших промислових і гірничодобувних підприємства. Ця молоткова дробарка придатна для середнього та великого дроблення. В корпусі дробарки вбудовані два важких пластинчастих конвеєра, один з яких подає дроблений матеріал в зону дроблення і замінює собою облицювальну плиту, а інший видаляє глину. Молоткова дробарка з рухомою плитою складається з корпусу, ротора, рухомого і очисного конвеєрів.

Корпус молоткової дробарки з рухомою плитою, це зварена конструкція у вигляді коробки. Внутрішня поверхня корпусу зі сталевих плит. Для регулювання, ремонту і огляду є спеціальні люки в корпусі. Ротор являє собою вал з дисками, між якими на осях шарнірно розташовуються молотки. Під час роботи молоткової дробарки з рухомою плитою, матеріал надходить безперервним потоком через завантажувальну воронку в робочий простір дробарки, де дробиться частково молотками. Далі відкидається на рухоме вниз полотно з великою силою, де подрібнюється додатково, так кожен шматок дробленого матеріалу проходить мінімум два удари молота і ударів об полотно. Потрапивши в очисний конвеєр, дроблячись до необхідної фракції, матеріал надходить до бункера розвантаження.

Продуктивність молоткових дробарок з рухомими плитами залежить не тільки від ступеня дроблення, а й від фізико-механічних властивостей матеріалів дроблення, а особливо, його в'язкість, однорідність, міцність, щільність, твердість і вологість. Діаметр і довжина ротора, маса і частота обертання, кількість і конструкція, конструктивні особливості молотковій дробарки з рухомою плитою, так само впливають на цей показник продуктивності в цілому.

Молоткові дробарки з рухомою плитою змонтовані таким чином, що можуть забезпечувати переміщення полотна при регулюванні, пересування конвеєра на рамі, забезпечення найбільшого повороту молотків, від чого в свою чергу залежить продуктивність і якість помелу. В таблиці 4.1 наведена



порівняльна характеристика дробарки ДМР – 14,5х13 та дробарки ДМРП – 12х10.

Таблиця 4.1 Характеристика дробарки ДРМ – 14,5х13 та дробарки ДМРП – 12х10

Показники	ДМР – 14,5х13	ДМРП – 12х10
Напруга мережі, В	380-400	
Частота обертання ротора, об / хв	1000	735
Ширина розвантажувальної щілини, мм	3 - 5	1 - 3
Потужність приводу, кВт	630	160
Розмір частин вихідного продукту, мм	80	до 350
Розміри ротора, мм	1450х1300	1200х1000
Продуктивність, т / год, не більше	300	250
Маса, т	18	17
Вартість, грн	2 100 000	1 920 000

Розрахуємо вартість дробарки ДРМ 14,5х13:

$$B_{ДРМ} = n_{ДРМ} \cdot C_{ДРМ} \quad (4.1)$$

де  $n_{ДРМ}$  – кількість дробарок ДРМ 14,5х13, штук;

$C_{ДРМ}$  – ціна однієї дробарки ДРМ 14,5х13, грн.

$$B_{ДРМ} = 4 \cdot 2100 = 8400 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо вартість дробарки ДМРП 12х10:

$$B_{ДМРП} = n_{ДМРП} \cdot C_{ДМРП} \quad (4.2)$$

де  $n_{ДМРП}$  – кількість дробарок ДМРП 12х10 (у даному випадку встановлюємо 5 дробарок, оскільки продуктивність 4 дробарок ДМРП менша

за ДРП 14,5x13);

$C_{ДМРП}$  – вартість однієї дробарки ДМРП 12x10, грн.

$$B_{ДМРП} = 5 \cdot 1920 = 9600 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо загальні витрати на переоснащення:

$$B = B_{ДРМ} + B_{ДМРП} + B_p, \quad (4.3)$$

де  $B_p$  – вартість монтажних, демонтажних та пусконаладжувальних робіт, грн.

$$B = 8400 + 9600 + 500 = 18500 \text{ тис. грн.}$$

В місяць дробарка ДРМ 14,5x13 споживала 226800 кВт. ДМРП 12x10 споживатиме 57600 кВт. Тариф на електроенергію 2,29 грн/кВт · год.

Розрахуємо економію енергії у грошовому виразі:

$$E = 226800 \cdot 2,29 = 519372 \text{ грн.}$$

$$E = 57600 \cdot 2,29 = 131904 \text{ грн.}$$

Економія на рік:

$$E_{рік} = E \cdot 12$$

$$E_{рік} = 519372 \cdot 12 = 6232464 \text{ грн.}$$

$$E_{рік} = 131904 \cdot 12 = 1582848 \text{ грн.}$$

На рисунку 4.2 наведено споживання електроенергії дробарок ДМР

14,5x13 та дробарок ДМРП – 12x10 за рік

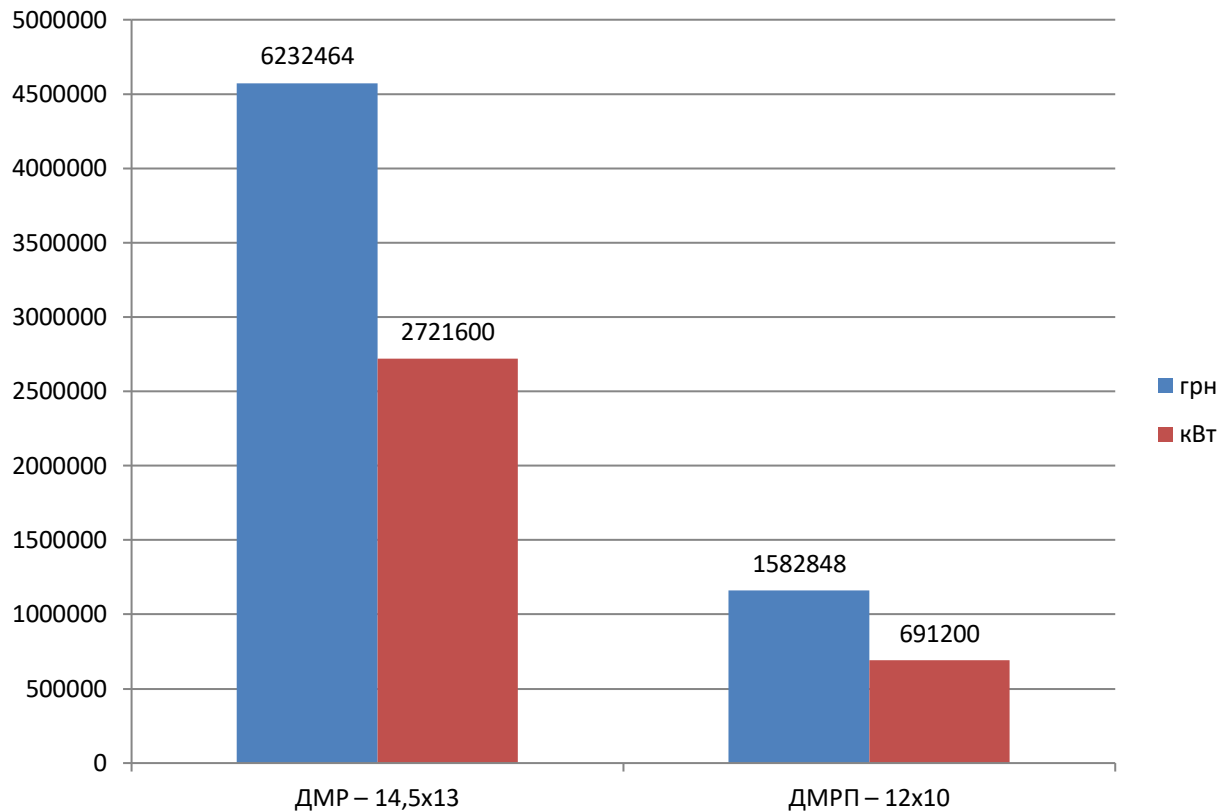


Рисунок 4.2 - Споживання електроенергії за рік

Як бачимо після впровадження 5-ти дробарок ДМРП споживання електроенергії впало у 4 рази.

Зекономлена енергія буде залишатися в мережі та споживатися кінцевим споживачем, тому можна розрахувати термін окупності заходу:

$$T_{ok} = \frac{B'}{E_{pik}} ;$$

$$T_{ok} = \frac{18500}{11612,16} = 1,6 \text{ років .}$$

Тобто приблизно за 20 місяців.

## 4.2 Розрахунок техніко-економічних показників впровадження частотного перетворювача

Перетворювач частоти - електронний пристрій для зміни частоти електричного струму (напруги). Він перетворює вхідну синусоїдну напругу фіксованої частоти та амплітуди у вихідну імпульсну напругу змінної частоти та амплітуди за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції). Таким чином, плавно збільшуючи частоту і амплітуду напруги, що подається на статорні обмотки асинхронного електродвигуна, можна забезпечити плавне регулювання швидкості обертання валу електродвигуна.

Електронний перетворювач частоти складається з схем, до складу яких входить тиристор або транзистор, які працюють в режимі електронних ключів. В основі керуючої частини лежить мікропроцесор, який забезпечує керування силовими електронними ключами, а також вирішення великої кількості допоміжних завдань (контроль, діагностика, захист).

Схеми, створені за моделлю джерела напруги, мають такі характеристики:

- вихідний імпеданс (джерело напруги);
- регенерація енергії (потрібен додаткове коло);
- згладжувальний елемент (конденсатор).

Схеми, створені за моделлю джерела струму, мають такі характеристики:

- вихідний імпеданс (джерело струму);
- регенерація енергії (додаткове коло не потрібне);
- згладжувальний елемент (реактор).

Залежно від структури і принципу роботи електричного приводу виділяють два класи перетворювачів частоти:

- з безпосереднім зв'язком;
- з явно вираженою проміжною ланкою постійного струму.

Кожен з існуючих класів перетворювачів має свої переваги і недоліки, які визначають сферу раціонального застосування кожного з них.

Так впровадження перетворювачів частоти на електропривод прокатного стану дозволяє:

- економити 10-15% споживаної електроенергії;
- збільшити число включень і відключень для потужних електроприводів за рахунок зниження пускових струмів;
- підвищити надійність роботи технологічного обладнання за рахунок зниження динамічних перевантажень і знизити витрати на його ремонт;
- включити електроприводи в систему автоматизованого управління технологічним процесом;
- зменшити вплив електроприводів на електричні мережі .

Вимоги до частотних перетворювачів:

- номінальна потужність частотного перетворювача повинна бути більше номінальної потужності двигуна;
- максимальний струм перетворювача частоти повинен бути більше або дорівнювати максимальному струму двигуна;
- номінальна напруга перетворювача частоти повинна дорівнювати напрузі в мережі;
- перетворювач частоти повинен бути двухкомпонентним з метою генерації енергії в мережу .

Виходячи з вимог до частотних перетворювачів, обираємо частотний перетворювач Schneider Electric Altivar 61, який продемонстровано на рисунку 4.3. Вартість частотного перетворювача складає 1 111 428,83 грн, параметри перетворювача наведені в таблиці 4.2 .

Для дробарки 14,5x13 обираємо частотний перетворювач Schneider Electric Altivar 61 630, вартість якого складає 1 111 428,83 грн (рисунок 4.3). В таблиці 4.2 наведена характеристика електродвигуна ДРМ – 14,5x13 та обраного частотного перетворювача.

Таблиця 4.2 – Характеристика ДРМ – 14,5x13 та Schneider Electric Altivar 61

Параметри	Існуючий електродвигун приводу дробарки ДРМ – 14,5x13	Частотний перетворювач Schneider Electric Altivar 61
Потужність, кВт	630	630
Номінальна напруга, В	380-400	380-400
Максимальний струм, А	410	450



Рисунок 4.3 – Частотний перетворювач Schneider Electric Altivar 61

Нижче приведена спрощена формула розрахунку терміну окупності частотних перетворювачів:

$$T_{ок} = \frac{C_{перет}}{\lambda \cdot C_{елект}}, \quad (4.4)$$

де  $T_{ок}$  - термін окупності в місяцях;

$C_{перет}$  - вартість перетворювача;

$C_{елект}$  - вартість зекономленої електроенергії за місяць;

$\lambda$  - комплексний коефіцієнт, який визначається факторами b) - d).

Наявний досвід застосування частотних перетворювачів показує, що в залежності від конкретних величин, що визначаються цими факторами, значення коефіцієнта  $\lambda$  лежить в діапазоні 1,2 - 1,6.

Розрахунок терміну окупності за формулою (4.4) для ПЧ на 630 кВт.

З огляду на існуючий діапазон зміни навантаження, очікувану економію електроенергії приймаємо рівною 15%

Примітка: на вході ПЧ встановлений нерегульований мережевий випрямляч і тому привід споживає з мережі живлення практично активну енергію. Реактивна енергія, необхідна для роботи асинхронного двигуна, створюється і циркулює всередині приводу між накопичувальним конденсатором мережевого випрямляча і обмотками двигуна через інвертор. Лічильником реактивної енергії вона не враховується.

Визначаємо середньомісячну економію електроенергії  $B$  (з урахуванням 12-ти годинної роботи обладнання на добу і 30-х робочих днях).

$$B = 360 \cdot 630 \cdot 15\% = 34020 \text{ кВт}$$

Визначаємо вартість зекономленої електроенергії величини тарифу – 2,29 грн / кВт :

$$C_{\text{елек}} = 34020 \cdot 2,29 = 77905,8 \text{ грн.}$$

Приймаємо значення коефіцієнта  $\lambda$  за 1,2

Визначаємо термін окупності загальнопромислового перетворювача частоти Schneider Electric Altivar 61

$$T_{ok} = \frac{1111428,83}{1,2 \cdot 77905,8} = 11,88 \text{ місяців}$$

Тобто приблизно за рік.

Якщо впровадити на дробарку ДМРП 12х10 частотний перетворювач, то обираємо Danfoss VLT HVAC Drive FC-102 (Данія) (рисунок 4.4)



Рисунок 4.4 – Частотний перетворювач Danfoss VLT HVAC Drive FC-102

Характеристики Danfoss VLT HVAC Drive FC-102 наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Характеристика дробарки ДМРП – 12х10 та частотного перетворювача Danfoss VLT HVAC Drive FC-102

Параметри	Існуючий електродвигун приводу дробарки ДМРП – 12х10	Частотний перетворювач Danfoss VLT HVAC Drive FC-102
Потужність, кВт	160	200
Номінальна напруга, В	380-400	380-400
Максимальний струм, А	410	450

Розраховуємо термін окупності:

$$B = 360 \cdot 160 \cdot 15\% = 8640 \text{ кВт.}$$



$$C_{елек} = 8640 \cdot 2,29 = 19785,6 \text{ грн.}$$

Приймаємо значення коефіцієнта  $\lambda$  за 1,2.

Визначаємо термін окупності перетворювача частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC-102 вартістю 382728,20 грн.:

$$T_{ок} = \frac{382728,20}{1,2 \cdot 19785,6} = 16,11 \text{ місяців}$$

Тобто приблизно за 16 місяців.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Охорона праці є наукою з вивчення питань безпеки на виробництві, попередження виробничого травматизму та професійних хвороб, пожеж та вибухів. Складовими цієї науки є правове забезпечення охорони праці в Україні, основи наукової організації праці, питання виробничої санітарії, заходи електробезпеки при монтажі та експлуатації електричних установок, пожежобезпека об'єктів народного господарства. Всі керівники підприємств зобов'язані добре знати основні вимоги виробничої санітарії, електробезпеки, техніки безпеки, вимоги улаштування робочих місць, знати та вміти користуватись документацією з охорони праці.

Електротехнічний персонал, що обслуговує електроустановки, проходить навчання з безпечних методів роботи з наступною перевіркою знань правил технічної безпеки з присвоєнням відповідної кваліфікаційної групи. Найголовнішою метою навчань персоналу є теоретична та практична підготовка до самостійного вирішення питань з охорони праці при експлуатації електричних установок.

Електробезпека – система організаційних та технічних заходів та способів, які забезпечують захист людини від шкідливих та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та верстатів.

Небезпека електричного струму, по відношенню до інших небезпек, посилюється тим, що людина не може без спеціальних приладів визначити наявність напруги.

Розглянемо питання з охорони праці на підстанціях .

В умовах експлуатації ПС можливі такі потенційні небезпеки:

- атмосферні, комутаційні та імпульсні перенапруги;
- прямі удари блискавки;
- перехід вищої напруги на сторону низької;

- помилкові дії обслуговуючого персоналу при перемиканні комутаційних апаратів;
- можливість дотику або небезпечного наближення до частин електричних апаратів, які знаходяться під напругою;
- ушкодження ізоляції;
- коротке замикання в електроустановках.

Відповідно до ПУЕ та інших правил, що регламентують захисні заходи, в електроустановках передбачається: застосування малих напруг, електричний розподіл мереж, контроль пошкоджень ізоляції, забезпечення недоступності струмоведучих частин, захисне заземлення, захисне відключення, подвійна ізоляція.

Стан ізоляції в значній мірі визначає ступінь безпеки експлуатації електрообладнання. Опір ізоляції в мережах з ізолюваною нейтраллю визначає струм крізь людину. Щоб попередити замикання на землю та інші пошкодження ізоляції, при яких виникає небезпека ураження людини електричним струмом, а також пошкодження обладнання, запроектовано проведення випробувань її підвищеною напругою та контроль ізоляції. Об'єм та норми випробувань регламентують ПУЕ, ПБЕ та ПТЕ. При випробуванні підвищеною напругою дефекти ізоляції виявляються внаслідок пробою з наступним прожогом ізоляції. Виявлені дефекти усуваються, і проводяться повторні випробування. Періодичний контроль ізоляції проводиться при відключеній від мережі електроустановки. Вимір передбачено проводити мегомметром. Опір ізоляції електрообладнання повинен складати не менш тих значень, які наведені у главі 1.8 ПУЕ.

Використання малих напруг є одним з найефективніших захисних заходів. Якщо номінальна напруга електроустановки не перевищує тривало допустимої напруги доторкань, то навіть одночасне доторкання людини до струмоведучих частин різних фаз або полюсів буде безпечним. Широкому використанню малих напруг заважають труднощі забезпечення розвинутої мережі малої напруги. Тому використання малих напруг 12, 36 та 42 В

обмежуються використанням ручного електрифікованого інструменту, ручними переносними лампами та лампами місцевого освітлення [ 23 ] .

Для захисту працівників від випадкового дотику до струмоведучих частин передбачено наступні заходи: а) в мережах до 1000 В достатнім заходом для забезпечення захисту від ураження електричним струмом є ізоляція провідників; б) в мережах понад 1000 В передбачено створення недоступності випадкового дотику за допомогою захисних огорожень, блоківок або розташування струмоведучих частин на висоті [24] .

Для безпосереднього виконання функцій по організації експлуатації електроустановок керівник підприємства повинен призначити особу відповідальне за електрогосподарство, і особа, що буде його замінювати у випадку відсутності.

Особу, відповідальну за електрогосподарство, і особу, що буде її замінювати призначають із числа фахівців, кваліфікація яких відповідає вимогам Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і які пройшли навчання з питань технічної експлуатації електроустановок, правил пожежної безпеки й охорони праці.

Після успішної перевірки знань із питань технічної експлуатації електроустановок, правил пожежної безпеки й охорони праці й присвоєння цим особам IV групи з електробезпеки для обслуговування електроустановок напругою до 1000В и V групи з електробезпеки для обслуговування електроустановок понад 1000В ці особи наказом допускаються до виконання своїх обов'язків.

Порушення в трансформаторі ізоляції може призвести до замикання не тільки на корпус, але і між обмотками різних напруг. В такому випадку виникає можливість переходу вищої напруги на бік нижчої. Для захисту від такої небезпеки передбачено наступні заходи: заземлення нейтралі з низького боку призводить до того, що при переході вищої напруги на бік нижчої, напруги фаз не досягатимуть 380 В – лінійної напруги (виникне замикання на землю); повторні заземлення нейтралі, ще більше знизять напругу відносно

землі мережі низької напруги, а також це призводить до зменшення ураження електричним струмом [24] . Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом використовуються діелектричні килимки, рукавички, боти, калоші, чоботи.

Розглянемо організаційні та технічні заходи на ПС.

Організаційними заходами, якими досягається безпека є:

- 1) затвердження переліку робіт, що виконується за нарядами, розпорядженням і в порядку поточної експлуатації;
- 2) призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- 3) оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- 4) підготовка робочих місць;
- 5) допуск до роботи;
- 6) нагляд під час роботи, яку доручено;
- 7) переведення на інше робоче місце;
- 8) оформлення перерв в роботі та її закінчення.

Для підготовки робочого місця до роботи яка вимагає зняття напруги, передбачається вжити у вказаному порядку таких технічних заходів [23] :

- здійснити необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури;
- перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);
- обгородити, за необхідністю, робочі місця або струмопровідні частини, що залишилися під напругою і вивісити на огороження плакати безпеки.

Основним захисним засобом є заземлення металевих частин корпусів електроапаратів, які не знаходяться під напругою, шляхом приєднання їх до пристрою заземлення. Пристрій заземлення виконується за допомогою заглиблених вертикальних електродів, з'єднаних горизонтальним електродом. У якості вертикальних електродів приймаємо сталеві стрижні довжиною  $L=5\text{м}$ , діаметром  $d=0,015\text{м}$ . У якості горизонтального електрода приймаємо сталеву полосу перерізом  $b \times t = 0,04 \times 0,004 \text{ м}$ .

Вихідними даними для розрахунку контура заземлення є: допустимий опір пристрою заземлення (для ефективно заземленої нейтралі  $R_3 \text{ норм} = 0,5 \text{ Ом}$ ); вид ґрунту – суглінок ( $\rho_{\text{гр.}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ).

Визначаємо розрахунковий опір ґрунта з урахуванням коефіцієнтів сезонності:

для вертикальних електродів:

$$\rho_{\text{розр.в.е.}} = K_{\text{сез.в.е.}} \cdot \rho_{\text{гр.}}; \quad (5.1)$$

$$\rho_{\text{розр.в.е.}} = 1,4 \cdot 100 = 140 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

для горизонтальних електродів:

$$\rho_{\text{розр.г.е.}} = K_{\text{сез.г.е.}} \cdot \rho_{\text{гр.}}; \quad (5.2)$$

$$\rho_{\text{розр.г.е.}} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Опір розтіканню електричного струму для вертикального електрода визначається за формулою:

$$R_{\text{в.е.}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{в.е.}}}{l} \lg \left( \frac{2l}{d} + 4 \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right); \quad (5.3)$$

$$R_{e.e.} = \frac{0,366 \cdot 140}{5} \lg \left( \frac{2 \cdot 5}{0,015} + 4 \lg \frac{4 \cdot 3,5 + 5}{4 \cdot 3,5 - 5} \right) = 28,9 \text{ Ом.}$$

Для відстані між вертикальними електродами  $l_{г.е.} = 5-10$  м приймаємо коефіцієнт використання  $\eta = 0,72$ .

Попередньо число вертикальних електродів:

$$n_{e.e.} = \frac{R_{e.e.}}{R_{з.норм} \cdot \eta}; \quad (5.4)$$

$$n_{e.e.} = \frac{28,9}{0,5 \cdot 0,72} = 80,3.$$

Приймаємо  $n_{e.e.} = 75$  шт.

Периметр підстанції  $P=263$  м

$$l_{г.е.} = \frac{P}{n_{e.e.}}; \quad (5.5)$$

$$l_{г.е.} = \frac{263}{75} = 3,5 \text{ м.}$$

Сумарний опір горизонтальних електродів:

$$R_{e.e.} = \frac{0,366 \cdot \rho_{г.е.}}{l_{г.е.} \cdot \eta_{г.е.}} \ln \left( \frac{l_{г.е.}^2}{b \cdot t} \right); \quad (5.6)$$

$$R_{e.e.} = \frac{0,366 \cdot 200}{263 \cdot 0,35} \ln \left( \frac{263^2}{0,04 \cdot 0,004} \right) = 6,82 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{в.е.}\Sigma} = \frac{R_{\text{в.е.}}}{n_{\text{в.е.}} \cdot \eta_{\text{в.е.}}} ; \quad (5.7)$$

$$R_{\text{в.е.}\Sigma} = \frac{28,9}{75 \cdot 0,72} = 0,53 \text{ Ом.}$$

Загальний опір:

$$R_{\text{зн}} = \frac{R_{\text{в.е.}\Sigma} \cdot R_{\text{в.е.}}}{R_{\text{в.е.}\Sigma} + R_{\text{в.е.}}} ; \quad (5.8)$$

$$R_{\text{зн}} = \frac{0,53 \cdot 6,82}{0,53 + 6,82} = 0,48 \text{ Ом.}$$

Усі технічні заходи з техніки безпеки прийняті у відповідності до вимог ГОСТ 12.1.009-76 «Электробезопасность. Термины и определения».

Встановлено, що при прямому ударі блискавки протягом часток секунди по каналі блискавки протікає струм силою 200-500 кА, розігріваючи його до 2000-3000 °С.

Електростатична індукція проявляється в тім, що на ізольованих металевих предметах наводяться небезпечні електричні потенціали, у результаті чого можливе іскріння між окремими металевими елементами конструкцій і остаткування.

Тому для запобігання небезпеки поразки блискавкою улаштовують блискавкозахист, що являє собою комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, схоронності будинків і споруджень, устаткування й матеріалів від можливих вибухів, загорянь і руйнувань, що виникають при впливі блискавки.

Дані для розрахунку приймаємо наступні:



- інтенсивність грозової діяльності 10-20 годин у рік.
- середньорічне число ударів блискавки в 1 км<sup>2</sup> земній поверхні  $n = 1$ .
- очікувана кількість поразок блискавкою в рік будинків і споруджень, не обладнаних блискавкозахистом:

$$N = (S + 6h) \cdot (L + 6h) \cdot n \cdot 10^{-6} , \quad (5.9)$$

де  $S$  і  $L$  - відповідно ширина й довжина будинку, що захищає, що має в плані прямокутну форму, м;

$h$  - найбільша висота будинку, м.

$$N = (24 + 657) \cdot (24 + 657) \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,13$$

Ступінь вогнестійкості будівель – II. Межа вогнестійкості – 0,75 години. Категорія будови блискавкозахисту будівлі, а також тип зони захисту блискавковідводів( на основі зробленого аналізу): II та III зона Б( $N \leq 2$ ). При наявності у будівлі приміщень, які відносять до II та III категоріям за блискавко захистом, захист від прямих ударів блискавки будинків і споруджень, що відносяться до I категорії, виконана за допомогою:

- окремо стоячих або встановлених на будинках неізольованих стрижневих і тросових блискавковідводів;
- накладення блискавкоприймальної сітки на плоску неметалічну покрівлю або використання в якості блискавкоприймача металеві покрівлі будинку або спорудження.

Необхідно дотримувати наступного:

- блискавкоприймальна сітка повинна бути виконана зі сталевого дроту діаметром 6-8 мм і покладена на покрівлю безпосередньо або під шар негорючого утеплювача або гідроізоляції (керамзит, мінеральна вата,

пінобетон та ін.). Сітка повинна мати ячейку площею не більше  $36 \text{ см}^2$  (наприклад, осередку розміром  $6 \times 6 \text{ см}$ ), вузли сітки повинні бути зварені;

- струмовідводи, що з'єднують блискавкоприймальну сітку або метал покрівлі із заземлювачами, повинні бути прокладені не рідше, ніж через кожні 2,5 м по периметру будинку;

- величина імпульсу опору кожного заземлювача від прямих ударів блискавки повинна бути не більше 10 Ом.

Розглянемо питання промислової санітарії в приміщенні для обслуговуючого персоналу ПС.

В приміщенні ЗРУ-10кВ повітря має параметри відповідно до ГОСТ 12.1005-88 - ССБТ “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”, які відповідають I категорії робіт і забезпечують оптимальні параметри повітряного середовища: температура повітря у холодну пору року  $t_{хол}=18-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; в теплий період  $t_{тепл}=20-23 \text{ }^\circ\text{C}$ ; відносна вологість повітря 40-60 %; швидкість руху повітря 0,2-0,3 м/с. Для забезпечення цих параметрів у приміщенні встановлена приточно-витяжна вентиляція, агрегати опалювання і кондиціонування.

У відповідності до СНиП 2.09.02.85 “Производственные здания промышленного предприятия. Нормы проектирования” у допоміжних приміщеннях для персоналу ПС встановлене робоче і аварійне освітлення. Згідно з СнпІ ІІ-4-79 “Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования” норми освітленості: для приміщень керування  $E_{норм}=150\text{лк}$ , для електрощитових та інших приміщень  $E_{норм}=50\text{лк}$ , галерея шинопроводів  $E_{норм}=20\text{лк}$ , кабельні тунелі  $E_{норм}=10\text{лк}$ .

Згідно вимог ГОСТ 12.2.024-87 “ Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля” пристрої, встановлені на ПС мають рівень шуму не більше нормативного 85дБА, тому додаткових засобів боротьби з шумом не передбачено.

На ПС відсутні джерела значної вібрації та електромагнітного випромінювання у відповідності до ГОСТ 12.1.012 “Вибрация. Общие

требования безопасности”, та у відповідності до ГОСТ 12.1.006-84 “Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности”. Тому спеціальних заходів що до усунення цих небезпек не передбачено.

Вимоги з пожежної безпеки забезпечуються на ПС у відповідності до ГОСТ 12.1.004-91 “Пожарная безопасность. Общие требования”. На території підстанції передбачені підземний маслосбірник і маслопроводи, які проведені від місця встановлення трансформаторів. З метою пожежної безпеки у якості вимикачів прийняті вимикачі, які не містять масла.

Будова виробничих приміщень та ПС у відповідності до СНиП 2.09.09-85 “ Производственные здания промышленных предприятий” та СНиП 2.01.02-85 “Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений” і виконані II ступені вогнестійкості.

Для оповіщення людей про виникнення пожежі використовуються внутрішня радіотрансляційна мережа та гудки, як і на більшості підприємств на цьому підприємстві пожежний зв'язок по телефону 901. До всіх засобів пожежної мережі (телефон, оповіщувач) існує вільний доступ у будь-який час доби. Біля всіх апаратів зв'язку вивіщується табличка з вказаним порядком подання сигналів та виклику пожежної служби. В усіх будівлях передбачені пожежні пости з інструментом для гасіння пожежі.

Пожежна техніка й засоби гасіння пожеж:

- бойовий одяг і спорядження;
- ручний пожежний інструмент;
- пожежні ручні сходи;
- пожежні рукави, стовбури;
- вогнегасники(вуглекислотні вогнегасники об'ємом 5л типу ОУ-5 та хладонові вогнегасники типу ОХ-7);
- установки пожежогасіння;
- протипожежне водопостачання. Пожежні машини, насоси;
- газодимозахисні прилади, пожежний зв'язок.

Прийнятий обсяг протипожежних заходів задовольняють вимогам ГОСТ 12.1.004-94 “Пожарная безопасность. Общие требования”.

Отже, в розділі «Охорона праці» були розглянуті загальні питання охорони праці при експлуатації електроустановок, можливі потенційні небезпеки та методи їх запобігання та усунення. Були визначені засоби індивідуального захисту від поразки струмом, та організаційні та технічні заходи, якими досягається безпека.

Основним захисним засобом є заземлення металевих частин корпусів електроапаратів, які не знаходяться під напругою, шляхом приєднання їх до пристрою заземлення. Тому був виконаний розрахунок заземлюючого пристрою. Для запобігання небезпеки поразки блискавкою улаштовують блискавкозахист, що являє собою комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, схоронності будинків і споруджень, устаткування й матеріалів від можливих вибухів, загорянь і руйнувань, що виникають при впливі блискавки, розрахунок якого був зроблен у даному розділі.

Для забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони у приміщенні встановлена приточно-витяжна вентиляція, агрегати опалювання і кондиціонування, робоче та аварійне освітлення у відповідності до нормативної документації.

Згідно вимог ГОСТ 12.2.024-87 “ Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля” пристрої, встановлені на ПС мають рівень шуму не більше нормативного 85дБА, тому додаткових засобів боротьби з шумом не передбачено.

На ПС відсутні джерела значної вібрації та електромагнітного випромінювання, тому спеціальних заходів що до усунення цих небезпек не передбачено.

## ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного енергоаудиту цеху ПрАТ «Запоріжжкокс» виявили, що одним із найбільших споживачів енергоресурсів є обладнання вуглепідготовчого цеху підприємства.

Основним споживачем електроенергії є дробарка ДМР 14,5х13, яка споживає майже 60% електроенергії, вагоноштовхачі – 4,3%, вагоноперекидачі- 4,35%, вуглеперевантажувачі- 8,48%.

2. Знайдено залежність між випуском продукції та споживанням електроенергії.

3. Побудовані графіки аналізу витрат на виробку шихти.

4. Зроблено статистичний аналіз (кореляційний та регресійний), який дозволяє зробити подальший прогноз роботи цеху, а саме прогноз на витрати електричної енергії.

5. В роботі запропоновано та розроблено ряд технічних заходів, які дозволять знизити споживання електричної енергії обладнанням вуглепідготовчого цеху, що в свою чергу підвищить енергоефективність технологічного обладнання цеху в цілому. Запропоновано застосувати частотні перетворювачі, які зменшують споживання електроенергії дробарки на 15%. Визначено термін окупності перетворювача частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC-102 вартістю 382728,20 грн., він дорівнює 11,88 місяців, а перетворювача частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC-102 вартістю 382728,20 грн.- 16,11 міс.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Ермилов, А. А. Электроснабжение промышленных предприятий/ А. А. Ермилов. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 208.
2. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций: учебник/Л.Д. Рожкова, В.С.Козулин, Москва. Энергоатомиздат. 1987г.- 246с.
3. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2011.— 736 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Гмурман В.Е. — М.: Высш. Школа, 2000. — 480 с.
5. Мілютіна, О.С. Статистичний аналіз графіків навантаження трансформаторної підстанції/ О.С. Мілютіна, С.А. Левченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко – технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2017.- No 16 (1238). – С. 48-53./ Бібліогр.: 10 назв.- ISSN 2079-5459
6. Липкин, Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок М.: Высшая Школа, 1990. - 363 с
7. Воротницкий, В.Э. Нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: результаты, проблемы, пути решения. ОАО «НТЦ электроэнергетики».; ВНИИЭ; 2007. – 256с
8. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов.Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Энергоатомиздат, 1989.- 608с.
9. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: НУ ЭНАС, 2002. - 280с.
10. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.

11. Техника высоких напряжений. Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов. Под общей ред. Д.В. Разевига. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1976. – 573с.

12. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. -176с.

13. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В.Э Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.: Под ред. В.Н. Казанцева. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 268с.

14. Цирель Я.А., Поляков В.С. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985.-264с.

15. Блок В.М. Электрические сети и системы: Учеб. пособие для электроэнергет. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 430с.

16. Боровиков В.А. и др. Электрические сети энергетических систем. Учебник для техникумов. Изд. 3-е, переб. Л.: «Энергия», 1977. – 392с.

17. Воротницкий В.Э., Калинкина М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Учебно-методическое пособие. 2-е изд. - М.: ИПК госслужбы, 2002. - 57 с.

18. Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Атомиздат, 1974 –352с.

19. Фёдоров А.А. «Основы по электроснабжению промышленных предприятий». –М.: Энергия, 1978.

20. Шапиро, И.З. Вероятностно – статистические модели для определения и прогнозирования потерь энергии в распределительных сетях 6-10 кВ.- Известия вузов. Энергетика. 1978 №4, с. 15-20.

21. Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с.

22.Воротніцкій, В.Е. Програма розрахунку технічних втрат потужності та електроенергії в розподільних мережах 6 - 10 кВ. - Електричні станції, 1999,В.Е. Воротніцкій, С.В. Заслонов, М .А. Калінкіна № 8, с.38-4

23. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991.– 178 с.

24. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / под. ред. Б.А.Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336с.

25. ГОСТ12.0.00374(1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» Введ. 01.01.1976 -85с.

26. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт(проектів) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання. О. І.Коваленко, Л. Р. Коваленко, Л. Ю. Осипова. – Запоріжжя, ЗДІА, 2017 –60 с.

27. ГКД 341.004.00194 «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 6-750 кВ» Введ. - Х.: Видавництво «ІНДУСТРІЯ» 2011.- 345с.

28. Харечко, Ю.В. Основы заземления электрических сетей и электроустановок зданий. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ПТФ МИЭЭ, 2012. – 304 с.

29. ГКД 34.20.507 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила» Введ 2003 -К.:Вид. Об'єднання енергетичних підприємств «галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики» - 597с.

30. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»

31. «Вимоги до окремих видів пристроїв» ГОСТ 12.2.007.3-75 (2001) «ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности».