

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет

Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

## Пояснювальна записка

до магістерської роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

на тему Підвищення ефективності енергоспоживання технологічним обладнанням ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1411  
Бобро Д.В.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва)

спеціалізація

\_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

(шифр і назва)

Керівник

Артемчук В.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2022 рік

Запорізький національний університет

Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

(по

овна назва кафедри)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

(повна назва кафедри)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

Спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

141.00.11 Електроенергетика,  
електротехніка

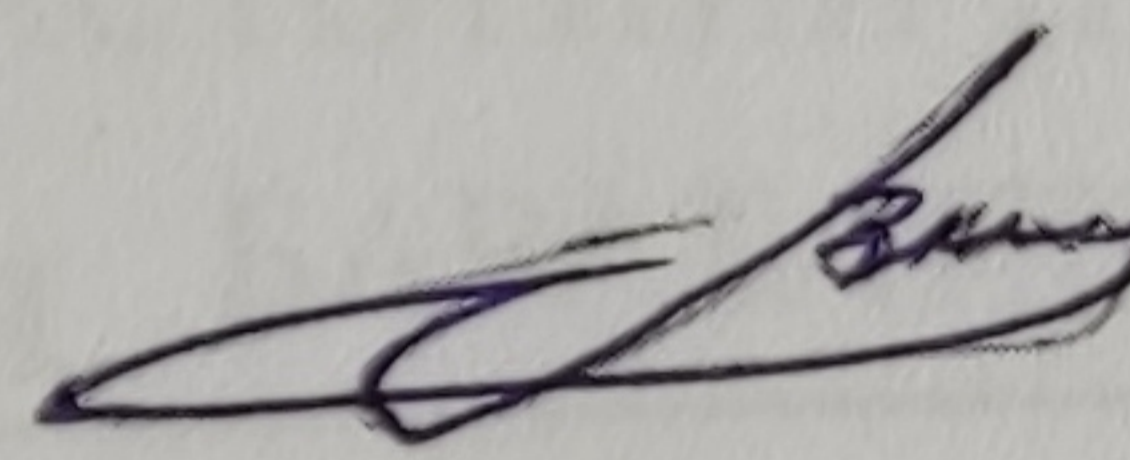
(шифр і назва)

та електромеханіка

1 **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.



В.Л. Коваленко

“ 12 ” грудня 2022 року

### **ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту

Бобро Дмитру Олеговичу

**1. Тема роботи:** Підвищення ефективності енергоспоживання технологічним обладнанням ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

**Керівник роботи:** д.т.н., проф. Артемчук В.В.

затверджені наказом ЗНУ від « 02 » червня 2022 року № 597 - с

**2. Строк подання студентом роботи:** 07 грудня 2022 року

**3. Вихідні дані до роботи:** поточний тариф за споживання електроенергії; потужність витяжного вентилятора сушильного барабану; дані про об'єми споживання електричної енергії цехом № 1

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які рекомендовано розробити):**

Вступ. 1) Загальна характеристика ПрАТ «Запоріжвогнетрив»; 2) Аналіз шляхів підвищення енергоефективності цеху магнезійних виробів; 3) Аналіз можливості підвищення коефіцієнта потужності цеху магнезійних виробів

**5. Перелік графічного матеріалу:** 1) Титульна сторінка; 2) Загальні розподілу енергоспоживання підприємством ПрАТ «Запоріжвогнетрив»; 3) електроспоживання цехами підприємства; 4) Розподіл електроспоживання об'єкта шамотного цеху 5) Висновки

**6. Консультанти розділів дипломної роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Артемчук В.В., професор		
Розділ 2	Артемчук В.В., професор		
Розділ 3	Артемчук В.В., професор		
Нормоконтроль	Башлій В.С., доцент		

7. Дата видачі завдання

01.06.2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Загальні відомості про ПрАТ «Запоріжвогнетрив»	01.10.2022	
2	Розробка заходів із підвищення ефективності споживання електричної енергії технологічним обладнанням на ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»	01.11.2022	
3	Очікуваний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів	01.12.2022	

Студент

(підпис)

Бобро Д.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Артемчук В.В.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер

(підпис)

Башлій В.С.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

У представленій роботі проведено аналіз статистичних даних споживання електричної енергії обладнанням цехів ПрАТ «Запоріжвогневитрив». Одним із перспективних шляхів зменшення витрат електричної енергії підприємства є удосконалення електрообладнання, наприклад, сушарок. З цією метою, із відповідними розрахунками запропоновано перетворювач частоти та система керування перетворювачем. Також запропонована комп'ютерна модель системи керування електропривода сушарки.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ ПРИВОД, БАРАБАННА СУШАРКА, ВИТЯЖНИЙ ВЕНТИЛЯТОР

## ANNOTATION

In the presented work, an analysis of statistical data on the consumption of electrical energy by the equipment of Zaporizhvognevityrv PJSC workshops was carried out. One of the promising ways to reduce the company's electricity consumption is the improvement of electrical equipment, for example, dryers. For this purpose, a frequency converter and a converter control system are proposed with appropriate calculations. A computer model of the control system of the electric drive of the dryer is also proposed.

Keywords: ELECTRIC ENERGY, FREQUENCY CONVERTER, FREQUENCY REGULATED DRIVE, DRUM DRYER, EXHAUST FAN

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».....	8
1.1 Характерні особливості підприємства .....	8
1.2 Аналіз енергоспоживання підприємства.....	12
1.3 Характерні особливості технологічного процесу підприємства .....	20
2 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ НА ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».....	25
2.1 Аналіз можливих заходів для економії електричної енергії.....	25
2.2 Підбір частотного перетворювача та лічильника.....	32
2.3 Зміна графіка електричних навантажень обладнанням .....	35
3 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ .....	44
Висновки.....	61
Перелік посилань .....	62
Додатки.....	63

## ВСТУП

Проблема енергетичного забезпечення є надважливою для людей у всьому світі. Питання енергозбереження є актуальними та перспективними і обумовлені загальносвітовою тенденцією, екологічними пріоритетами, постійним зростанням вартості паливно-енергетичних ресурсів. У таких умовах все більшого значення набувають енергозберігаючі технології та організаційно-економічні методи їх реалізації на всіх етапах розвитку економіки.

Ця проблема вирішується за рахунок зниження втрат електроенергії в елементах електричних мереж при її виробленні, передачі, розподілі і споживанні, підвищення надійності електропостачання та забезпечення нормативних показників якості електроенергії у споживачів. На даному етапі розвитку країни підприємства поставлені у рамки постійної економії ресурсів. Особливої актуальності, в умовах дефіциту енергоресурсів на Україні і постійного підвищення тарифів на електроенергію, набуває проблема електрозбереження. Від стану енергетичних ресурсів та ефективності їх використання залежить економічний стан будь-якої країни. Сучасний енергетичний стан України визначається як кризовий. Однією із причин такого стану є нераціональна структура енергоспоживання, яка є неефективною і енергетично мало забезпеченою своїми ресурсами. Державою на законодавчому рівні визначені шляхи і механізми енергозбереження. Головними із них є впровадження сучасних енергозберігаючих технологій. Не менш важливим фактором зниження споживання енергоресурсів є побудова механізму раціональної організації і методики обліку, аналізу і аудиту енергетичних витрат.

Стимулювання застосування енергозберігаючих заходів забезпечується за рахунок державного економічного регулювання відносин між енергопостачальною організацією і промисловим підприємством прийняттям

з метою енергозбереження, підвищення якості електроенергії та надійності електропостачання. Таке стимулювання забезпечується при використанні диференційованого обліку електроенергії по зонах добового графіка навантаження і використанні розробленої міністерством палива і енергетики України методики розрахунку оплати за споживану реактивну електроенергію, яка передбачає гнучку систему знижок і надбавок до тарифів на електроенергію.

З метою скорочення витрат підприємства на виробництво продукції за рахунок зниження витрат на енергетичні та інші ресурси створюється система енергетичного менеджменту (СЕМ). Метою роботи СЕМ є безперервне покращення як рівня ефективності використання на підприємстві ПЕР так і зменшення витрат на паливно-енергетичні ресурси.

Важливим завданням енергозбереження в умовах підприємства є мінімізація витрат і забезпечення економії енергії. При цьому мусить бути збережені або за можливості навіть збільшені обсяги виробництва. Також важливим аспектом є збереження рівня якості продукції або виконаної роботи з метою зниження собівартості й ціни продукції, підвищення рентабельності й конкурентоспроможності виробництва, особливо в сучасних конкурентних умовах.

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

## 1.1 Загальна характеристика підприємства

ПрАТ «Запорожвогнетрив» є найбільшим вогнетривким підприємством в Україні і входить до п'ятірки найбільших виробників вогнетривкої продукції країн СНД. Крім того, дане підприємство має широкую номенклатуру продукції, а саме понад 1200 основних марок вогнетривів, неформованих матеріалів, бетонних сумішей та мас. Підприємство спеціалізується на виробництві шамотних, високо, магнезійних і неформованих виробів. Основними споживачами продукції ПАТ «Запоріжвогнетрив» є підприємства металургійної, цементної, скляної, хімічної, теплоенергетичної промисловості країн СНД, Європи, Азії та Африки. Одним з ключових напрямків, що розвиваються підприємством, є сервісне обслуговування. В рамках сервісного обслуговування ПАТ «Запоріжвогнетрив» виконує такі роботи:

- 1) обстеження об'єктів і вивчення технічних параметрів їх експлуатації;
- 2) підбір матеріалів та розробка проектів футерування;
- 3) виконання вогнетривких робіт;
- 4) здача об'єктів в експлуатацію і подальше гарантійне обслуговування.

За рахунок контролю всього технологічного ланцюжка – від виробництва вогнетривких виробів до монтажу футеровки і сервісного обслуговування, ПАТ «Запоріжвогнетрив» забезпечує клієнтові підвищену стійкість вогнетривкої кладки. В ПАТ «Запоріжвогнетрив» виділені 5 основних видів виробництва: магнезійне виробництво; шамотне виробництво; шамотообпалювальне виробництво; високоглиноземне виробництво; виробництво неформованих вогнетривів.

Магнезійне виробництво характеризується широким асортиментом періклазових, періклазохромітових, хромітоперіклазових виробів, які застосовуються для футерування мартенівських і електросталеплавильних



печей, конвертерів, обертових печей, теплових агрегатів. Випал продукції виробляється в тунельній печі довжиною 156 м з автоматичним режимом випалу. Одним з перспективних напрямків діяльності ПАТ «Запоріжвогнетрив» є поліпшення технічних характеристик магнезійних вогнетривів, які, за прогнозами експертів, в найближчому майбутньому залишаться основним конструкційним матеріалом для футеровки сталеплавильних і металургійних агрегатів. Серед магнезійної продукції виробництва ПрАТ «Запоріжвогнетрив» особливе місце займають періклазоуглеродисті вогнетриви, що дозволяють забезпечувати проведення прогресивних металургійних процесів на провідних підприємствах України та світу. Шамотне виробництво – це різноманітність продукції, що випускається вогнетривкою продукції, яке включає в себе ковшеві, складні і особливо складні фасони, вироби загального призначення, стопорні, центрові трубки, воронки і багато іншого. Пресова ділянка виробництва оснащена гідравлічними пресами німецької фірми "Laeis Bucher", механічними пресами СМ +1085 і системою люлечних конвеєрів, які забезпечують багатомарочні садки на пічні вагони. Виробництво обладнане тунельними печами довжиною 168 м, 165 м і 87 м.

Шамотообпалювальне виробництво спеціалізується на випуску шамотних виробів, асортимент яких невеликий, але вкрай важливий, оскільки саме обпалений шамот є головною складовою вироблених підприємством вогнетривких виробів. Основне обладнання шамотообпалювального виробництва – обертові печі. Продукція високоглиноземистого виробництва використовується для футерування повітрянагрівачів доменних печей, трубопроводів гарячого дуття, позапічної обробки сталі та інших теплових агрегатів кольорової металургії.

Вироби високоглиноземисті виробництва мають високу міцність і вогнестійкість. Виробництво оснащено механічними пресами вітчизняного виробництва і гідравлічними пресами німецької фірми "Laeis Bucher". Випал проводиться в тунельній печі довжиною 156м. Виробництво неформованих вогнетривів - відносно новий напрямок діяльності ПрАТ «Запоріжвогнетрив»,

яке є частиною масштабної інвестиційної стратегії підприємства, спрямованої на диверсифікацію виробництва. Виробнича лінія виробляє вогнетривку бетонну суміш для металургійної, феросплавної, алюмінієвої і цементної промисловості. Потужність виробничої лінії дозволяє виробляти близько 16 тисяч тон продукції на рік. Виробнича лінія оснащена високотехнологічним обладнанням компанії "GALICO" (Словаччина) і фірми "EIRICH" (Німеччина), що є світовими лідерами в області виробництва з виготовлення сумішей техніки. Виробництво вогнетривких сухих бетонів не передбачає випал, як у класичній технології виробництва вогнетривких виробів. Це дає значну конкурентну перевагу новим матеріалам, так як для їх виробництва не використовується дорогий природний газ.

З запуском нової виробничої лінії значно розширився асортимент продукції, що випускається, в першу чергу, затребуваними у споживачів марками утеплюють і шлакоутворюючих сумішей ЛПС і УСК-Л. Дана продукція використовується при розливі різних марок сталі, зокрема, для облаштування ізложниць, кристалізаторів, сталевих ковшей і промковшей. На сьогоднішній день ПрАТ «Запоріжвогнетрив» пропонує широкий спектр послуг з організації та безпосереднього виконання вогнетривкої сервісу: обстеження об'єктів; розробку проекту футерування; добірку необхідних матеріалів; виробництво і поставку вогнетривів і супутніх матеріалів; виконання вогнетривких робіт, в тому числі «під ключ»; здачу об'єкта в експлуатацію; подальше гарантійне обслуговування об'єкта.

Також ПрАТ «Запоріжвогнетрив» надає сервісні послуги з обслуговуванню сталеплавильного виробництва:

- 1) ремонт, футеровка сталерозливних ковшів;
- 2) ремонт, футеровка проміжних ковшів МБЛЗ;
- 3) футерування конвертерів, сортування і вибірка б / у вогнеупора;
- 4) футерування кришок збереження тепла сталерозливних ковшів і кришок стендів розігріву;
- 5) футеровка вакуум-камер, торкретування кришок вакуум-камер;

- 6) футеровка аварійних ємностей;
- 7) ремонт сталевипускних отворів конвертерів;
- 8) футеровка барабанного сушила феросплавів;
- 9) футеровка міксера, ремонт кришки міксера;
- 10) бетонування сводових кілець установки піч-ковш;
- 11) технічне обслуговування футерування металургійних агрегатів прокатних цехів.

Підприємство здійснює обслуговування доменного виробництва:

- 1) футерування системи жолобів ливарного двору доменного виробництва;
- 2) ремонт і футерування арматурного шару жолобів ливарного двору доменного виробництва;
- 3) закачування за бронь доменної печі вогнетривких матеріалів;
- 4) футерування кришок збереження тепла чавуновозів;
- 5) ремонт і футерування чавунозаливних ковшів;
- 6) бетонування фурмених приладів; виконання робіт по футеровці повітря;

Надання послуг з обслуговування коксового виробництва ПрАТ «Запоріжвогнетрив»: торкретування камер коксування; заміна футеровки газових стояків; футерування дверей коксової батареї; ущільнення надрамних головок коксових батарей; заміна завантажувальних люків коксових батарей.

Продукція, що виготовляється шамотним цехом підприємства ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

Шамот з каоліну:

- шамот з каолінів Кіровоградського родовища - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 42% (ШКК-42);

- шамот з каолінів Полозького родовища – шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 41 % (ШКП-1);

Шамот з глини:

- шамот з глин Полозького родовища - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 37% (ШКГП-37);
- шамот кусковий з глин Полозького родовища - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 39% (ШКГП-39);
- шамот з глин Полозького родовища - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 34% (ШГП-36);
- шамот муллітокорундовий - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 77% (ШМК-77);
- шамот муллітокорундовий - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 80% (ШМК-80);
- шамот муллітокорундовий - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 92% (ШМК-90);

Шамот з кремнезему:

- шамот муллітокремнеземні - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 55% (ШМКР-55);
- шамот муллітокремнеземні - шамот з вогнетривкістю не нижче 1750<sup>0</sup>С, з масовою часткою Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менше 59% (ШМКР-58).

## 1.2 Аналіз енергоспоживання підприємства

Аналіз енергоспоживання підприємства зображено на рисунку 1.1, на якому показано, що значна частка від загальних енергоресурсів припадає на електроенергію. ПрАТ «Запоріжвогнетрив» спеціалізується на виробництві вогнетривкої продукції, тому найбільша частка енергоспоживання – природний газ, основними споживачами є обертові печі ділянки випалу шамотного цеху. Невелика кількість пресового обладнання використовує стиснене повітря та значна частина енергоресурсів припадає на опалення. Технічна та питна вода є майже безвитратним енергоресурсом.

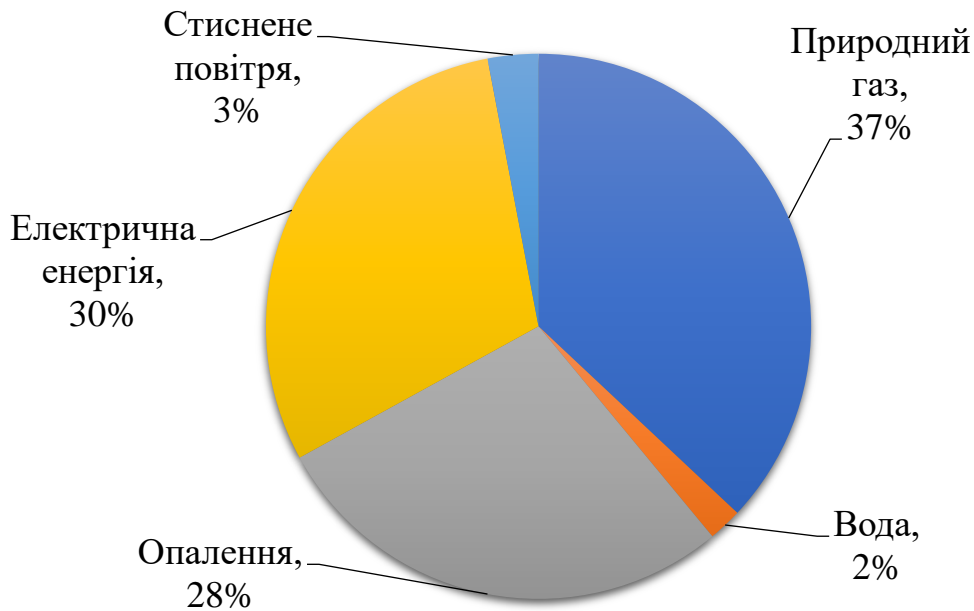


Рисунок 1.1 – Діаграма енергоспоживання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

На рисунку 1.2 зображено діаграму динаміки електроспоживання підприємством впродовж року. Споживання електричної енергії пов'язане з об'ємами замовлень вогнетривкої продукції. Найбільше споживання електричної енергії припадає на шамотний цех. Основним споживачем електричної енергії є сушильне та пресове обладнання. Саме у шамотному цеху найбільша концентрація сушильного та пресового обладнання.

Шамотний цех є найбільш прибутковим на підприємстві, через використання одного з найдешевших енергоресурсів – електроенергію. На рисунку 1.3 показано споживання електричної енергії цехами підприємства. Шамотнообпалювальний цех, високо глиноземне виробництво та цех неформованих виробів є споживачами природного газу. Цими цехами виготовляється продукція з високими вогнетривкими властивостями. Цех магnezіальних виробів теж має вагому частку споживання електричної енергії через трубні млини, які використовуються для подрібнення сировини.

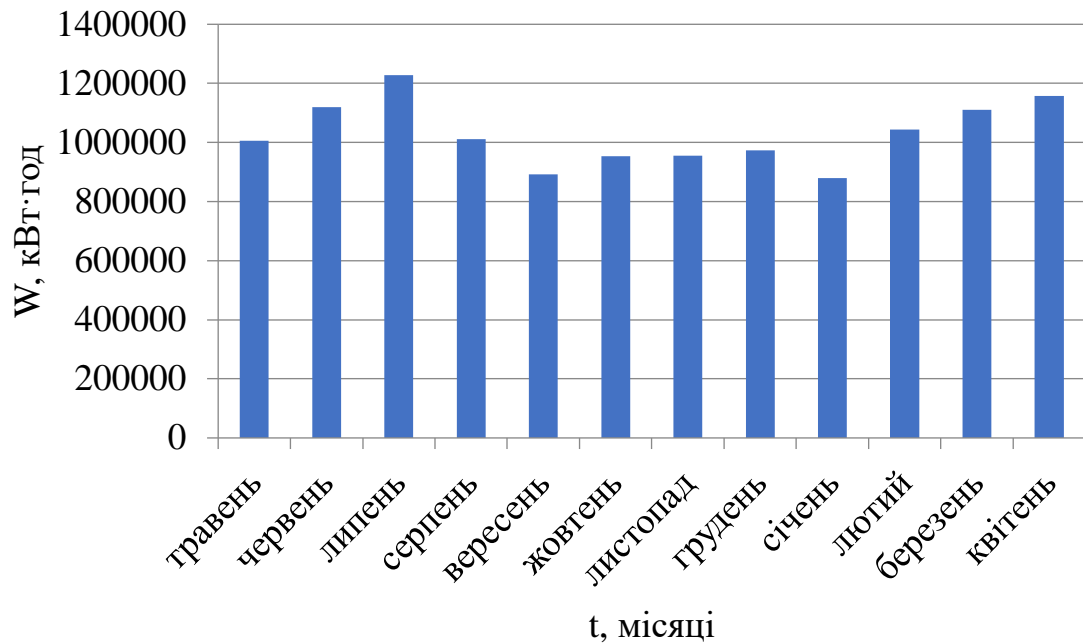


Рисунок 1.2 – Діаграма річного споживання електричної енергії підприємством

Шамотнообпалювальний цех, високоглиноземне виробництво та цех неформованих виробів є споживачами природного газу. Цими цехами виготовляється продукція з високими вогнетривкими властивостями. Цех магnezіальних виробів теж має вагому частку споживання електричної енергії через трубні млини, які використовуються для подрібнення сировини.

На рисунку 1.4 показано місячні обсяги споживання електричної енергії шамотного цеху впродовж року. Також як і на підприємстві, причиною різного споживання електричної енергії впродовж року є навантаження на електрообладнання, яке залежить від обсягів замовлень шамотної продукції.

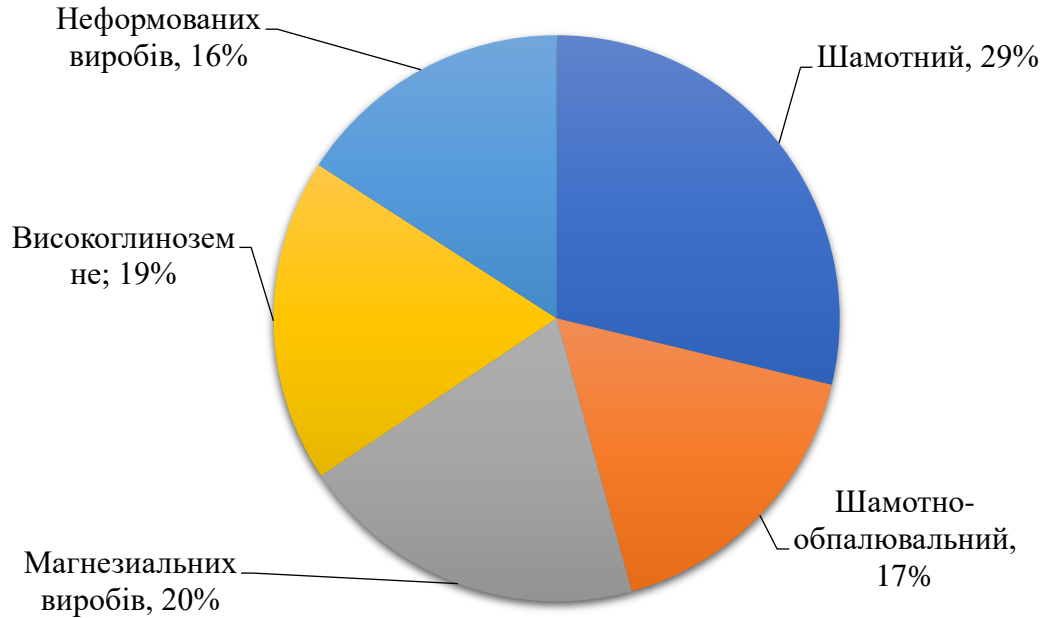


Рисунок 1.3 – Діаграма електроспоживання за цехами

На рисунку 1.4 показано місячні обсяги споживання електричної енергії шамотного цеху впродовж року.

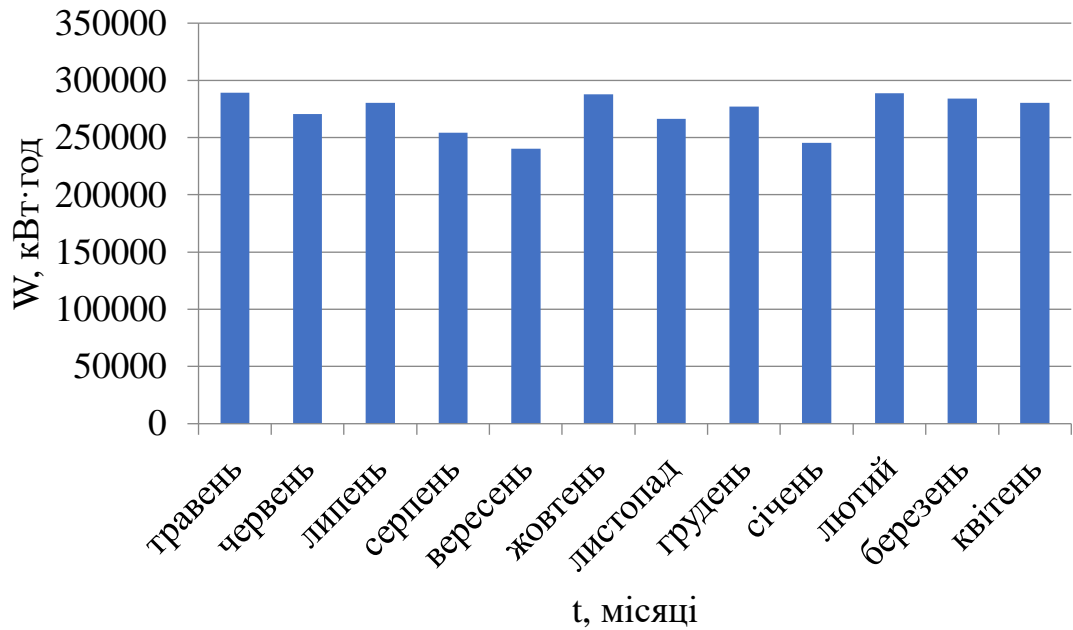


Рисунок 1.4 – Річне споживання електроенергії шамотним цехом  
ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Режими споживання електроенергії окремих споживачів та енергосистеми в цілому характеризуються графіками електричних навантажень. Ці графіки відображають зміну споживаної потужності на певному періоді часу (місяць, рік). Від режимів споживання електричної енергії залежать режими роботи енергетичних установок: основного обладнання електричних станцій, ліній електропередач та трансформаторних підстанцій. Розрізняють звітні і перспективні графіки навантаження споживачів. Звітні графіки призначені для аналізу режимів роботи енергосистеми в процесі експлуатації. Зазвичай зображуються у вигляді неперервної кривої або ламаної лінії. Перспективні графіки призначені для планування роботи і проектування окремих енергетичних об'єктів та енергосистем. На рисунку 1.5 зображено графік електричних навантажень шамотного цеху. Графік електричних навантажень показує споживання електричної енергії обладнанням у певний період часу зазначений технологічним процесом. З графіку видно наявність споживання електричної енергії у нічний час та пік навантаження з 11:00 – 13:00.

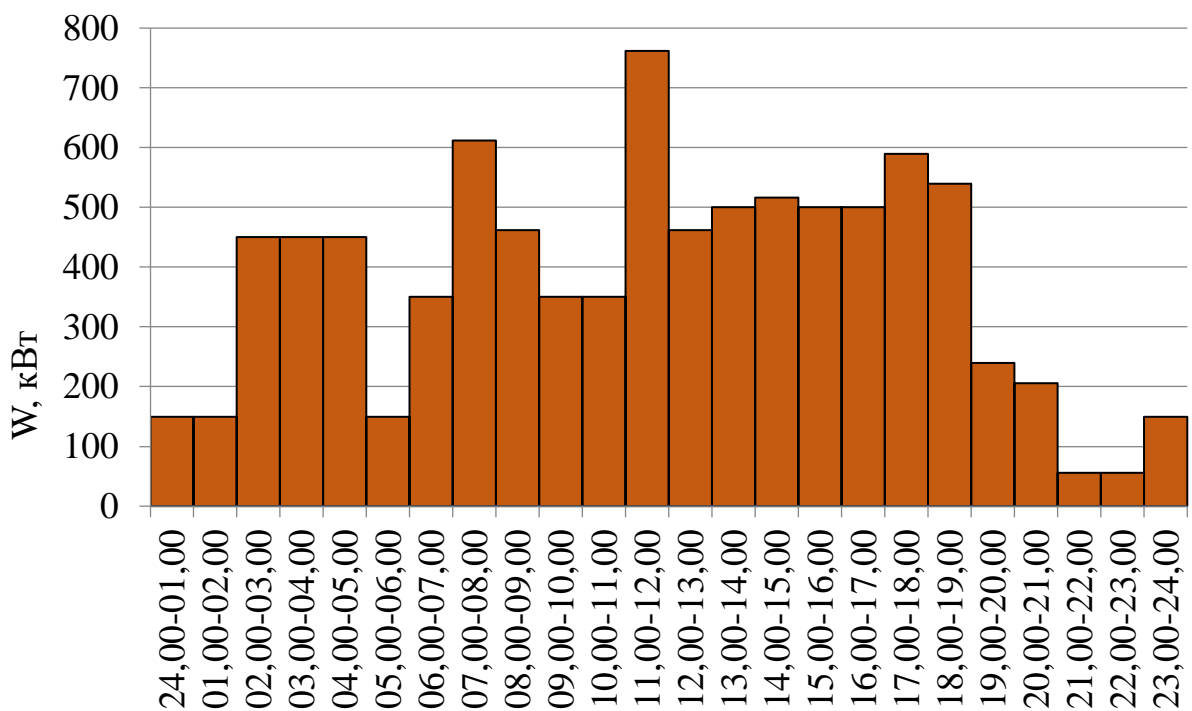


Рисунок 1.5 – Графік електричних навантажень



На рисунку 1.6 представлені основні споживачі електричної енергії шамотного цеху. Основними споживачами, виходячи з діаграми є преса та сушильні барабани. Пресове обладнання є найбільш енергоспоживаючим, але воно застаріле і при ознайомленні з технологічним процесом економічно доцільних заходів щодо модернізації з метою зниження споживання електричної енергії не виявлено.

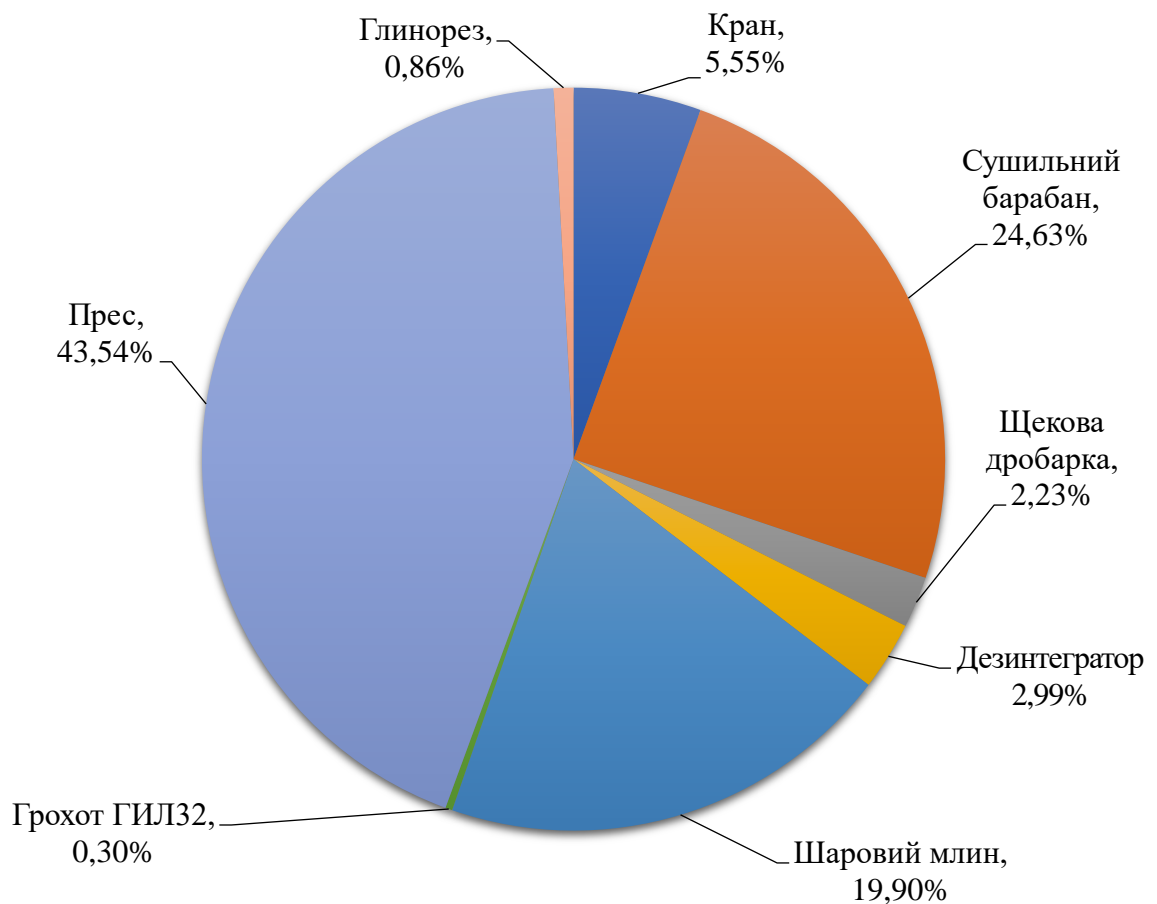


Рисунок 1.6 – Електроспоживання обладнанням шамотного цеху

Шаровий млин, щекова дробарка, кран споживають невелику кількість електричної енергії через низький коефіцієнт використання, який зазначено у даному технологічному процесі. У таблиці 1.1 наведено загальні характеристики обладнання шамотного цеху.

Таблиця 1.1 – Електроспоживання обладнанням цеху

№, з.п.	Назва	Кількість, шт.	Коефіцієнт використання	Потужність, кВт
1	Глинорез	2	0,115	15
2	Щекова дробарка	2	0,16	28
3	Сушильний барабан	2	0,66	75
4	Шаровий млин	4	0,2	100
5	Дезінтегратор	4	0,15	20
6	Грохот ГИЛ32	4	0,055	5,5
7	Прес	10	0,5	35
8	Кран	2	0,2	55,8

Зображено на рисунку 1.7 загальний вид сушильного барабану з описом основних частин. Сушильні барабани використовуються з метою досягнення потрібної вологості сировини. Сировина яка надходить до підприємства має різні вологість, але процесом сушіння у барабанах набуває еталонної зазначеній технологією вологості. Залежно від вологості і кількості матеріалу, буде змінюватися і кількість газоповітряної суміші, необхідної для сушіння. Тому, для стабільної роботи сушильного обладнання, зокрема, підтримки необхідної швидкості газоповітряної суміші (розрядження в тракті), повинна регулюватися і робота витяжного вентилятора (димососа), встановленого після сушильного агрегату за циклоном.

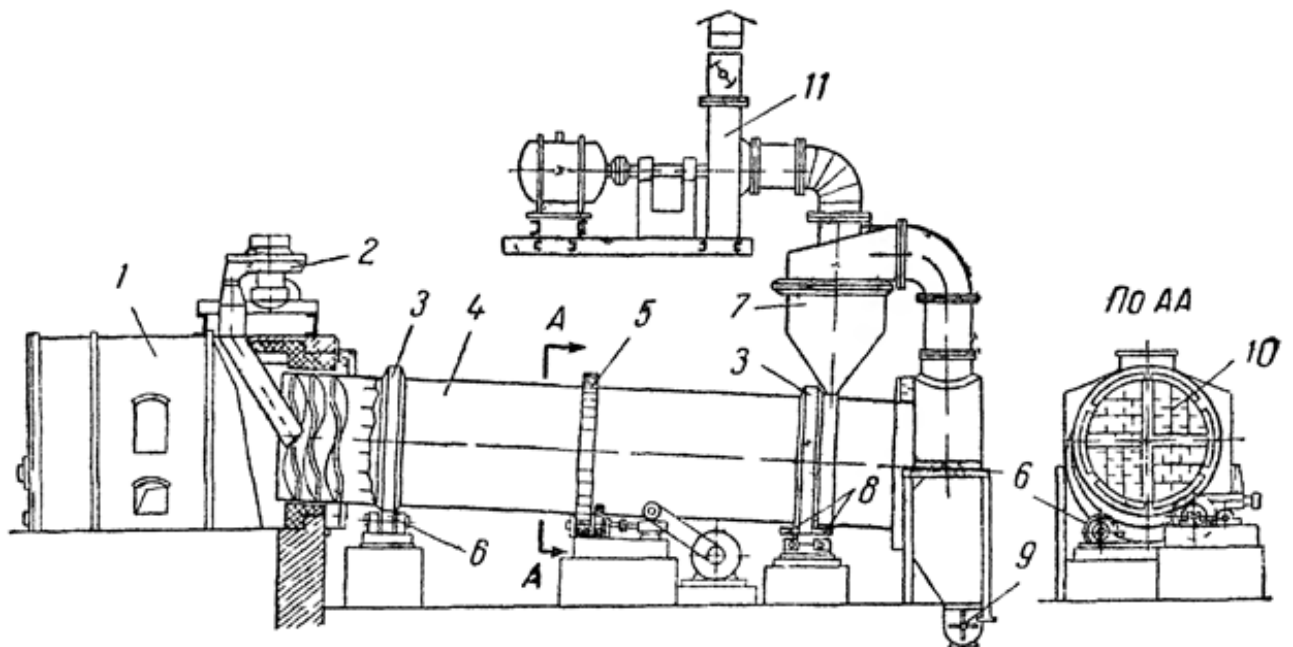


Рисунок 1.7 – Загальний вид сушильного барабану:

- 1 – топка; 2 – живильник; 3 – бандажі; 4 – барабан; 5 – зубчастий вінець;  
 6 – опорні ролики; 7 – циклон; 8 – опорні ролики; 9 – шлюзовий затвор;  
 10 – внутрішня насадка барабану; 11 – димосос

Принцип дії сушильного барабану: барабанна сушарка є циліндричний похилий барабан з двома бандажимами, які при обертанні барабану котяться по опорним роликам 6. Матеріал надходить з піднесеного кінця барабану через живильник 2, захоплюється гвинтовими лопатями, на яких він підсушується, після чого переміщається уздовж барабану, що має кут нахилу до горизонту до 6. Осьове зміщення барабану запобігає опорними роликами 8. Газу проходять через барабан за допомогою димососа 11, встановленого за сушаркою. Для уловлювання з газів пилу між барабаном і димососом включений циклон 7. Барабан приводиться в обертання за допомогою зубчастого вінця 5, який знаходиться в зачепленні з провідною шестернею, з'єднаної через редуктор з електродвигуном. На рисунку 1.8 надано загальний вид димососа.

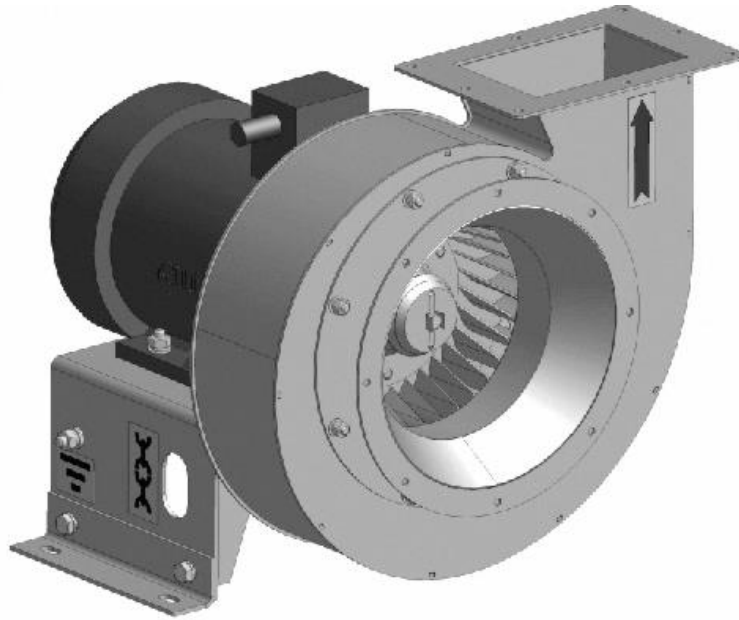


Рисунок 1.8 – Загальний вид димососа

У існуючий час сушильник шамотного виробництва виконує запуск димососа на закритий шибер шляхом включення кнопки пуск, яка встановлена біля електричного двигуна димососа. Після того як двигун набере обертів сушильник відкриває в ручну шиберну заслінку. В процесі роботи сушильник, стежачи за роботою димососа за приладами витрати повітря на пальник і розрядження в топці переміщається з приміщення сушильних барабанів в приміщення, де встановлено димосос і вручну регулює заслінку перед димососом. Залежно від характеру навантаження, відбувається і кількість регулювань. Це означає що електродвигун димососа електрофільтра постійно працює на повну потужність.

### 1.3 Загальна характеристика технологічного процесу основного цеху

Шамотний цех складається з чотирьох основних ділянок:

- 1) помольна ділянку;
- 2) пресова ділянка;
- 3) ділянка випалу;

4) складу готових виробів.

Помольна ділянка служить для роздрібнення матеріалу до потрібної фракції, сушки, сортування меленого матеріалу по фракціях, а також подачі сировини на пресову ділянку. Склад сировини служить для прийому сировини (глин і шамоту), а також зворотних відходів (БСП), вивантаження, сортування, зберігання, а також підготовки її до подачі на помольну ділянку. Пресова ділянка служить для приготування мас, для напівсухого способу формування використовуються гідравлічні, коліноважільні і механічні преса. Підрозділяється на 3 пресових ділянки. Ділянка випалу служить для випалу виробів посаджених на тунельні вагонетки. Складається з 2 ділянок, на кожному з яких знаходяться по 2 тунельних печі. Залежно від ділянки в роботі задіяна на 1-му пресовому ділянці - ТП № 2, на 2-й ділянці - ТП № 3. Ділянка пластичного пресування служить для формування виробів, з пластичних мас високої вологості, а також їх сушіння. Склад готових виробів служить для сортування готової продукції, укладання в штабелі, зберігання відповідно до технологічних, протипожежними, санітарно-технічними нормами, прийманням виробів працівниками ВТК і відвантаженням споживачу. Підрозділяється на склад 1 і 2-ої ділянок. Технологічний процес помольної ділянки зображена на рисунку 1.9, яка функціонує для: прийому вихідних матеріалів на склад; зберігання і видачі сировини зі складу в помольне відділення; роздрібнення матеріалів до потрібної фракції; сортування меленого матеріалу по фракціях; подачі матеріалу на пресовий ділянку.

Технологічний процес пресової ділянки зображено на рисунку 1.9. Ділянка складається з: складного обладнання, до якого входять преса, змішувачі, бігуни, живильники. Ділиться на 3 пресових ділянки і ділянки пластичного пресування. Ділянка служить для:

- 1) приготування суміші з вихідних компонентів;
- 2) формування виробів, з подальшою передачею виробів.

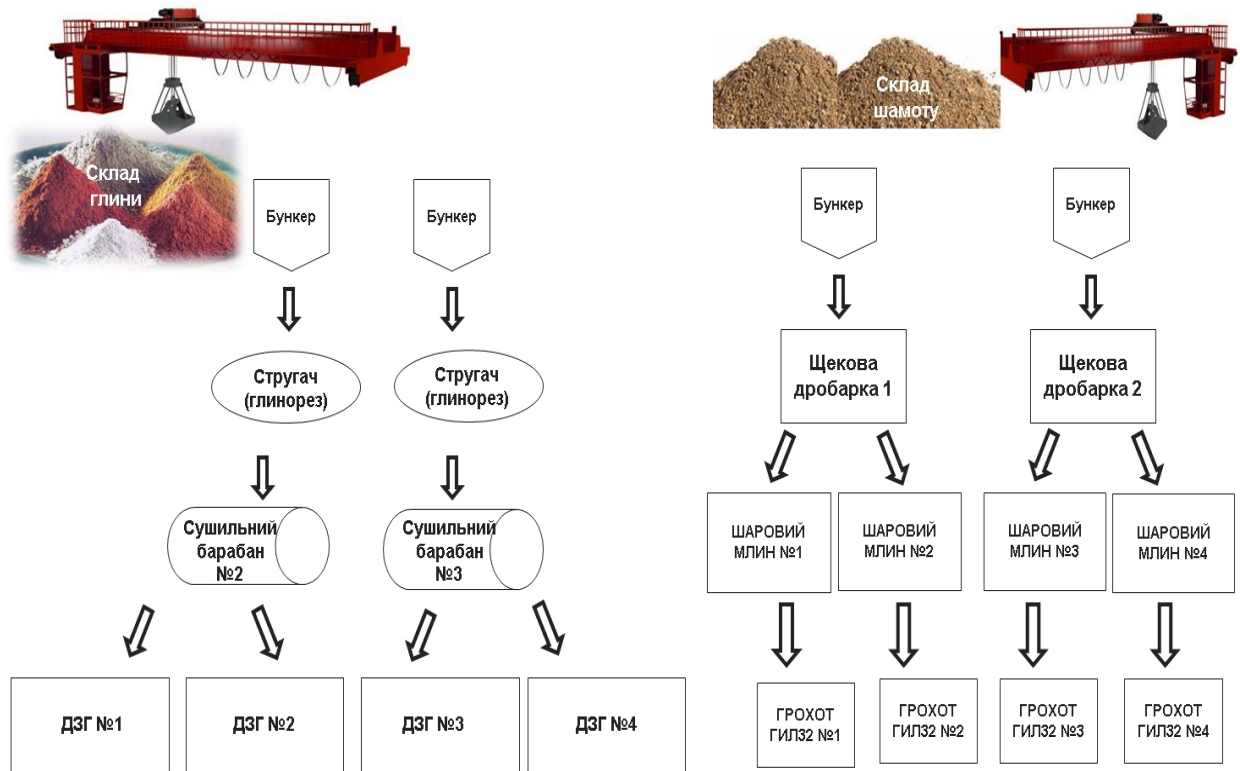


Рисунок 1.9 – Технологічний процес помольної ділянки

Ділиться на 3 пресових ділянки і ділянки пластичного пресування. Ділянка служить для: приготування суміші з вихідних компонентів; формування виробів, з подальшою передачею виробів.

На пресовій ділянці працюють два люлечних конвеєра, для обслуговування пресової ділянки №1 та пресової ділянки № 2. Служать конвеєра для подачі сформованих виробів від пресів до садочного місця, для навантаження виробів на поду. На рисунку 1.10 зображено опис технологічного процесу пресової ділянки: напрями надходження сировини з помольної ділянки та послідовність обробки з переліком обладнання яке може бути задіяне у технологічному процесі в залежності від виду виготовляємої продукції у певний час. Далі матеріал надходить до тунельних печей. Конвеєр пресової ділянки №1 (далі конвеєр №1) має довжину 259 м, цикл конвеєр №1 здійснює за 30 хв, середня продуктивність - 14,5 т/год (при повному завантаженні колісок).

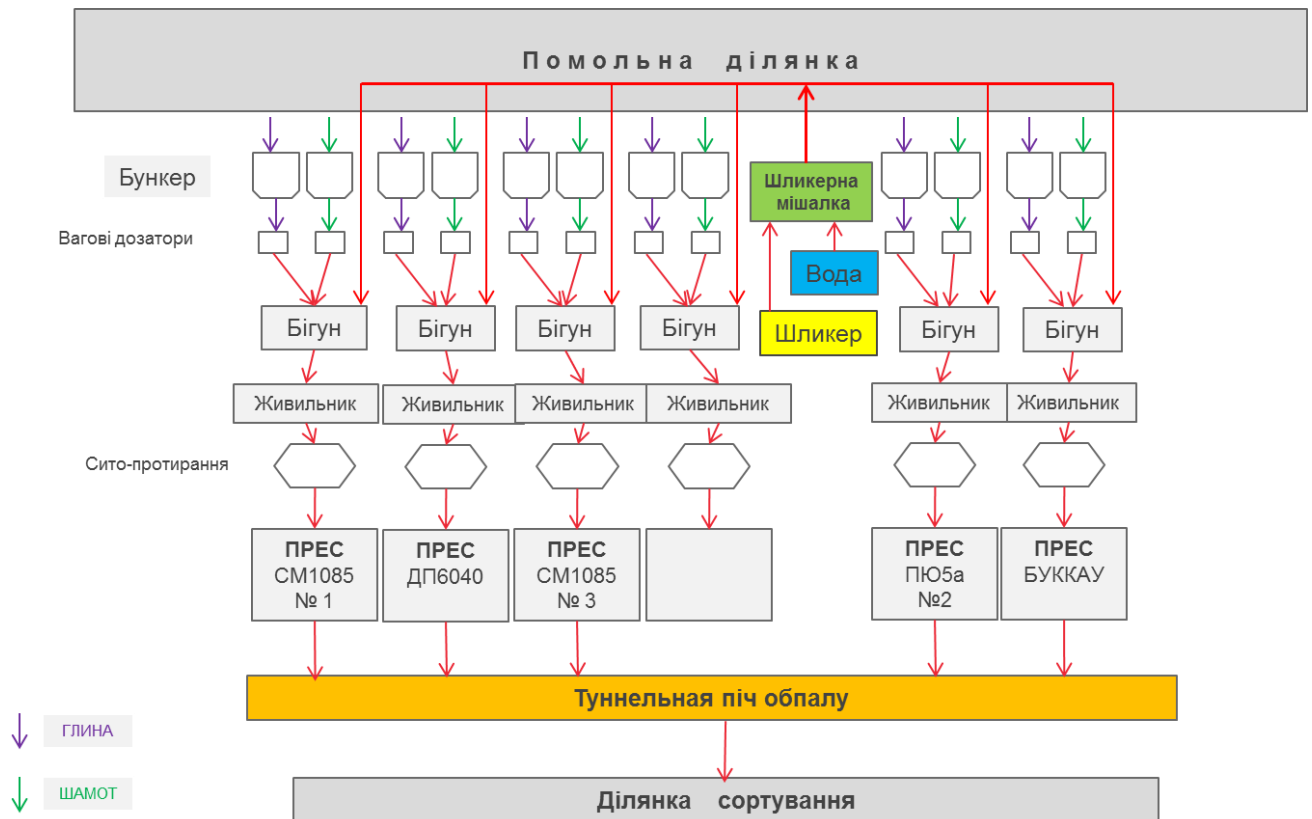


Рисунок 1.10 – Опис технологічного процесу пресової ділянки

Конвеєр пресової ділянки №1 (далі конвеєр №1) має довжину 259 м, цикл конвеєр №1 здійснює за 30 хв, середня продуктивність – 14,5 т/год (при повному завантаженні колісок).

Ділянка випалу складається з чотирьох тунельних печей та тунельного сушила, що складається з 5-ти камер.

Ділянка служить для:

- 1) випалу формованої продукції в печах;
- 2) термічної обробки в сушилці сирцю виробів, з подальшим випалюванням і передачею обпалених виробів на ділянку сортування.

Випал – це останній і найвідповідальніший процес в технології виробництва виробів, так як саме під час нього остаточно формуються властивості, що визначають якість виробу, який зображено на рисунку 1.11. До таких прийнято відносити як вимірювані механічні та термічні показники – міцність, щільність, пористість і т.п., так і візуальні дефекти – тріщини,

деформація і ін. Робочий простір печі можна розділити на чотири основні зони: сушки, підігріву (підготовки), випалу і охолодження.

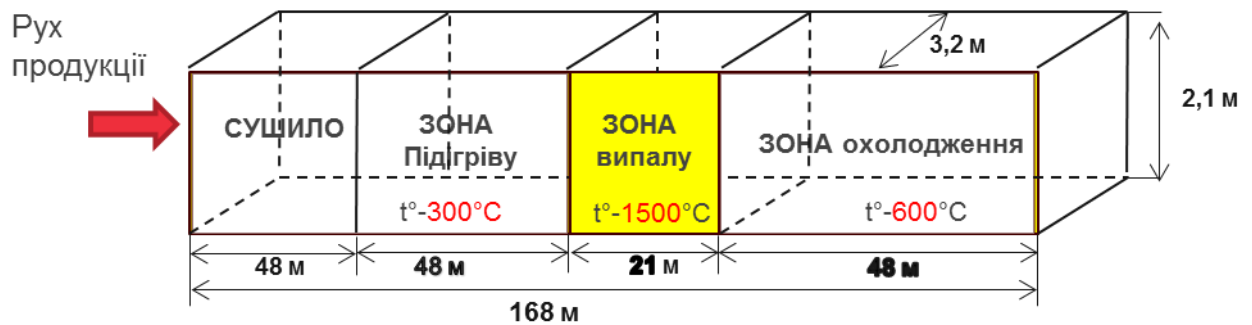


Рисунок 1.11 – Опис технологічного процесу ділянки випалу

До таких прийнято відносити як вимірювані механічні та термічні показники – міцність, щільність, пористість і т.д., так і візуальні дефекти – тріщини, деформація і ін. Робочий простір печі можна розділити на чотири основні зони: сушки, підігріву (підготовки), випалу і охолодження. Ділянка сортування виконує функції вибракування, сортування та пакування готової продукції. Три зони випалу потребуються за технологією з точки зору фізичних властивостей сировини, з метою максимального уникнення бракованої продукції.



## 2 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ОСНОВНИМ ЦЕХОМ ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

### 2.1 Основні можливі заходи для економії електричної енергії

Використання частотного перетворювача. Важливим напрямком зниження енергоспоживання є впровадження енергозберігаючого обладнання, до якого в першу чергу відноситься частотно-регульований електропривод (ЧРП) - асинхронний електродвигун, керований від перетворювача частоти (ПЧ). Впровадження частотних перетворювачів для вирішення різних технологічних завдань успішно використовується, що пояснюється в першу чергу великим поширенням асинхронних електродвигунів (близько 90% ринку) відрізняються простотою конструкції, високою надійністю, дешевизною, легкістю підключення і т. д. Перетворювач частоти – це 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.

Принцип дії: 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).

Перетворювач частоти дає нам наступні основні переваги:

- 1) оперативне автоматичне або ручне керування швидкістю або параметром, який від цієї швидкості залежить;
- 2) економію електроенергії при заміні інших способів регулювання;
- 3) зниження пускових струмів до мінімально необхідних для реалізації пуску;
- 4) зниження ударних навантажень на механізм при пуску;
- 5) комплексний захист двигуна і механізму.

Це далеко не повний перелік функцій перетворювача частоти, але навіть перераховані властивості дозволяють забезпечити на порядок кращу керованість обладнання та суттєве збільшення терміну його експлуатації. Однак за всі ці привабливі можливості доведеться заплатити чималеньку суму, і вже дуже не хочеться помилитися у виборі моделі, яка буде вирішувати саме ваші проблеми. Спробуємо з цим вибором розібратися. Власне, купівля перетворювача не складніше покупки автомобіля, тобто, швидше за все, ваш новий автомобіль буде їздити, але як швидко, комфортно і довго - це питання. Отже, припустимо, що двигун у нас вже є. При виборі перетворювача більшість користувачів спираються на потужність двигуна. Як правило, потужності двигуна та перетворювача збігаються, проте існують двигуни, номінальний струм яких істотно перевершує стандартне для даної потужності значення. Не вдаючись у подробиці конструкції асинхронних машин, відзначимо лише, що необхідна потужність перетворювача може виявитися істотно вищою від номінальної потужності двигуна, а оскільки обмежуючим фактором при роботі перетворювача є його номінальний струм, потрібно вибрати модель, номінальний струм якої не нижче номінального струму вашого двигуна. Інше питання – характер навантаження. Якщо навантаженням двигуна служить циркуляційний насос або вентилятор, то момент навантаження пропорційний квадрату швидкості. Таке навантаження навіть носить назву «насосного» і є самим легким варіантом для двигуна. Всяке навантаження, відмінну від цієї, в першому наближенні можна вважати не залежною від швидкості. Багато виробників випускають серії перетворювачів

спеціально для насосів, і вони, як правило, дешевші. Інші фірми допускають використання стандартних моделей з насосами більшої потужності, що також виявляється вигідніше. Ще один істотний момент – перевантаження двигуна. У насосів і вентиляторів перевантажень практично немає, але для інших механізмів це питання дуже важливе. Перевантажувальна здатність різних моделей перетворювачів частоти може сильно розрізнятися. Тому для вибору перетворювача потрібно знати характер перевантажень саме вашого механізму, зокрема: який рівень перевантажень, яка їхня тривалість і як часто вони з'являються. Спочатку вирішимо, як ми будемо керувати швидкістю двигуна. Найпростіший варіант аналогічний регулювання гучності радіоприймача: крутимо ручку потенціометра в одну сторону - швидкість зростає, в іншу - зменшується. Іноді цей потенціометр навіть присутній на перетворювачі. Інший варіант - дві кнопки: одна для збільшення швидкості, інша для її зниження. Цей тип управління отримав назву «автоматичного потенціометра», він зручніший тим, що неможливо випадково різко змінити швидкість приводу, крім того, кнопки в умовах виробництва зазвичай набагато надійніше змінного резистора. Схема «автоматичного потенціометра» реалізується практично на будь-якому перетворювачі. Якщо електроприводом буде керувати контролер або інший зовнішній пристрій, необхідно звернути увагу на те, чи узгоджуються керуючі сигнали контролера і перетворювача. У сучасній техніці цих сигналів залишилося фактично тільки два - 0-10 В і 4-20 мА. Якщо сигнал у вашій системі відрізняється від зазначених варіантів, то потрібно уточнити у, чи може пропонуваній вам перетворювач з ним працювати.

Освітлювальне обладнання. Основні фактори, що впливають на споживання енергії освітлювальної установки, при заданих нормах освітлення включають наступні:

- 1) проект схеми освітлення, спільне використання природного та штучного освітлення, забезпечення гнучкості керування освітлювальними мережами;

- 2) зовнішній вигляд та облицювання (збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень);
- 3) світлова віддача лампи (світловий вихід на один ватт електроенергії, що споживається лампою даного типу);
- 4) ефективність світильника (коефіцієнт корисної дії освітлювальної апаратури);
- 5) правильне використання вимикачів та регуляторів;
- 6) використання стартерних пускорегулювальних пристроїв при освітленні люмінесцентними лампами;
- 7) вибір схеми розміщення світильників;
- 8) зниження коефіцієнту запасу при виборі освітлювальних установок;
- 9) автоматичне регулювання освітлення, централізація керування базовими освітлювальними установками;
- 10) запиленість повітря приміщень;
- 11) чистота вікон для повного використання природного освітлення.

Впровадження нових прогресивних джерел світла, використання світильників з високим ККД, використання конструкцій відбиваючої арматури і раціональних схем освітлення дозволяють в багатьох випадках різко підвищити ефективність електроосвітлювальних установок, збільшити освітленість робочих місць, досягнути реальної економії електроенергії. Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

- 1) через забруднення світильників – 16%;
- 2) забруднення стін та стелі – 19,5%;
- 3) старіння ламп – 13%;
- 4) неправильної зборки ламп і рефлектора – 4%;
- 5) понаднормативної втрати напруги в мережі – 8%.

Слід відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази в порівнянні з відкритими лампами. Пропонується: Використання світової віддачі ламп з

користю та ефективно. Для використання світлової віддачі ламп необхідно враховувати: ефективність світильника (освітлювальної арматури); проект схеми освітлення – природне освітлення; правильне використання вимикання та регулювання. Основні функції світильників заключаються у тому, щоб підтримувати і захищати лампи, забезпечувати електричні підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою. Високоєфективні рефлектори. Використовують поверхню покриту сріблом, що має виключно високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоєфективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвоє кількість ламп.

Вплив дизайну та облицювання. Поверхні покрашені в світлий тон відбиває світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно красити, мити, або заново оклеювати з тим щоб забезпечувати економічне використання освітлення. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості. Регулятори освітлення. Мета подібних регуляторів забезпечити ефективне освітлення в потрібному місці і протягом необхідного часу. Ручними регуляторами забезпечується керування освітленням для окремих рядів систем освітлення, керування індивідуальними світильниками. Автоматичні регулятори бувають: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером. Фотоелектричні регулятори.

Фотоелектричні регулятори можуть забезпечити відключення освітлення тоді, коли природного (денного) освітлення достатньо для створення необхідного світлового потоку. Наприклад, фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість і може бути налаштований так, що спрацьовувати при зовнішній освітленості, що забезпечує необхідну освітленість на робочому місці. Включення електронного економного

світлотехнічного пристрою в робочий режим відбувається фотодіодом в момент настання темноти, а безпосереднє включення виключення освітлення створює детектор руху в момент попадання об'єкту в поле його дії. Для систем освітлення ліфтових площадок, момент включення та виключення регулюється також на запрограмований період часу для посадки в ліфт або пішого підйому на визначений поверх.

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, які реагують на присутність (ефект близькості) людей в приміщенні. Визначення присутності може базуватися на використанні інфрачервоних чи високочастотних датчиків, які включають освітлення при визначенні присутності людини в приміщенні та знову відключають освітлення коли людина залишає приміщення. Регулятори з таймером. Часові регулятори використовуються в приміщенні із чітким графіком роботи. Наприклад при фіксованій зміні освітлення може вимикатись при деякому запізненні після закінчення зміни. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення. Автоматичне управління рядами світильників. При освітленні великих приміщень де використовуються кілька рядів світильників, розміщених паралельно стіни можна відмикати окремі ряди в залежності від зміни природного освітлення, часу доби, роботи в окремих частинах приміщення.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності. При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають свої особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючи пристроїв – статичних конденсаторів. Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі. Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не павина бути більше 105% і нижче 85% номінальної

напруги. Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%. Однією з основних причин, що викликає значне коливання напруги в освітлювальній мережі промислових підприємств є пускові струми крупних електродвигунів. Значно підвищується напруга в електромережі промислових підприємств в нічний час, коли залишаються виключеними на ніч компенсуючі пристрої. Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючі пристрої. Використовуються також пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Використання електронної пускорегулювальної апаратури. На сьогодні в експлуатації знаходиться величезна кількість люмінесцентних ламп з електромагнітними дроселями, які не забезпечують оптимальних режимів роботи ламп і мають низькі експлуатаційні характеристики. На заміну дроселям прийшла електронна пускорегулююча апаратура (ПРА), яка суттєво покращує техніко-економічні показники цього типу світильників. Сучасні електронні баласты забезпечують: миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп; стабільність освітлення незалежно від коливань напруги; високу якість споживаємої електроенергії – близький до одиниці коефіцієнт потужності завдяки споживанню синусоїдального струму з нульовим фазовим зсувом.

Сучасна електронна пускорегулювальна апаратура є досить дорогими пристроями, однак початкові затрати, компенсуються за рахунок їх високої економічності. Досягається економія електроенергії в розмірі 20-25% при збільшенні освітленості на 10-12%, зменшуються затрати на обслуговування світильників із-за виключення з їх складу стартерів, конденсаторів, підвищується на 50% термін служби ламп завдяки ощадному режиму роботи і пуску.

Основою електронних ПРА (електронних баластів) є напівпровідникові імпульсні схеми, які дозволяють забезпечити живлення люмінесцентних ламп напругою підвищеної частоти, за рахунок чого суттєво підвищується якість освітлення люмінесцентних ламп при зменшеному споживанні енергії порівняно зі світильниками, які використовують традиційні електромагнітні баласты. Розроблені пристрої є перетворювачами струму частоти мережі живлення в струм підвищеної частоти і містить необхідні вузли для підтримання оптимального режиму запалювання і роботи лампи, а також контролю працездатності ламп і засобів захисту від аномальних режимів. Сучасний етап характеризується інтенсивною розробкою і впровадженням мікропроцесорних і спеціалізованих контролерів для керування системами освітлення. На сьогодні електронні баласты виробляються в масово в країнах де інтенсивно впроваджуються енергозберігаючі технології та здобувають практики масового використання в продукції фірм виробників Osram, Philips, General electric, Sylvania, Tradonic.

## 2.2 Вибір частотного перетворювача

Частотні перетворювачі працюють з асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором. При підключенні двигуна з фазним ротором фазні опори необхідно закортити. Деякі перетворювачі частоти можуть працювати з синхронними двигунами або з серводвигунами з постійними магнітами. Низьковольтний перетворювач частоти може працювати з високовольтним двигуном через підвищувальний трансформатор. Частотний перетворювач вибирається так, щоб його номінальний вихідний струм був не менший струму повного навантаження двигуна (або суми струмів повного навантаження двигунів, підключених в паралель до одного ПЧ). ПЧ спочатку випрямляє



мережеву напругу, а потім перетворить його в трифазну напругу. ПЧ, залежно від моделі, може мати однофазний або 3-х фазний вхід. Вихід у частотного перетворювача завжди трифазний, тому підключити до ПЧ ми можемо тільки 3 фазний асинхронний двигун, напруга живлення якого дорівнює вихідному номінальній напрузі ПЧ. ПЧ вибирається так, щоб забезпечити необхідну величину моменту перевантаження двигуна протягом заданого часу. Наприклад, необхідно, щоб при розгоні двигун протягом 1 хвилини розвивав момент, рівний від номінального моменту 160 %. Вибір з запасом – це усвідомлений вибір перетворювача частоти більшої потужності, ніж потрібно для роботи в нормальних умовах. Вибирати з запасом частотний перетворювач потрібно у разі: роботи ПЧ в більш широкому температурному діапазоні (нижче 0 °С і вище +50 °С) роботи ПЧ з перевантажувальним моментом більше допустимого для даної моделі приводу. При тривалій роботі від ПЧ на низьких оборотах з номінальним моментом двигун може грітися, тому необхідно передбачити його примусове охолодження. Якщо клас ізоляції (опір обмоток ) двигуна не розрахований для роботи з ПЧ, необхідно передбачити фільтр між ПЧ і двигуном. При роботі з ПЧ рекомендується використовувати двигун з термісторами для контролю температури обмоток двигуна. Схема підключення ПЧ до асинхронного двигуна приведена на рисунку А.1.

Розрахунок повної пускової потужності двигунів:

$$S_{\text{пуск.АД}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пуск}}^*}{\eta \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

де  $S_{\text{пуск.АД}}$  – повна пускова потужність АД, кВА;

$P_{\text{ном}}$  номінальна потужність двигуна, кВт;

$\eta$  ККД двигуна;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності із специфікації на двигун, приблизно 0,8...0,85;

$I_{\text{пуск}}^*$  - коефіцієнт кратності пускового струму одного АД (паспортна величина).

Крім того, потрібно виконати розрахунок потрібного пускового струму АД:

$$I_{\text{пуск.АД}} = I_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пуск}}^*, \quad (2.2)$$

де  $I_{\text{ном}}$  - номінальний струм двигуна, А;

$$I_{\text{пуск}}^* = \frac{M_d}{M_n}, \quad (2.3)$$

де  $M_n$  - номінальний момент на валу двигуна, Нм.

$M_d$  - динамічний момент на валу двигуна при пуску, Нм.

Щоб підібрати перетворювач частоти для асинхронних двигунів механізму димососа сушильного барабану, потрібні паспортні дані двигуна

Частотний перетворювач повинен задовольняти наступним умовами:

$$S_{\text{ном.ПЧ}} \geq \frac{S_{\text{пуск.АД}}}{1,5}, \quad (2.4)$$

$$I_{\text{ном.ПЧ}} \geq \frac{I_{\text{пуск.АД}}}{1,5}, \quad (2.5)$$

### 2.3 Вибір лічильника

Відомо, що електростанції функціонують у двох основних режимах: піковому і зниженому. Максимум енергоспоживання припадає на ранкові години (8 - 11 год.), Коли починають працювати більшість підприємств, і вечірні години (20 - 23 год.), Коли більшість людей повертається додому. Вночі ж споживання електроенергії різко падає. Такий «рваний» ритм роботи негативно позначається на терміні служби устаткування електростанцій. Крім того, споживання енергоресурсів (вугілля, нафта, газ) для вироблення електроенергії менше при рівномірному навантаженні. Це означає, що вирівнювання режиму роботи електростанцій дозволить економити цінні природні ресурси. Диференційований облік електроенергії дозволяє при використанні енергії в нічний час платити тільки 25 % вартості за КВт\*год від загального тарифу, адже саме в нічний час на систему електроопалення лягає основне навантаження. Таким чином, установка диференційованого лічильника дозволяє економити на електроенергії до 75 %. Більшість моделей дозволяють формувати статистику по навантаженню і току (графік навантаження і струму), мають інтерфейс «струмова петля», імпульсний вихід, оптопорт, журнал подій. Крім того, ці лічильники можуть бути застосовані в комплексі з системою передоплати електроенергії і графіку роботи опалювальної системи. Диференційований облік електроенергії впроваджується з метою вирівнювання добового графіка навантаження енергосистеми і мереж для досягнення оптимальної ефективності виробництва і передачі електроенергії, з урахуванням економічної зацікавленості споживача. Перехід на розрахунки за спожиту електроенергію за тарифами, диференційованими за періодами часу, дозволяє споживачеві економити на оплаті за спожиту електроенергію, регулюючи потужність, споживану його електроустановками, в залежності від тарифного коефіцієнта, що застосовується в кожен конкретний період часу доби. Наприклад, в нічні

години мінімального навантаження енергосистеми встановлюються знижені коефіцієнти для оплати за спожиту електроенергію, завдяки чому вартість спожитої в нічний період електроенергії значно зменшується.

Для розрахунків по дифтарифів потрібна установка багатотарифного приладу обліку. Розбивка спожитої енергії за періодами часу доби виконується сучасними електронними багатотарифними електролічильниками за допомогою вбудованих внутрішнього годинника лічильника відповідно до запрограмованого тарифним розкладом. Інформація про електроенергію, спожитої в різні періоди часу доби, відображається послідовно на дисплеї лічильника, а також може бути зчитана з лічильника за наявними цифровими інтерфейсами. Дифтарифними приладами обліку повинні бути обладнані всі розрахункові точки обліку на всіх приєднаннях, що живлять кожен окрему площадку вимірювання, тобто об'єкт або групу об'єктів, між якими існують або можуть бути організовані електричні зв'язку. Зміна виду тарифу здійснюється не частіше одного разу на рік. Найбільш доцільним буде встановлення тризонного лічильника, через використання сушильного обладнання у нічний час, використання пресового обладнання у денний, але не піковий час. Коефіцієнти лічильника подані у таблиці. Принцип дії індукційних приладів обліку полягає у взаємодії магнітного поля напруженої та струмової котушок з вихревіми струмами, що наводяться цими полями в алюмінієвому диску. Вісь приладу з'єднана з лічильним механізмом, який вимірює частоту обертання диска. Частота обертання диска пропорційна потужності навантаження, а кількість обертів пропорційна кількості електричної енергії, що проходить крізь прилад. Передавальне число лічильного механізму підібрано так, що покази лічильника відповідають кількості використаної електроенергії, вираженій у кВт • год. Цифра, що показує десяті частини кВт • год, узятя в кольорову рамку. Багатотарифний облік електроенергії на підприємстві. Енергоспоживання будь-якого підприємства, навіть такого, яке намагається працювати максимально ритмічно, різне у різний час доби. Для того щоб максимально ефективно і

точно вести облік спожитої енергії і розрахунки по ній, часто використовують багатотарифний облік електроенергії.

Метод багатотарифного обліку електроенергії має на увазі використання так званих тарифних періодів протягом однієї доби. Тобто кожен день розбивають на періоди, і електроенергія в кожному з таких періодів має свою вартість для підприємства-покупця. Найвищу вартість одиниця енергії має в години максимального навантаження. А найменшу, відповідно, в години мінімального. Таким чином, постачальники електроенергії намагаються звести до мінімуму відмінності в навантаженні на мережі, стимулюючи споживачів використовувати енергію в години найменшого споживання. Це допомагає їм уберегти генератори і мережі розподілу від перепадів напруги і збільшити тим самим термін їх служби. Найбільш ефективним буде використання багатотарифного обліку електроенергії для тих підприємств, у яких за допомогою електроенергії налагоджено опалення і забезпечення гарячою водою. Особливо, якщо приєднана потужність всього цього устаткування становить понад 5 кВт. Вартість електроенергії в цьому випадку може відрізнятись до п'яти разів на різних тарифних періодах.

Багатотарифний облік електроенергії для великих промислових підприємств здійснюється за трьома розрахунковими періодами. Періодом мінімального навантаження прийнято вважати час з 23.00 до 6.00. Період пікового навантаження припадає на час з 8.00 до 11.00. А час з 6.00 до 8.00 і з 11.00 до 23.00 вважається періодом максимального навантаження. Такий облік може здатися складним на перший погляд. Але сучасні лічильники дозволяють вести багатотарифний облік електроенергії без будь-яких особливих труднощів. Такі лічильники програмуються особливим чином і потім самостійно перемикаються на той чи інший тариф, в залежності від періоду доби. Крім того, їх інтерфейс дозволяє проглянути детальну звітність про те, коли і як витрачалася електроенергія і скільки за неї доведеться заплатити. Відмінність багатотарифних приладів обліку або приладів деференційованого (погодинного) обліку електричної енергії від однотарифних приладів обліку

«звичайних електролічильників» полягає у наступному: при обліку електричної енергії по одностарифному приладу обліку у «звичайному електролічильнику» – розрахунки за спожиту електричну енергію здійснюються на підставі показань приладу обліку за повним тарифом незалежно від періоду доби; при обліку електричної енергії по багатотарифному приладу обліку – розрахунки за спожиту електричну енергію здійснюються на підставі показань, які фіксуються приладом обліку за певні періоди доби, з урахуванням тарифних коефіцієнтів, що встановлені для відповідного періоду.

Встановлення багатотарифних приладів обліку та перехід на розрахунки за спожиту електроенергію за тарифами, які диференційовані за періодами часу, дозволяє споживачам заощаджувати на оплаті спожитої електроенергії за рахунок найбільшого споживання електричної енергії у період доби, в який діє найменший тарифний коефіцієнт. Визначимося з кількістю фаз. Тут все логічно, для трифазних мереж – трифазні лічильники, для однофазних – однофазні. Існують сучасні трифазні електронні лічильники, які дозволено підключати на одну фазу, але вони дорожчі за однофазні, тому цей метод застосовується тільки для випадку, коли трифазний лічильник є в наявності і його не треба купувати або надалі планується перейти з 220 В на 380 В. Зворотний випадок – електромонтаж однофазного лічильника для трифазного обліку можливий лише для технічного обліку і тільки для рівномірно розподіленого навантаження по всіх трьох фазах. У цьому випадку лічильник підключається тільки на одну фазу.

Технічний облік – це коли виміряне споживання електроенергії не потрібне для фінансово-грошових розрахунків, а використовується лише для отримання орієнтовної інформації про енергоспоживання. З'ясуємо, чи потрібен нам лічильник прямого включення чи потрібно використовувати трансформатори струму. Лічильники прямого включення можна використовувати для струмів до 75-100 А. При великих струмах потрібно ставити трансформатори струму і підключати лічильники до них. Якщо

необхідно враховувати електроенергію з напругою вище 380 В (це коли до вашого об'єкту – підприємства або приватному будинку – підходить високовольтна лінія і встановлений трансформатор), то доведеться використовувати трансформатори напруги. Вони знизять вимірювану напругу до 100 В. У цьому випадку потрібно буде використовувати лічильники, розраховані на підключення до трансформаторів напруги (тобто розраховані на 100 В). Також у цьому випадку обов'язкові трансформатори струму. Який клас точності лічильника необхідний. Для більшості об'єктів підходить клас точності 2,0, для великих підприємств з потужністю трансформаторів від 10 МВА потрібен клас точності 1,0. Іноді в класі точності є буква «S», наприклад 0,5 S, це означає, що даний прилад має підвищену точність при невеликих струмах у порівнянні з класом точності 0,5. Під час обговорення з організацією яка займається електропостачанням технічних умов на приєднання встановлюється необхідність обліку реактивної енергії. Зараз випускаються електролічильники, які одночасно враховують і активну, і реактивну енергію, причому ціна у таких приладів не дуже висока в порівнянні з лічильниками тільки активної енергії. У більшості електронних приладів обліку електроенергії є додаткові функції. Це можуть бути:

- 1) наявність декількох тарифів – для випадку коли оплачується денна та нічна електроенергія за різними тарифами;
- 2) наявність двонаправленого обліку – використовується тільки в енергосистемах коли потужність передається по лінії то в одну, то в іншу сторону;
- 3) наявність архіву енергоспоживання – досить корисно для підприємств, електролічильник записує споживання електроенергії кожні півгодини і зберігає у внутрішній пам'яті ці дані кілька днів. Таким чином при аналізі енергоспоживання можна з'ясувати, що хтось залишив включеним електрообладнання у вихідні або робив «ліві» замовлення в неробочий час і багато іншого цікавого;

4) наявність пристроїв зв'язку для об'єднання декількох електролічильників в мережу або дистанційного знімання показань з віддаленого електролічильника;

5) наявність функції контролю якості електроенергії – допоможе при позовах з енергозбуту з приводу неякісної електроенергії.

На рисунку 2.1 зображено загальний вид лічильника диференційованого тарифу, який підійде для встановлення на підприємствах.



Рисунок 2.1 – Лічильник диференційованого тарифу

Основні характеристики середньостатистичного лічильника для підприємства наведено в таблиці 2.1.



Таблиця 2.1 – Основні характеристики лічильника Itron.

Характеристика	Значення
Виробник	Itron
Вид обліку	комерційний
Кількість фаз	3-х фазний
Кількість тарифів	багатотарифний
Вимір енергій	повна
Тип підключення	трансформаторне
Номінальний струм	1 А
Максимальний струм	2 А
Клас точності активної енергії	0,25
Клас точності реактивної енергії	1,0
Номінальна фазна напруга	3x100 В
Діапазон робочих температур	від -40 до +70
Міжповірочний інтервал	6 років

Поданий лічильник пропонується встановити в узлах шамотного цеху ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

#### 2.4 Зміна графіка електричних навантажень обладнанням

Графік електричних навантажень. Режими споживання електроенергії окремих споживачів та енергосистеми в цілому характеризуються графіками електричних навантажень. Ці графіки відображають зміну споживаної потужності на певному періоді часу (місяць, рік). Від режимів споживання електричної енергії залежать режими роботи енергетичних установок:

основного обладнання електричних станцій, ліній електропередач та трансформаторних підстанцій. Розрізняють звітні і перспективні графіки навантаження споживачів. Звітні графіки призначені для аналізу режимів роботи енергосистеми в процесі експлуатації. Зазвичай зображуються у вигляді неперервної кривої або ламаної лінії. Перспективні графіки призначені для планування роботи і проектування окремих енергетичних об'єктів та енергосистем. Перспективні графіки отримують розрахунковим шляхом. Для зручності використання, їх прийнято зображувати у вигляді ступінчатої лінії, яка складається з 24 горизонтальних ділянок, відповідно до навантаження кожної години електроспоживання (добовий графік). Або дванадцяти ділянок, які відповідають максимальному та середньому навантаженню кожного місяця (річний графік). Графіки навантажень споживачів є надзвичайно важливим джерелом інформації для фахівців електроенергетичної галузі.

Побудова графіків електричних навантажень необхідна для розв'язку задач пов'язаних з експлуатацією, проектуванням та розвитком енергосистем. На основі таких графіків складають баланси потужності та визначають необхідну потужність джерел електричної енергії, розраховують оптимальні режими роботи електричних станцій, розробляють рекомендації по регулюванню, визначають умови роботи електричних мереж та міжсистемних зв'язків. Витрати на виробництво, передачу і розподіл електроенергії при інших рівних умовах залежать від форми графіка споживання. Чим більш різко виражена нерівномірність споживання, тим більші витрати. Графіки навантажень енергосистем мають явно виражені піки навантажень – ранковий і вечірній, між якими знаходиться зона деякого зниження навантаження спостерігається впродовж 6-8 нічних годин. Аналіз тенденції розвитку електроспоживання показує, що з часом нерівномірність графіка навантажень зростає, більш різко проявляються зони піків і провалів навантажень.

Перед енергосистемами виникає проблема покриття піків електричних навантажень, а також забезпечення економічного режиму роботи агрегатів в години нічних провалів. Для покриття піків або дефіциту потужності є два

шляхи – збільшення генераторних потужностей і вирівнювання регулювання графіків навантаження за допомогою споживачів електроенергії. З точки зору загальнодержавних інтересів доцільно використовувати останній, тому що тієї ж мети можна досягнути при незрівнянно менших витратах. Окрім покриття дефіциту потужності вирівнювання графіків навантажень енергосистем призводить до зменшення втрат електроенергії і напруги в її мережах, а також питомих витрат палива на виробництво електроенергії. Вирівнювання добових графіків навантажень споживачів призводить до зниження:

- 1) нерівномірності графіків навантажень енергосистеми;
- 2) втрат активної потужності і електроенергії в мережах;
- 3) втрат напруги в мережах і розмаху її відхилення від номінального значення на зажимах електроприймачів протягом доби;
- 4) витрат на оплату електроенергії.

Таким чином, прагнення окремих споживачів до мінімуму витрат при споживанні електроенергії призводить до мінімізації витрат на виробництво і передачу енергії, тобто до оптимуму в цілому. Тому вирівнювання добових графіків навантажень споживачів електроенергії можна розглядати як один із найважливіших заходів по збереженню фінансових і енергетичних ресурсів. Загальна стратегія впровадження заходів з енергозбереження: в першу чергу впроваджуються заходи, які не потребують капітальних вкладень, в другу – заходи з найменшими приведеними затратами.

### 3 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

З аналізу електроспоживання цеху за місяць видно, що найбільше споживання електричної енергії припадає на сушильні барабани. А саме на електропривід димососа. На рисунку 3.1, зображено загальний вид асинхронного двигуна димососа сушильного барабану до якого встановлюється перетворювач частоти, за паспортними даними якого буде обрано ПЧ.



Рисунок 3.1 – Загальний вид асинхронного двигуна 5AM280S6e3Y3

Вибір перетворювача частоти проводиться за паспортними даними асинхронного двигуна, які наведені у таблиці 3.1 та за формулами, які подані у підрозділі 2.2. Асинхронні двигуни димососа є основними споживачами електричної енергії в сушильному обладнанні, мають великий ККД для споживачів більше 100 кВт.

Таблиця 3.1 – Характеристика двигуна асинхронного двигуна.

Параметри	Характеристика
Серія	5AM280S6e3Y3
Потужність, кВт	75
Кількість обертів, об/хв.	750
Коефіцієнт потужності	0,84
Струм при 380В, А	141,0
ККД, %	93,8
Відношення пускового струму до номінального	2,0
Маса, кг	790

На рисунку 3.2 подано зальний вигляд перетворювача частоти Lenze 8200.



Рисунок 3.2 – Загальний вид перетворювача частоти Lenze

У таблиці 3.2 наведено основні характеристики перетворювача Lenze.

Таблиця 3.2 – Характеристики перетворювача Lenze

Параметри	Характеристика
Бренд	Lenze
Потужність	150.00 кВт
Кількість фаз/напруги на вході	3-ф/380 (трифазний 380в) В
Кількість фаз/напруги на виході	3-ф/380 В
Струм номінальний	200.00 А
ЕМС фільтр	+
Вбудований регулятор	ПІД
Ціна	230261 грн

Наступний найдешевший перетворювач частоти зображено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Загальний вид перетворювача частоти КЕВ

Основні характеристики ПЧ бренду КЕВ наведені у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Характеристики перетворювача КЕВ

Параметри	Характеристика
Бренд	КЕВ
Серія	Combivert F5 Compact
Sku	23.F5.C0R/C2R-940A
Потужність	150.00 кВт
Кількість фаз/напруги на вході	3-ф/380 (трифазний 380в) В
Кількість фаз/напруги на виході	3-ф/380 В
Струм номінальний	200.00 А
Ступінь захисту по ІР	20
Вбудований регулятор	ПІД
Скалярний режим управління	+
Ціна	173003 грн

На рисунку 3.4 подано загальний вид популярного серед споживачів перетворювач частоти Schneider. З таблиці 3.4 видно один з найголовніших параметрів перетворювача частоти, наявність аналогового входу типу 4-20 мА.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд перетворювача частоти Schneider

Наявність цієї характеристики надає можливість подальшого вирішення автоматичної установки заданого режиму роботи з пульта контролю-вимірювальних пристроїв.

Таблиця 3.4 – Характеристики перетворювача Schneider

Параметри	Характеристика
Бренд	Schneider Electric
Потужність	150.00 кВт
Кількість фаз/напруги на вході	3-ф/380 (трифазний 380в) В
Кількість фаз/напруги на виході	3-ф/380 В
Струм номінальний	200.00 А
Максимальна вихідна частота	500 Гц
Ступінь захисту по IP	20
Лінійний закон управління $U/f$	+
Квадратичний закон управління $U/f_2$	+
Максимальна кількість фіксованих швидкостей	16
Кількість/тип аналогових виходів	1: 0-10V або 0(4)-20mA
Кількість релейних виходів	2
Протокол Ethernet IP	VW3A3E316
Ціна	238848 грн

Розрахунок повної пускової потужності двигунів:

$$S_{\text{пуск.АД}} = \frac{75 \cdot 2}{0,938 \cdot 0,84}, \quad (3.1)$$

Розрахунок потрібного пускового струму АД:

$$I_{\text{пуск.АД}} = 141 \cdot 2 \quad (3.2)$$

$$I_{\text{пуск}}^* = 2 \quad (3.3)$$

Наступні умови для частотного перетворювача:



$$150 \text{ кВт} \geq 126 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

$$200 \text{ А} \geq 188 \text{ А} \quad (3.5)$$

Частотний перетворювач Schneider задовольняє умовам вибору ПЧ.

Враховуючи характер навантаження сушильного барабана сировиною за технологією, на рисунку 3.5 показано зміну електричного навантаження на асинхронний двигун.



Рисунок 3.5 – Графік зміни навантаження електричного двигуна

Зниження навантаження електричного двигуна, тягне зниження споживання електричної енергії. Метод розрахунку економічної доцільності проекту:

З технологічного процесу сушильний барабан працює 16 годин, з частотним перетворювачем кожна година має різний процент використання повної потужності електричного двигуна димососа.

Формули для розрахунку:

Формула для розрахунку потужності яка зекономиться за n-у годину:

$$W_e^n = W \cdot (1 - K^n), \quad (3.6)$$

де  $W$  – потужність електродвигуна димососа,

$K_n$  – коефіцієнт використання після встановлення перетворювача частоти, який вказано у таблиці 3.5.

$$W_e^1 = 75 \cdot (1 - 1) = 75 \text{ кВт}. \quad (3.7)$$

Результати розрахунків за формулою приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт використання потужності двигуна

Година	1	2	3	4	5	6	7	8
Коефіцієнт n-ої години	1	1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,8
Година	9	10	11	12	13	14	15	16
Коефіцієнт n-ої години	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	1	1	1

На рисунку 3.6 зображено діаграму зміни річного споживання електричної енергії пов'язані з встановленням перетворювача частоти на електричний двигун димососа сушильного барабану. В таблиці 3.6 наведено результати розрахунків.

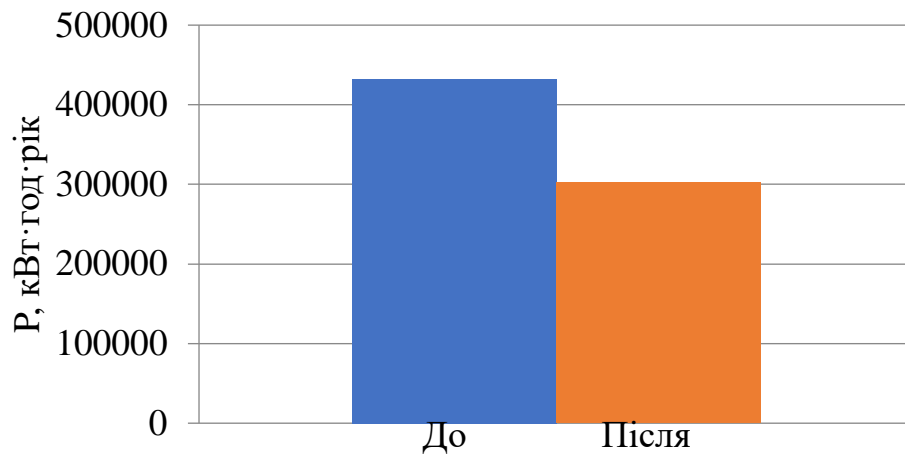


Рисунок 3.6 – Діаграма економічного ефекту після встановлення ПЧ

Формули для розрахунку РП:

$$РП = \sum W_e^n \cdot T \cdot 365, \quad (3.8)$$

де  $T$  – дійсний тариф;  $T=2,49$  грн·кВт·год;

$\sum W_e^n$  – зекономлена потужність за добу;

$$РП = 360 \cdot 2,49 \cdot 360 = 322704 \text{ грн.} \quad (3.9)$$

Таблиця 3.6 – Результати розрахунків за формулою

Година	1	2	3	4	5	6	7	8
Потужність, кВт	0	0	37.5	37.5	22.5	22.5	30	15
Година	9	10	11	12	13	14	15	16
Потужність, кВт	15	45	45	45	45	0	0	0
Сумарна потужність	360							

На рисунку 3.7 зображено економічний ефект установки ПЧ до асинхронного двигуна димососа у грошовому еквіваленті.

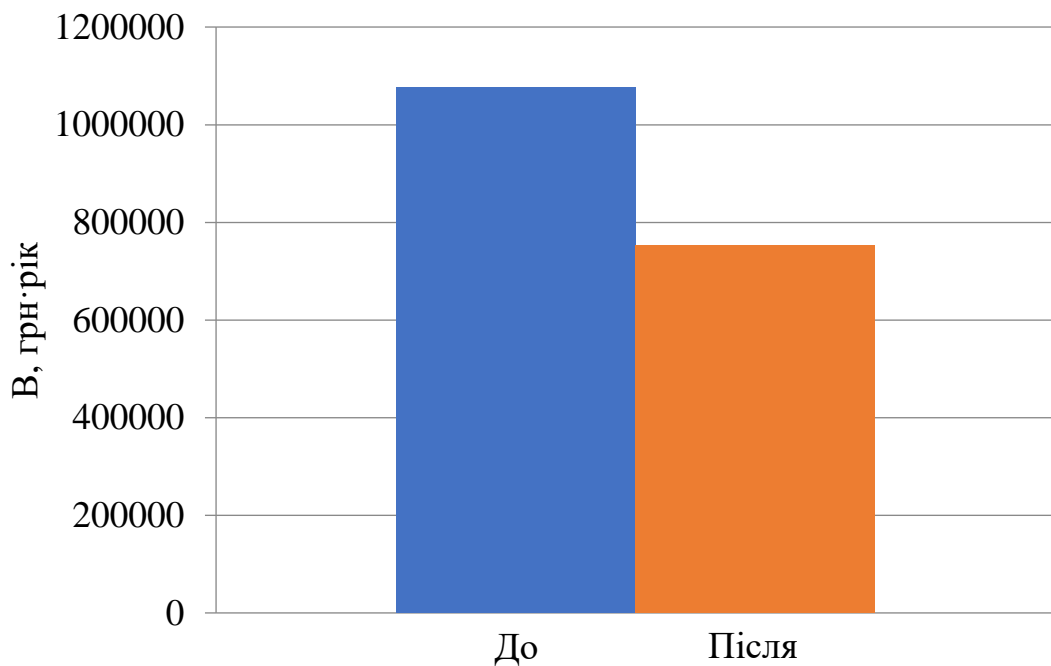


Рисунок 3.7 – Економічний ефект встановлення ПЧ

Формула для розрахунку терміну окупності:

$$PP = \frac{KB}{PP}, \quad (3.10)$$

де  $KB$  – розмір капіталовкладень;

$PP$  – річний прибуток;

$$PP = \frac{238848}{322704} = 0,74 \text{ року.} \quad (3.11)$$

Термін окупності становить 9 місяців. Проект є рентабельним, адже термін окупності менше 5 років. Заходи щодо встановлення перетворювачів

частоти вже не були актуальним через високу вартість обладнання. Але з кожним роком вони становляться все більш доступними через збільшення конкуренції ринку.

Економічний ефект від встановлення лічильника диференційованого тарифу та зміни графіка електричних навантажень. У процесі аналізу технологічного процесу було звернено увагу на графік навантаження електроенергії обладнанням цеху (рисунок 1.5). Запропоновано змінити графік електричних навантажень цеху зображено на рисунку 3.8.

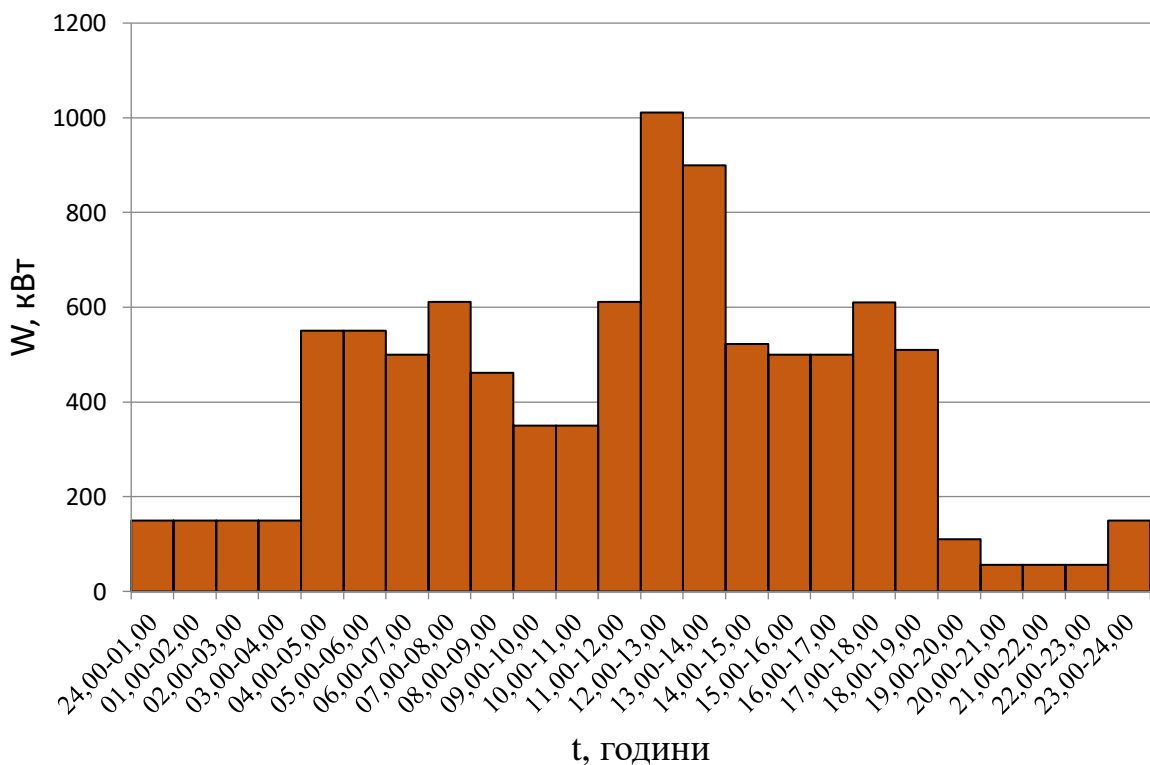


Рисунок 3.8 – Запропонований графік електричного вантаження

Метою заходу є досягнення зменшення витрат на споживання електричної енергії, враховуючи пропозицію встановлення лічильника диференційованого тарифу. Згодом було запропоновано розглянути установку лічильника диференціювання тарифів. З огляду на навантаження з 11: 00-19: 00 з піками споживання 12: 00-14: 00.

В таблиці 3.7 наведено коефіцієнти за якими буде рахуватися витрати на споживання електричної енергії після встановлення лічильника диференційованого тарифу.

Таблиця 3.7 – Коефіцієнти диференційованого тарифу електроенергії

Період доби	Коефіцієнт
24:00-7:00	0,25
7:00-8:00	1,02
8:00-11:00	1,8
11:00-20:00	1,02
20:00-23:00	1,8
23:00-24:00	1,02

На рисунку 3.9 зображено економічний ефект від впровадження зміни ГЕН після впровадження лічильника диференційованого тарифу. Тобто, на скільки збільшилась економія від зміни ГЕН.

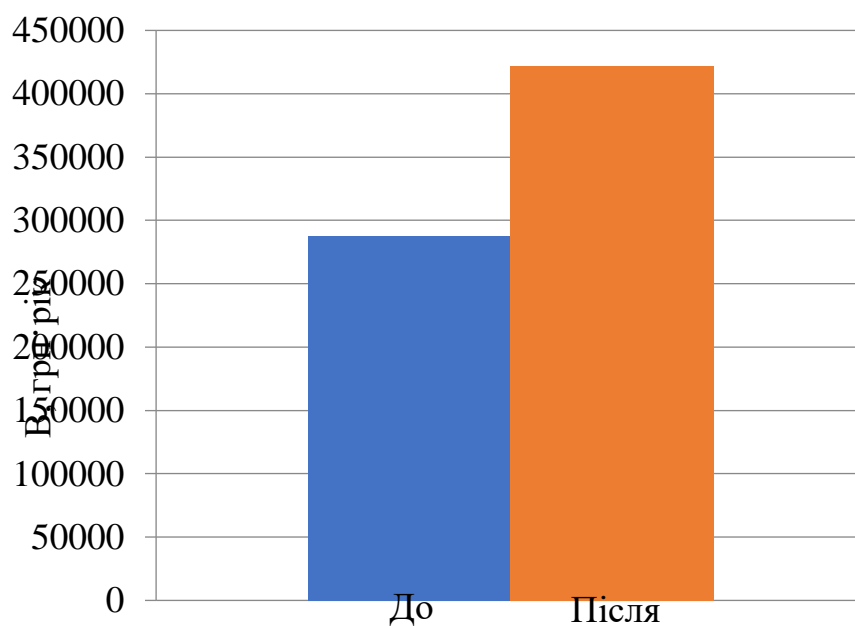


Рисунок 3.9 – Ефект від зміни ГЕН після впровадження лічильника

В таблиці 3.8 наведено добові витрати на споживання електроенергії за диференційованим тарифом. За даними прораховується добова економія впровадження, далі річна економія.

Таблиця 3.8 – Економічний ефект споживання електричної енергії за диференційованим тарифом

Час	Коефіцієнт	Потужність, кВт•год	Витрати, грн
24,00-01,00	0,25	150	93,375
01,00-02,00	0,25	150	93,375
02,00-03,00	0,25	150	93,375
03,00-04,00	0,25	150	93,375
04,00-05,00	0,25	550	342,375
05,00-06,00	0,25	550	342,375
06,00-07,00	0,25	500	311,25
07,00-08,00	1,02	611,6	1553,34168
08,00-09,00	1,8	461,6	2068,8912
09,00-10,00	1,8	350	1568,7
10,00-11,00	1,8	350	1568,7
11,00-12,00	1,02	611,6	1553,34168
12,00-13,00	1,02	1011,6	2569,26168
13,00-14,00	1,02	900	2285,82
14,00-15,00	1,02	522	1325,7756
15,00-16,00	1,02	500	1269,9
16,00-17,00	1,02	500	1269,9
17,00-18,00	1,02	610	1549,278
18,00-19,00	1,02	660	1676,268
19,00-20,00	1,02	110	279,378
20,00-21,00	1,8	56	250,992
21,00-22,00	1,8	56	250,992
22,00-23,00	1,8	56	250,992
23,00-24,00	1,02	0	0

Економічний ефект зміни графіка електричного навантаження при встановленні лічильника диференційованого тарифу зображено на рисунку 3.10.

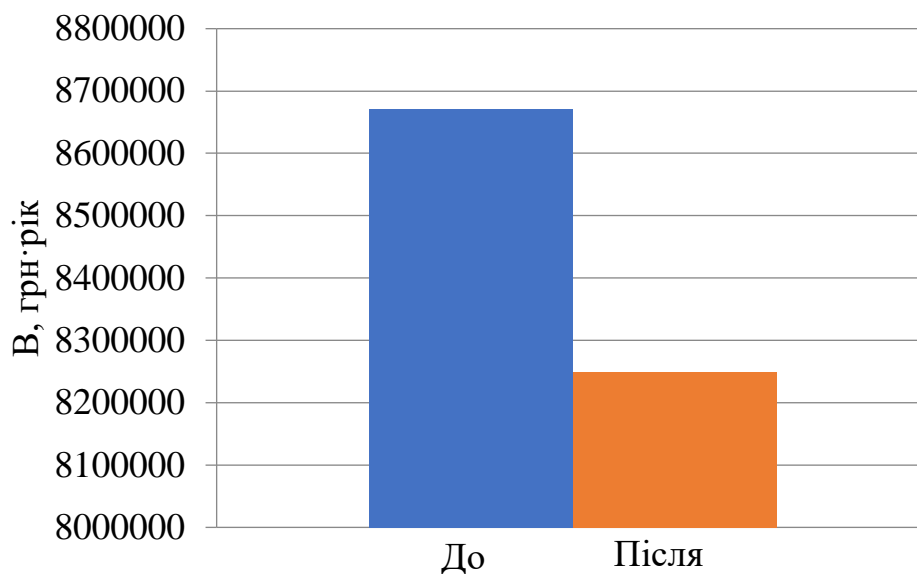


Рисунок 3.10 - Ефект впровадження лічильника диференційованого тарифу після зміни ГЕН

На рисунку 3.11 зображено розмір капіталовкладень і річний прибуток заходу, щодо впровадження перетворювача частоти.

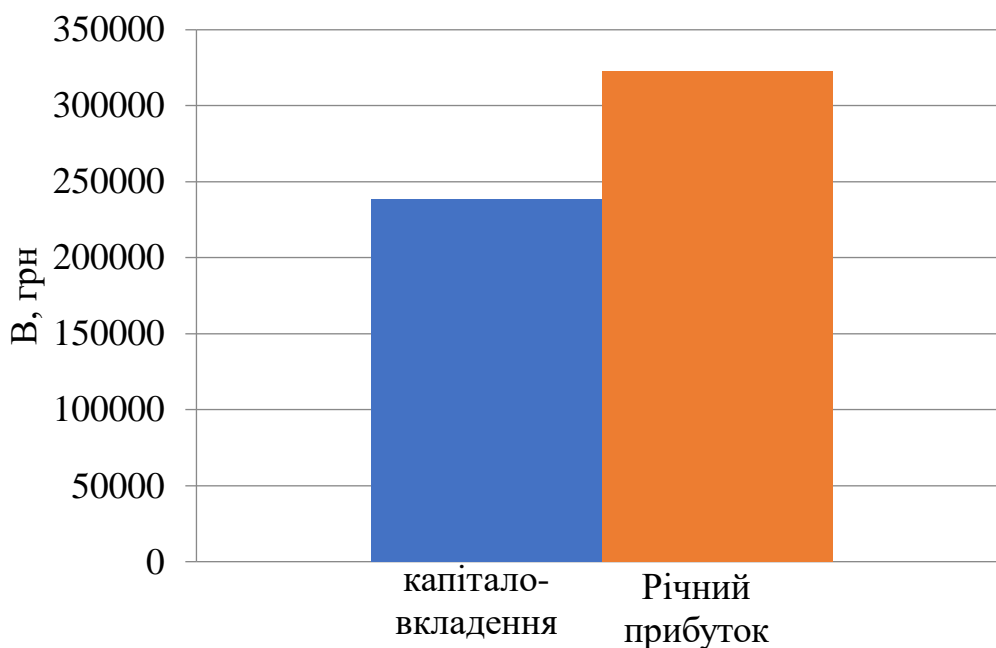


Рисунок 3.11 – Економічна частина терміну окупності впровадження ПЧ



На рисунку 3.12 зображено порівняння терміну окупності 2 заходів, щодо зниження споживання та ефективності використання електричної енергії.

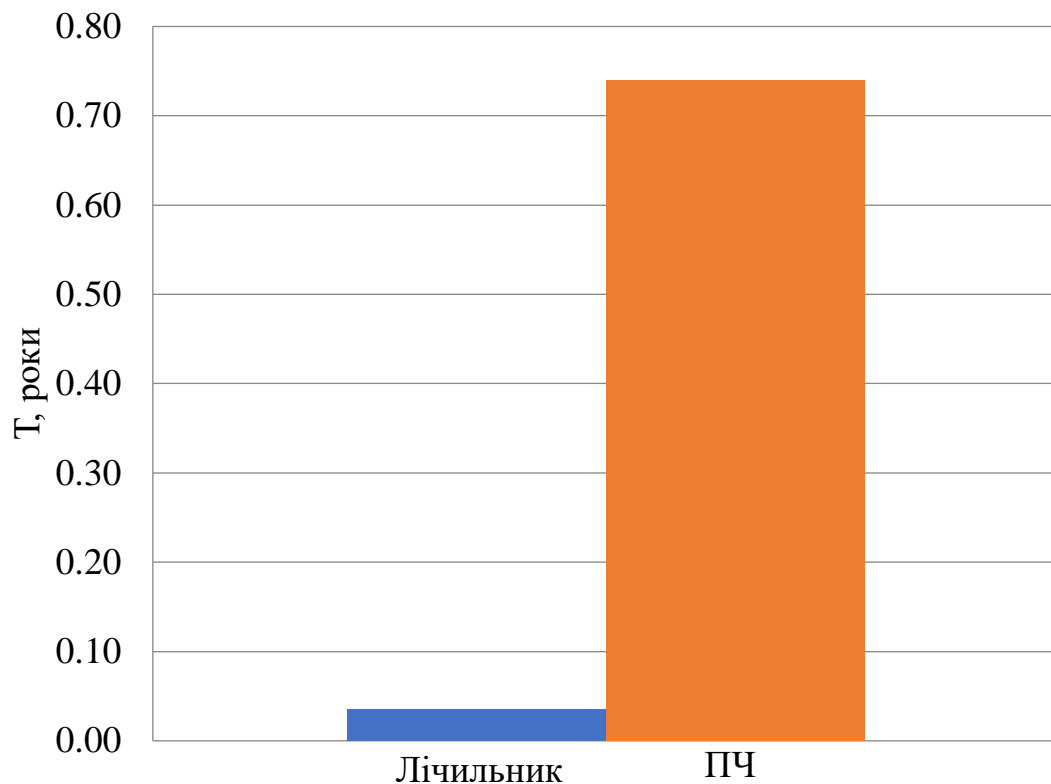


Рисунок 3.12 – Термін окупності заходів

З діаграми видно, що захід щодо встановлення лічильника диференційованого тарифу є майже безвитратним. Вартість лічильників невелика а економія суттєва, робота по встановленню відбувається працівниками підприємства.

## ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано споживання енергоресурсів підприємством. На сьогоднішній день проблема не ефективного використання електроенергії, а саме регулювання параметрів сушильного та вентиляційного обладнання.

Запропоновано та розраховано актуальні сьогодні заходи щодо зменшення споживання електричної енергії на прикладі шамотного цеху ПрАТ «Запоріжвогнетрив», а саме:

- 1 Встановлення перетворювача частоти на асинхронний двигун димососа сушильного барабану.
  - 2 Встановити лічильник диференційованого тарифу та змінити графік електричних навантажень не міняючи технологічного процесу.
  - 3 Економічний ефект впровадження ПЧ: економія 167 400 кВт·год, 322 704 грн. Від установки лічильника диференційованого тарифу 421 987 грн.
- Термін окупності ПЧ становить 9 місяців. Термін окупності лічильника менше місяця.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. - К: Кондор, 2005. - 408 с.

2 The Road Towards an Energy-Efficient Future / Report to the Ministerial Conference "Environmental for Europe", Kiev, Ukraine, May 21-23 2003, 175 p.

3 Технічне діагностування автоматичних аналогових керуючих пристроїв електропривода [Текст] : монографія / В. В. Грабко, С. М. Бабій ; ВНТУ. - Вінниця : ВНТУ, 2010. - 107 с.

4 Жежеленко, І.В. Показники якості електроенергії та її контроль на промислових підприємствах - М.: Енергороатом видан., 1986- 168с.

5 Неклепаев, Б. Н. Электрична частина станцій та підстанцій. Підручник для студентів вузів.- М.: Енергія, 1976.-552с.

6 Праховник А.В. Шляхи подолання перешкод і створення ефективної енергетики України / К.: Енергетика и электрификация, №1, 2003, с.7-12.

7 Усатенко, С. Т. Даченюк Т.К., Терехова М.В. Виконання електричних схем по ЕСКД: Посібник.- М.: Видавництво стандартів, 1989. - 325с.

8 Осипова, Л.Ю. Споживачі електричної енергії / Для студ. ЗДІА спец. "ЕМ" ден. і заоч. форм навчання: конспект лекцій / ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2004. - 155 с.: іл.

9 Качан, Ю.Г. Основи енергозбереження / Для студ. ЗДІА спец. 7.000008 "ЕМ": Конспект лекцій / ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2005. - 183 с.: іл.

10 Самойлов, М. В. Основи енергозбереження: навч. Посібник для вузів / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. - 3-вид., стереотип. - Мн.: БГЕУ, 2004. - 198 с.: іл.

11 Брусиловский, Е.М. Эксплуатация систем электропоставления: навч. Посібник / Е.М. Брусиловский, В.В. Петунін. - М.: ДОСААФ, 1983. - 136 с.

12 Гульков, Г.И. Системы автоматического управления электроприводами [Текст] / Учебное пособие для среднего специального образования по специальностям "Автоматизированные электроприводы", "Городской электрический транспорт", "Монтаж и эксплуатация электрооборудования" / Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Бачило Т.В., под общ. ред. Петренко Ю.Н. - Минск : ИВЦ Минфина, 2014. - 365 с

13 Керовані випрямлячі: Навчальний посібник/М.М. Казачковський. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999. – 229 с.

14 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоинформ, 1981. – 576 с.

15 Уильямс Б. Силовая электроника: приборы, применение, управление; Справ. пособие: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1993. – 240 с.

16 Лещев А.И. и др. Практические рекомендации по применению IGBT транзисторов. Электровозостроение: Сб. науч. тр. ОАО «ВЭЛНИИ». – 1999. – Т.41. – стр. 179-187.

17 Internet [www.ST-CONCEPT.com](http://www.ST-CONCEPT.com)

18 Internet [www.IGBT-Driver.com](http://www.IGBT-Driver.com)

19 Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы: Учеб. пособие / В.В.Солодовников, В.Г.Коньков, В.А.Суханов, О.В.Шевяков; Под. ред. В.В.Солодовникова. – М.: Высш. шк., - 1991. 225 с.

20 Микропроцессоры: В 3-х кн. Кн. 1. Архитектура и проектирование микроЭВМ. Организация вычислительных процессов: Учеб. для вузов/ П.В.Нестеров, В.Ф.Шаньгин, В.Л.Горбунов и др.; Под ред. Л.Н.Преснухина, - Мн.: Выш. шк., 1987. – 414 с.

21 Сташин В.В., Урусов А.В, Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.

22 Скаржепа В.А., Луценко А.Н. Электроника и микросхемотехника. Ч. 1. Электронные устройства информационной автоматики: Учебник / Под общ. ред. А.А.Краснопрошиной. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 431 с.

23 Бирюков С.А. Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП. – М.: ДМК, 2000. – 240 с.

24 Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т. 5. – М.: КУБК-а, 1997. – 608 с.

25 National report of Ukraine on harmonization of society's activity in natural environment / Special issue to the Ministerial Conference "Environmental for Europe", Kiev, Ukraine, May 21-23 2003, 132 p.

## ДОДАТОК А

Загальна схема підключення частотного перетворювача

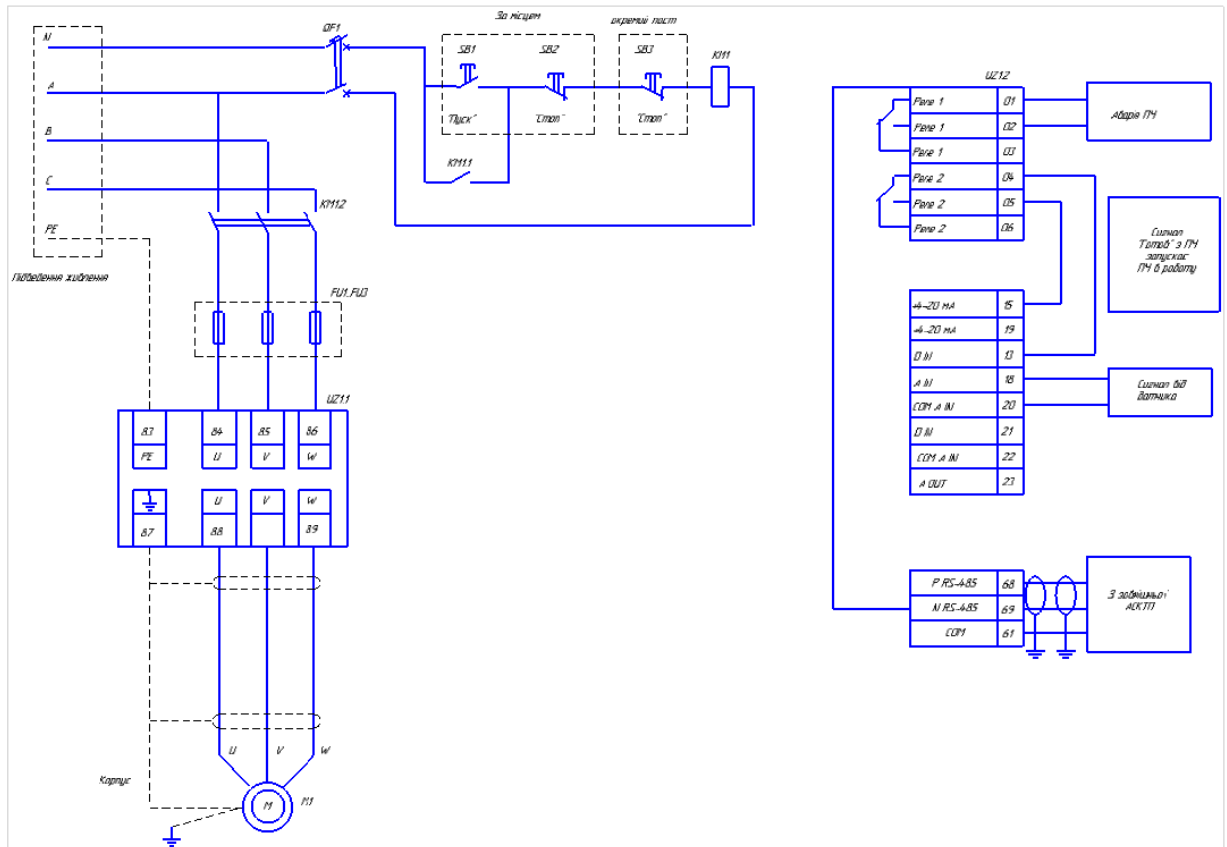


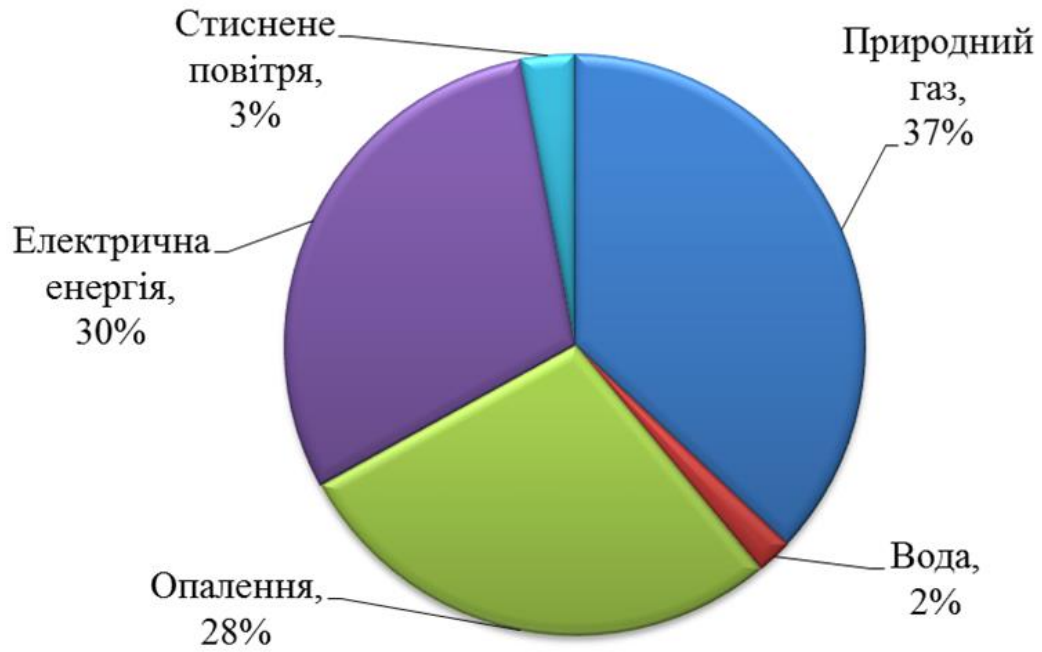
Рисунок А.1 – Схема підключення частотного перетворювача

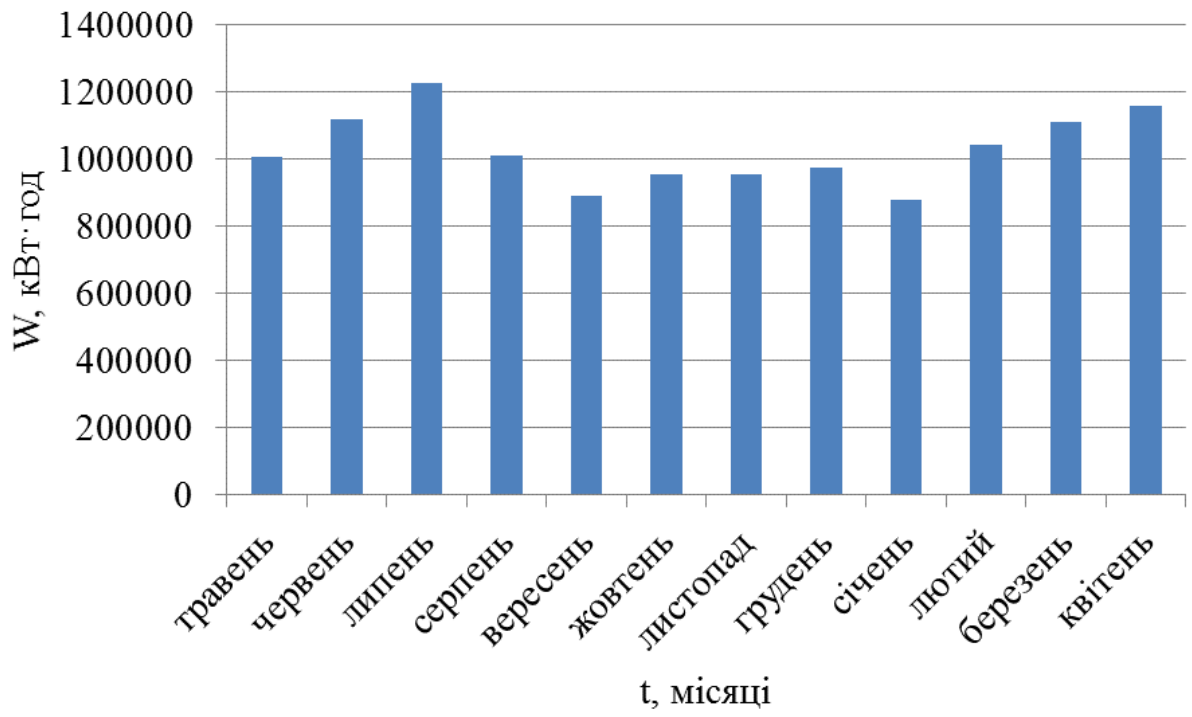
Додаток Б

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи



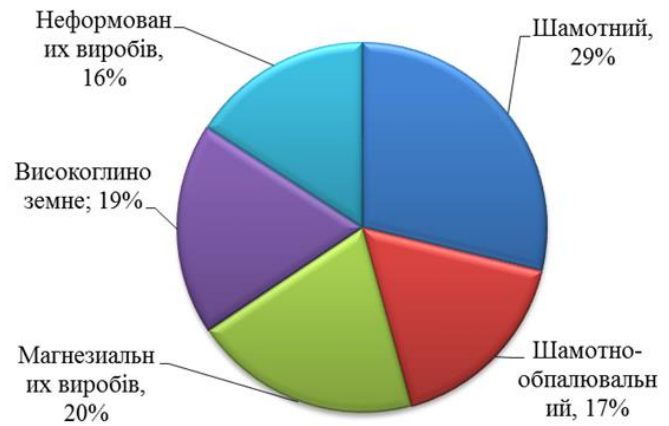
**Розподіл енергоспоживання підприємством  
ПрАТ «Запоріжвогнетрив»**



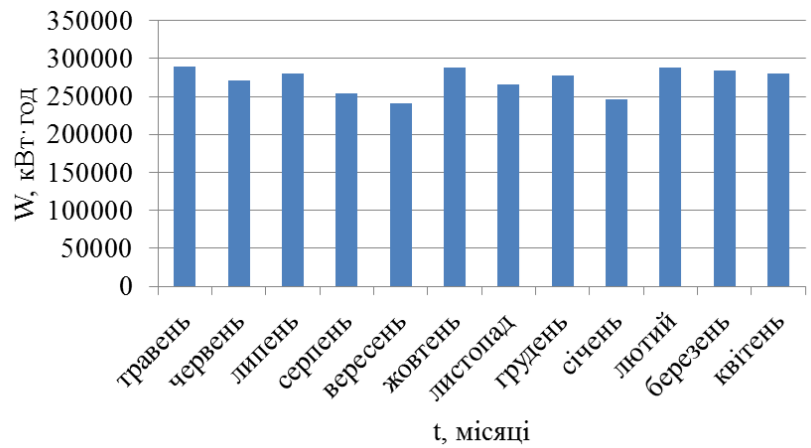
**Річне споживання електричної енергії підприємством**

## Розподіл електроспоживання між цехами підприємства

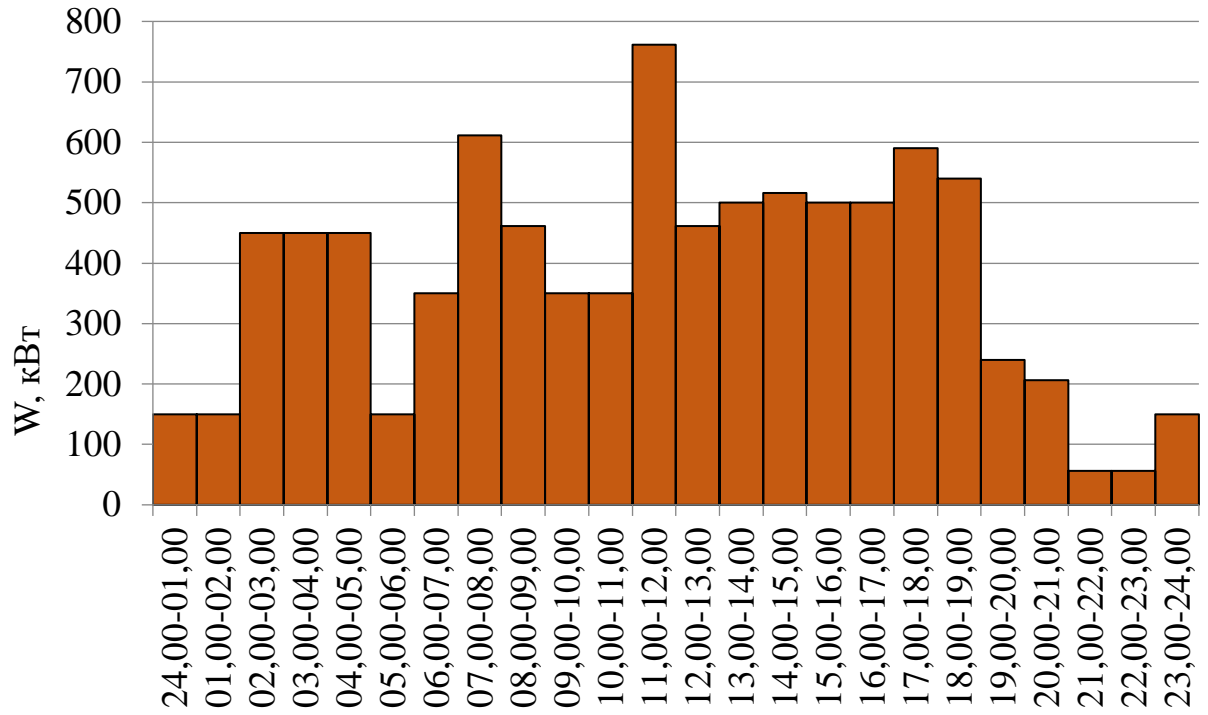
Структура  
електроспоживання  
цехами підприємства



Річне споживання  
електричної енергії  
шамотним цехом №1

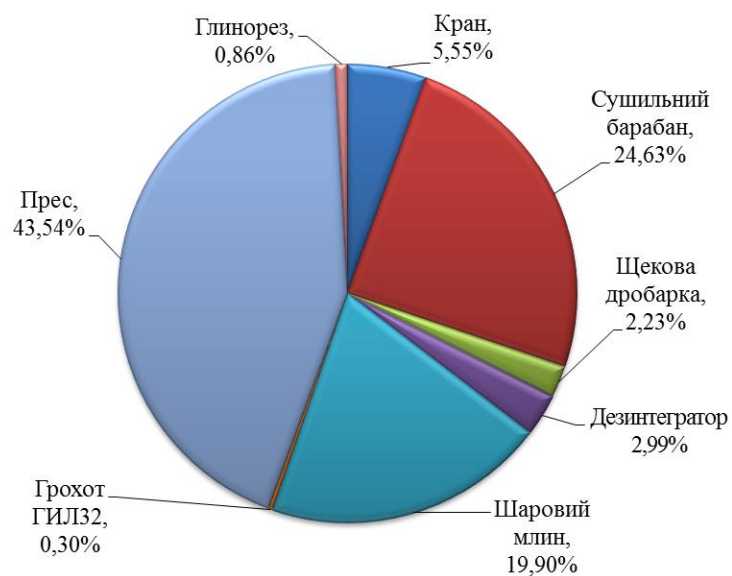


**Графік електричних навантажень  
шамотного цеху**



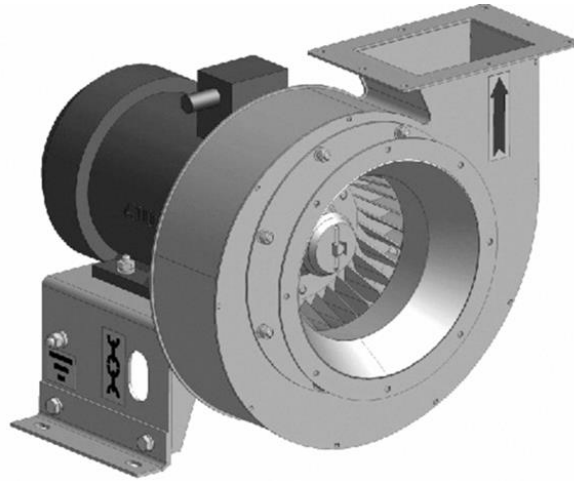
### Розподіл електроспоживання обладнанням шамотного цеху

№, з.п.	Назва	Кількість, шт	Коефіцієнт використання	Потужність, кВт
1	Глинорез	2	0,115	15
2	Щекова дробарка	2	0,16	28
3	Сушильний барабан	2	0,66	75
4	Шаровий млин	4	0,2	100
5	Дезинтегратор	4	0,15	20
6	Грохот ГИЛ32	4	0,055	5,5
7	Прес	10	0,5	35
8	Кран	2	0,2	55,8

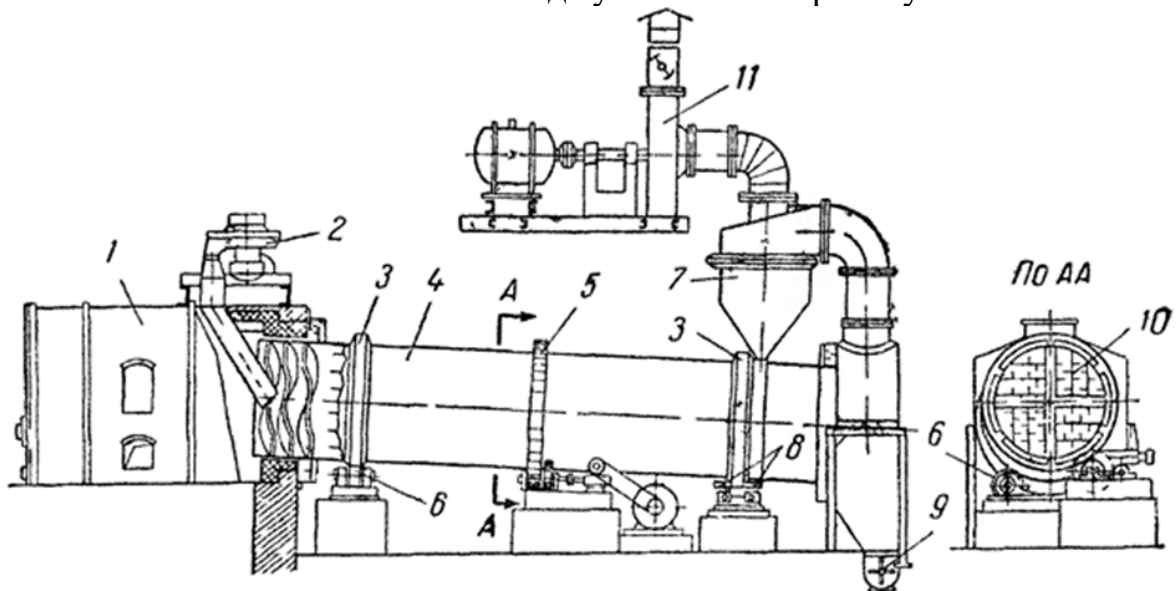


**Загальний вигляд розглядуваного  
обладнання шамотного цеху**

**Загальний вигляд розглядуваного  
обладнання шамотного цеху**



**Загальний вигляд сушильного барабану**



- 1 – топка; 2 – живильник; 3 – бандажи; 4 – барабан; 5 – зубчастий вінець; 6 – опорні ролики; 7 – циклон; 8 – опорні ролики; 9 – шлюзовий затвор; 10 – внутрішня насадка барабану; 11 – димосос

### Графік зміни навантаження електричного двигуна



### Коефіцієнт використання потужності двигуна

<b>Година</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Коефіцієнт n-ої години</b>	1	1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,8
<b>Година</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>Коефіцієнт n-ої години</b>	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	1	1	1