

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології  
**на тему: «Комплексна енергетична модернізація хлібопекарських  
газових печей»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОН-71

*Онашко Вадим Вікторович* \_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Чернявський Анатолій Володимирович* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина

(назва розділу)

к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека

(назва розділу)

д.т.н., проф. Третькова Л.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

ас. Прокопенко І.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Онашку Вадиму Вікторовичу**

1. Тема проєкту «Комплексна енергетична модернізація хлібопекарських газових печей»,

керівник проєкту *к.т.н., доц. Чернявський А.В.*, затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. №1353-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “11” червня 2021 р.

3. **Вихідні дані до проєкту:** схема електро- та теплопостачання, характеристика об'єкту, динаміка виробничої діяльності, споживання енергетичних ресурсів, перелік обладнання, режим роботи.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) електрична частина: - аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті;

б) теплова частина: - аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті;

в) охорона праці та пожежна безпека: - охорона праці та пожежна безпека під час модернізації системи внутрішнього освітлення.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Однолінійна схема електропостачання об'єкту.
2. Споживання та заходи з енергоефективності для споживачів електричної енергії.
3. Баланс потоків теплової енергії на об'єкті.
4. Теплова схема котельні та заходи з енергоефективності.

## 6. Консультанти розділів проєкту

| Розділ (частина)                        | Прізвище, ініціали та посада консультанта    | Підпис, дата   |                  |
|---|--|----------------|------------------|
|   |  | завдання видав | завдання прийняв |
| <u>Теплова частина</u>                  | <i>к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.</i> |                |                  |
| <u>Охорона праці та пожежна безпека</u> | <i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>         |                |                  |
| <u>Нормоконтроль</u>                    | <i>ас. Прокопенко І.Д.</i>                   |                |                  |

## 7. Дата видачі завдання “17” травня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

#### виконання дипломного проєкту

**студентом Онашком Вадимом Вікторовичем**

(прізвище, ініціали)

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)                                     | Строк виконання етапів проєкту | Позначки керівника про виконання завдань |
|-------|--|--------------------------------|--|
| 1     | Загальна характеристика об'єкту  | 18.05.21 – 20.05.21            |  |
| 2     | Розрахунок електричної частини   | 20.05.21 – 05.06.21            |  |
| 3     | Розрахунок теплової частини  | 23.05.21 – 03.06.21            |  |
| 4     | Дослідження СЕНМ на об'єкті  | 25.05.21 – 03.06.21            |  |
| 5     | Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті | 30.05.21 – 03.06.21            |  |
| 6     | Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки                                   | 31.05.21 – 03.06.21            |  |
| 7     | Підготовка графічного матеріалу  | 10.06.21 – 13.06.21            |  |
| 8     | Захист бакалаврського проєкту  | 16.06.21                       |  |

Студент

В.В. Онашко

Керівник проєкту

А.В. Чернявський

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається із шести розділів, містить 128 сторінок, має 44 рисунків, 45 таблиць, 29 літературних джерел, 3 додатки та 4 робочі креслення.

Об'єктом дослідження є хлібзавод, який знаходиться в місті Чернігів. В дипломному проєкті розглянуто: загальна характеристика об'єкта дослідження, аналіз ефективності використання електричної енергії, аналіз ефективності використання палива та теплової енергії, аналіз системи енергетичного менеджменту, оцінка можливостей застосування відновлюваних джерел енергії, охорона праці та пожежна безпека під час модернізації системи внутрішнього освітлення.

Під час виконання дипломного проєкту був проведений енергетичний аудит систем електропостачання, теплопостачання та газопостачання. На основі результатів енергетичного аудиту були запропоновані заходи із підвищення енергоефективності.

Ключові слова: ГАЗОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, СПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

## ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of six sections, contains 128 pages, has 44 figures, 45 tables, 29 bibliographic names according to the list of references, 3 addition and 4 working drawings.

The object of the study is a bakery located in the city of Chernihiv. The diploma project considers: general characteristics of the object of study, analysis of electricity efficiency, analysis of fuel and heat efficiency, analysis of energy management system, assessment of the possibility of using renewable energy sources, labor protection and fire safety during the modernization of indoor lighting. During the implementation of the diploma project, an energy audit of electricity, heat and gas supply systems was conducted. Based on the results of the energy audit, measures to improve energy efficiency were proposed.

Keywords: GAS SUPPLY, ELECTRICITY SUPPLY, ENERGY EFFICIENCY, FUEL AND ENERGY RESOURCES, CONSUMPTION, THERMAL INSULATION, HEAT SUPPLY, PAYBACK PERIOD.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 9  |
| 1.1 Короткий опис об'єкту .....  | 10 |
| 1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки .....  | 12 |
| 1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР зі останні три роки .....   | 12 |
| 1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупки ПЕР .....  | 15 |
| 1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності .....                               | 16 |
| 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз .....   | 18 |
| 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії .....        | 19 |
| 2.2.1 Електричні двигуни .....   | 23 |
| 2.2.2 Повітряні компресори .....   | 23 |
| 2.3 Повірочний розрахунок навантаження об'єкту .....   | 25 |
| 2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення .....  | 28 |
| 2.4.1 Розрахунок освітлення в одному із приміщень булочного цеху .....   | 29 |
| 2.5 Оцінка завантаженості ТП .....   | 31 |
| 2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта .....   | 35 |
| 2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі ..... | 37 |
| 2.8 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті .....           | 38 |
| 2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії .....                   | 39 |
| 2.9.1 Заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП .....  | 40 |
| 2.9.2 Модернізація системи внутрішнього освітлення .....   | 43 |
| 2.9.3 Встановлення частотних перетворювачів на насоси .....  | 45 |
| 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....   | 48 |
| 3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз .....  | 48 |
| 3.1.1 Система газопостачання об'єкта .....   | 48 |
| 3.1.2 Система водопостачання об'єкта .....   | 49 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.2 Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії.....                       | 50  |
| 3.2.1 Газові котли .....  | 50  |
| 3.2.2 Електричні котли та парогенератори.....   | 52  |
| 3.2.3 Тунельні прохідні печі .....  | 54  |
| 3.2.4 Ротаційні печі .....  | 55  |
| 3.3 Обстеження огорожувальних конструкцій .....   | 57  |
| 3.3.1 Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі .....   | 57  |
| 3.3.2 Розрахунок максимальних теплових втрат .....  | 62  |
| 3.3.3 Теплова потужність .....  | 64  |
| 3.4 Баланс споживання природного газу на об'єкті .....  | 69  |
| 3.5 Заходи з енергоефективності .....   | 70  |
| 3.5.1 Утеплення зовнішніх стін .....  | 70  |
| 3.5.2 Утеплення даху .....  | 72  |
| 3.5.3 Заміна вікон .....  | 75  |
| 3.5.4 Проєкт відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів .....  | 77  |
| 3.5.5 Відновлення теплоізоляції печей .....   | 86  |
| 4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ .....   | 93  |
| 4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020 .....            | 93  |
| 4.2 Визначення базового рівня споживання природного газу печами .....   | 95  |
| 4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства .....  | 96  |
| 4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності .....  | 97  |
| 5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....                                     | 100 |
| 5.1 Встановлення теплоутилізаторів на газові печі.....  | 100 |
| 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.....                                      | 105 |
| 6.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання..... | 105 |
| 6.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту.....              | 108 |

|                                    |  |     |
|------------------------------------|--|-----|
| 6.3                                | Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях.....  | 109 |
| 6.4                                | Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків .....                                   | 111 |
| 6.5                                | Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці .....  | 112 |
| 6.6                                | Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників ..... | 112 |
| 6.7.                               | Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів.  | 114 |
| ВИСНОВКИ.....                      |  | 116 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ..... |  | 118 |
| ДОДАТОК А.....                     |  | 121 |
| ДОДАТОК Б .....                    |  | 126 |
| ДОДАТОК В.....                     |  | 127 |



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСКУЕ – втоматизована система комерційного обліку енергії;

ГВП – гаряче водопостачання;

ГРП – газорозподільний пункт;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

ЕУ – електроустановка;

ЗІЗ – засіб індивідуального захисту;

ЛЛ – люмінесцентні лампи;

ОК – огорожувальні конструкції;

ПДВ – податок на додаткову вартість;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ПРА – пуско-регулюючий апарат;

СЕНМ – система енергоменеджменту;

Т – трансформатор;

ТМ – трансформатор масляний герметичний;

ТП – трансформаторна підстанція;

ЩС – щіток силовий;

IRR – внутрішня норма рентабельності;

NPV – чистий дисконтований дохід.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 8    |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні є дуже актуальною темою зменшення грошових витрат на паливно-енергетичні ресурси, через підвищення цін на їх. Один із способів досягнення цього є проведення енергетичного аудиту підприємств та житлових будинків. Під час проведення енергетичного аудиту виявляються слабкі сторони тих чи інших об'єктів і пропонуються заходи, які у свою чергу спрямовані на зменшення споживання ПЕР і досягнення максимальної економії.

Метою дипломного проєкту є комплексна енергетична модернізація хлібопекарських печей. Ця тема є актуальною для хлібопекарської галузі України, оскільки на хлібзаводах, здебільшого, встановлене вже застаріле обладнання, яке може надмірно споживати паливно-енергетичні ресурси, внаслідок чого іде нераціональне використання грошових коштів. З кожним роком ціни на енергетичні ресурси зростають, а також потреба людей в якісних та недорогих хлібопекарських виробах. Тому, для того щоб вижити та ефективно працювати хлібопекарським підприємствам, їм потрібно розвиватися у сфері енергетичної ефективності. Хлібопекарські печі є основою виробництва та технологічного процесу, а також вони є суттєвими споживачами паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві.

Основними завданнями дипломного проєкту є аудит системи електропостачання та теплопостачання, аналіз суттєвих споживачів, складання балансу споживання ПЕР, розробка заходів з енергетичної ефективності для суттєвих споживачів, аналіз системи енергетичного менеджменту, оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії, аналіз питань щодо охорони праці та пожежної безпеки під час модернізації внутрішнього освітлення.

Проаналізувавши ці всі питання, можна буде зробити висновок, щодо комплексної енергетичної модернізації хлібопекарських печей.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 9    |
| Змн.3 | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дослідження є хлібзавод, до складу якого належать структурні підрозділи, наведені на рисунку 1.1. Хлібзавод знаходиться у місті Чернігів, відноситься до харчової промисловості: хлібопекарської галузі.



Рисунок 1.1 – Схема розташування структурних підрозділів підприємства

1. Адміністративно-побутовий корпус; 2. Автовагова; 3. Склад безтарного зберігання борошна; 4. Компресорна; 5. Градирня; 6. Виробничий корпус; 7. Пекарне відділення; 8. Булочний цех; 9. Склад готової продукції. 10. Ремонтно-механічна майстерня; 11. Цивільна оборона; 12. Артезіанський колодязь; 13. Складські приміщення; 14. Гараж; 15. Газорозподільчий пункт; 16. Механізована експедиція; 17. Приміщення підготування води; 18. Паропроводи; 19. Очисні споруди зливної води; 20. Пральня; 21. Склад сировини; 22. Склад солі; 23. Водорозподільний вузол; 24. Трансформаторна підстанція; 25. Автомобільна стоянка.

|           |       |                  |        |      |                                    |  |                |       |         |
|-----------|-------|------------------|--------|------|------------------------------------|--|----------------|-------|---------|
|           |       |                  |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ               |  |                |       |         |
|           |       |                  |        |      |                                    |  |                |       |         |
| Вим       | Арк.. | № докум.         | Підпис | Дата |                                    |  |                |       |         |
| Розроб.   |       | Онашко В.В.      |        |      | Загальний опис об'єкту дослідження |  | Літ            | Аркуш | Аркушів |
| Перевір.  |       | Чернявський А.В. |        |      |                                    |  |                | 10    | 128     |
| Реценз.   |       |                  |        |      |                                    |  | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |
| Н. Контр. |       | Прокопенко І.Д.  |        |      |                                    |  |                |       |         |
| Затвер.   |       |                  |        |      |                                    |  |                |       |         |

Асортимент продукції включає різноманітні сорти хліба, сушки, пряники, печиво, булочки, рогаики, тістечка, торти та короваї, виготовлені під власною торговою маркою. Технологічний процес виготовлення продукції передбачає приймання сировини, зберігання її у відповідних умовах, внутрішнє транспортування, підготовку компонентів та приготування напівфабрикатів, формування та поділ тіста, випікання та охолодження, пакування готової продукції для реалізації. Схема технологічного процесу наведена на рисунку 1.2.

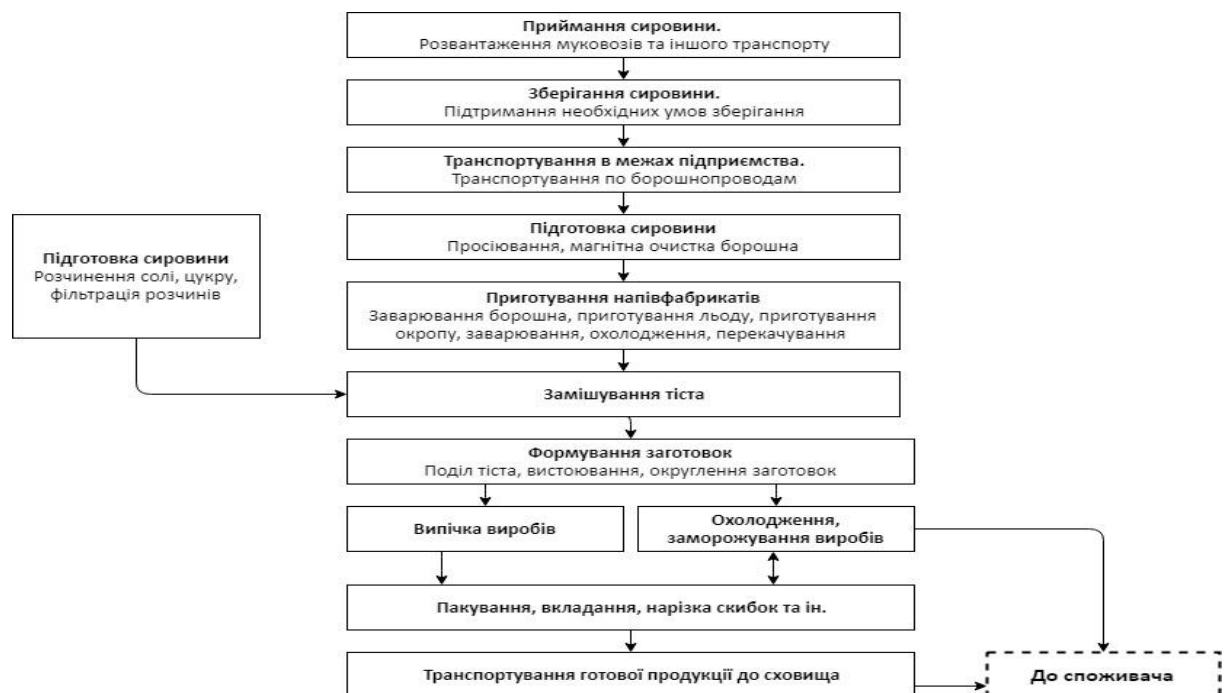


Рисунок 1.2 – Схема технологічного процесу хлібзаводу

Для реалізації технологічного процесу використовується електрична енергія, природний газ, стиснуте повітря та водяна пара.

## 1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки

У ході аналізу статистичних даних підприємства було проаналізовано динаміку виробничої діяльності за останні три роки. Нижче наведено графік випуску готової продукції підприємством (рисунок 1.3).

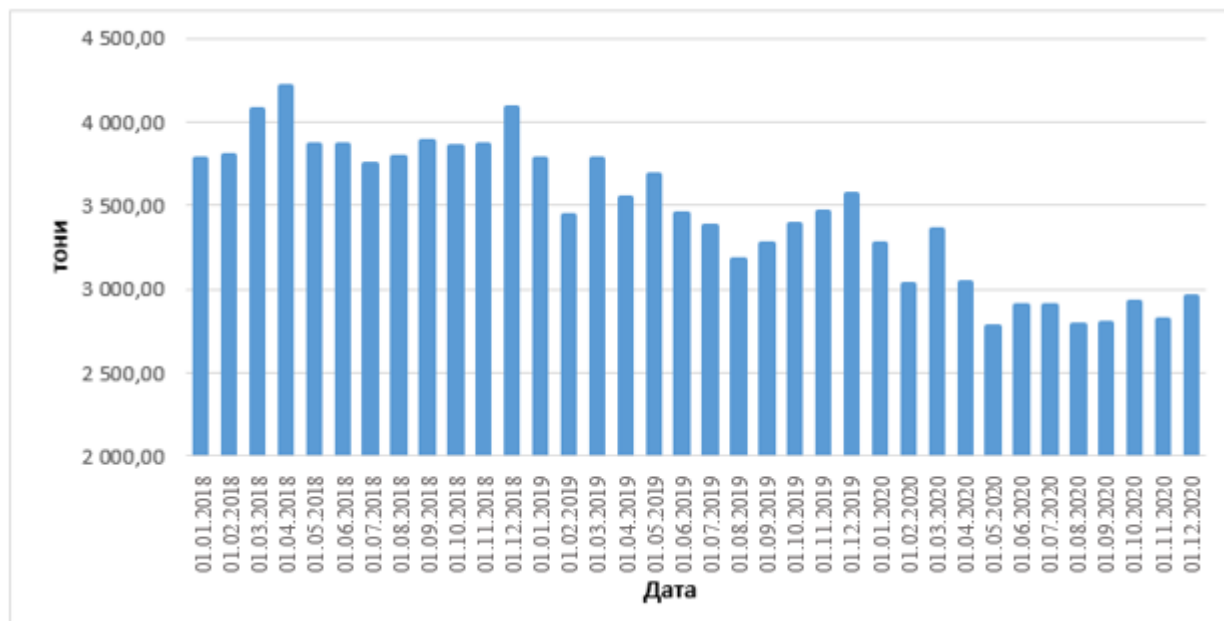


Рисунок 1.3 – Динаміка випуску продукції за 2018–2020 роки, т

Проаналізувавши динаміку випуску продукції за 2018–2020 роки, можна сказати, що випуск продукції за останні роки дуже скоротився і йде на спад, така динаміка пов'язана із зміною виробництва та учасників ринку, появою значної кількості міні-пекарень, імпортом хлібопекарських виробів із-за кордону, зміною культури харчування населення.

## 1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР зі останні три роки

В ході проведення дослідження був виконаний аналіз споживання електроенергії та природного газу об'єктом за 2018–2020 роки. Графік споживання електроенергії наведений на рисунку 1.4.

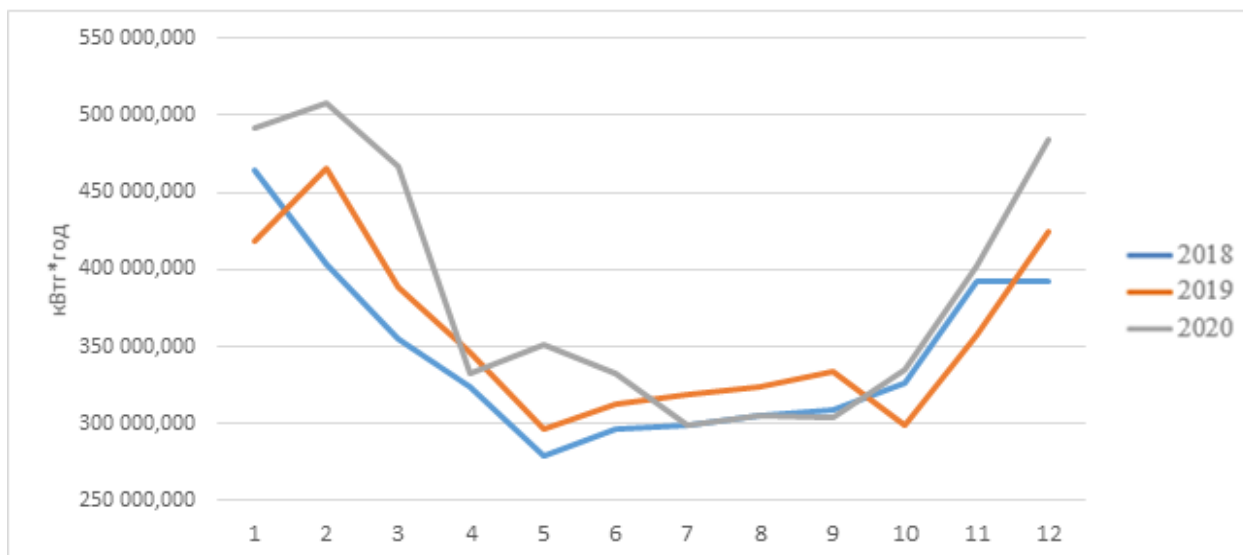


Рисунок 1.4 – Динаміка помісячного споживання електроенергії у 2018–2020 роках

Із графіка рисунку 1.4 видно, що споживання електроенергії підприємством протягом кожного року є нерівномірним, найбільше споживання припадає на опалювальний період (листопад–березень) і пояснюється збільшенням випуску продукції та використанням електроенергії електричними котлами та парогенераторами на опалення та ГВП для потреб виробництва. Споживання електроенергії у однакові місяці у різні роки відрізняється не більше, ніж на 15%, що говорить про сталість технологічного процесу виробництва і невеликі коливання обсягів виробництва продукції.

Графік споживання природного газу за останні три роки наведений на рисунку 1.5.

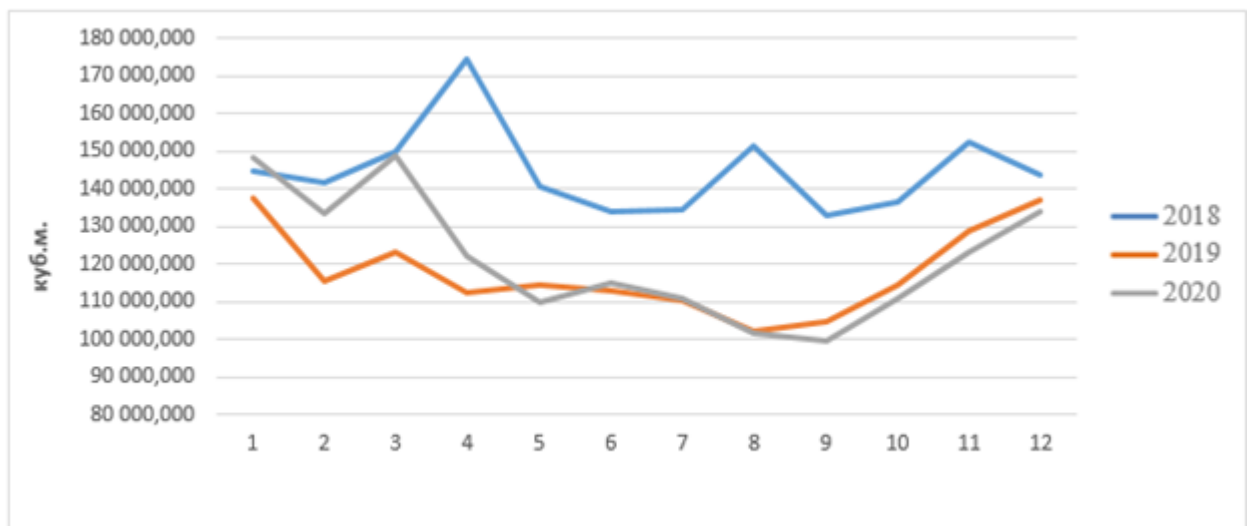


Рисунок 1.5 – Динаміка помісячного споживання природного газу у 2018–2020 роках

Із графіку рисунку 1.5 видно, що споживання природного газу підприємством протягом кожного року є нерівномірним. Проглядається тенденція до зменшення споживання природного газу.

Динаміка помісячного енергоспоживання підприємством з урахуванням випуску продукції наведені на рисунку 1.6.

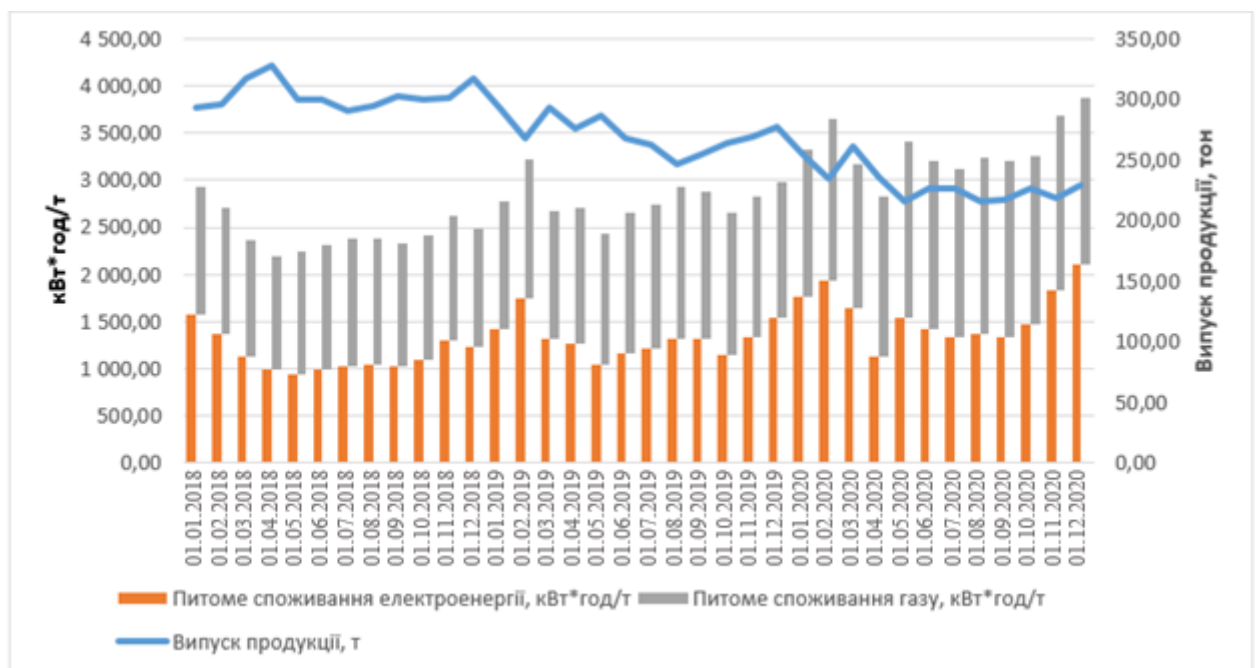


Рисунок 1.6 – Випуск продукції підприємством та питоме енергоспоживання у період 01.01.2018–31.12.2020 рр.

Із графіку рисунку 1.6 видно, що загальний випуск продукції підприємством знижується в межах останніх трьох років, при цьому питоме енергоспоживання на одиницю продукції збільшується. Враховуючи це, можна зробити висновок, що наявна негативна динаміка збільшення енергоемності виробництва. Випуск продукції у вересні 2020 року зменшився приблизно на 30% у порівнянні з вереснем 2018 року. В умовах постійного росту тарифів на енергозабезпечення, споживання електроенергії у вересні 2020 року зменшилось приблизно на 1,3% у порівнянні з вереснем 2018 року, а споживання природного газу зменшилося приблизно на 28%. Існуюча ситуація на підприємстві є наслідком відсутності системи енергоменеджменту та стратегії заходів з підвищення енергоефективності підприємства.

#### 1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупки ПЕР

Тарифна політика згідно [1] щодо покупки паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві на час обстеження наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Поточні тарифи на енергоресурси

| Ресурс                      | Станом на | Тариф, грн з ПДВ |
|-----------------------------|-----------|------------------|
| Газ, грн/м.куб.             | 07/2020   | 6,484*           |
| Електроенергія, грн/кВт·год | 07/2020   | 2,44             |

\*для розрахунку фінансової економії від заходів використовується коефіцієнт переводу між м<sup>3</sup> природного газу в кВт·год на рівні 9,3. Тариф перерахований становить 0,7 грн/кВт·год.



## 1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

На момент проведення енергетичного обстеження підприємства вже були впроваджені наступні енергозберігаючі заходи:

1. Для зменшення тепловтрат через відкриті дверні прорізи на підприємстві наявні стрічкові силіконові штори.

Цей захід дозволяє знизити тепловтрати крізь дверні прорізи до 10% від вихідного енергоспоживання на опалення будівель.

2. Для утилізації температури газів, що відходять на тунельних прохідних печах, встановлені водогрійні економайзери.

Впровадження цього заходу забезпечило підприємство гарячою водою на санітарно-побутові та технологічні потреби і дозволило утилізувати приблизно 30% від тепловтрат з вихідними газами.

3. Для контролю витрати газу на газоспоживаючому обладнанні встановлені технологічні вузли обліку.

Встановлення технологічних вузлів обліку дозволяє вести облік та моніторинг використання газу окремо кожним обладнанням.

4. Для забезпечення мікроклімату в приміщенні пекарні встановлена вентиляційна установка з функцією автоматичної підтримки заданої температури.

На підприємстві встановлено прилади регулювання частоти обертів електродвигунів, що дозволяє зменшити споживання по кожному конкретному обладнанню приблизно на 5-15%.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 16   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## Висновки до розділу 1

На момент проведення енергетичного обстеження у підприємства відсутні чітко визначені енергетичні цілі та показники енергоефективності для різних структурних підрозділів.

З графіка динаміки випуску продукції видно, що випуск продукції за останні роки дуже скоротився і йде на спад, це пов'язано із зміною виробництва та учасників ринку, появою міні-пекарень та імпортом хлібопекарських виробів.

Проаналізувавши графік помісячного споживання електроенергії за останні три роки, можна сказати, що споживання за останні три роки є нерівномірним, це пояснюється збільшенням випуску продукції та використанням електроенергії електричними котлами та парогенераторами.

На графіку помісячного споживання природного газу за 2018–2020 роки можна спостерігати, що споживання підприємством протягом кожного року є нерівномірним, проглядається тенденція до зменшення споживання природного газу.

Підприємство має власний досвід реалізації енергоефективних заходів, проте відсутність підтвердження результатів впровадження не дозволяє зробити висновки щодо змінення показників енергоефективності та рівня досягнутої економії.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 17   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Об'єкт має однолінійну схему електропостачання. Електропостачання підприємства здійснюється 2 трансформатори марки ТМ-630 кВА і один трансформатор марки ТМ-400 кВА. У підприємства відсутні окремі обліки електроенергії на окремому обладнанні. Аналіз споживання електроенергії окремим обладнанням не здійснюється. Трансформатор Т-1 – 630 кВА живить ЩС-4 – ЩС-7, ЩО і ЩС-16, трансформатор Т-2 – 630 кВА живить ЩС-8 – ЩС-15, ЩС-17 і ЩС-3 трансформатор Т-3 – 400 кВА живить ЩС-1 – ЩС-2 і ЩС-8. Встановлено 3 лічильника типу LZQJ-XC.

Схема електропостачання від ТП та фотографія трансформаторів наведені на рисунку 2.1 та 2.2.

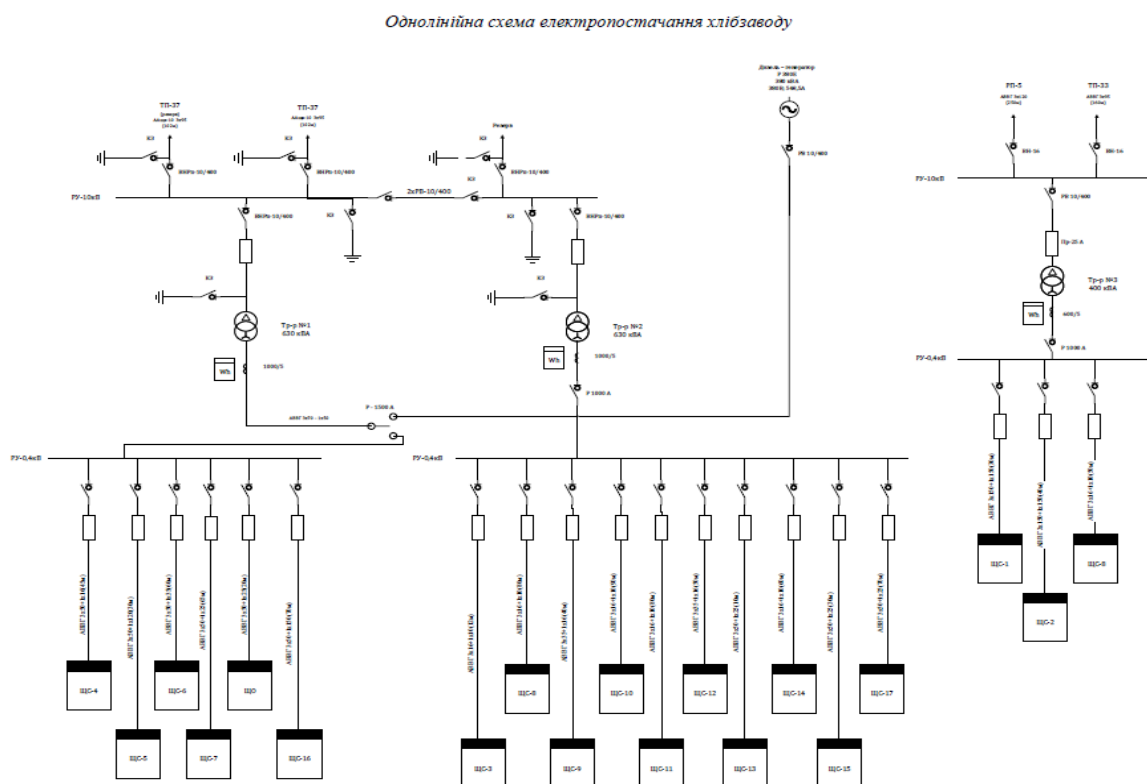


Рисунок 2.1 – Схема електропостачання

|           |                  |          |        |      |   |  |  |                |       |         |     |  |
|-----------|------------------|----------|--------|------|---|--|--|----------------|-------|---------|-----|--|
|           |                  |          |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ  |  |  |                |       |         |     |  |
| Вим       | Арк..            | № докум. | Підпис | Дата | Аналіз ефективності<br>використання електричної<br>енергії на об'єкті |  |  | Літ            | Аркуш | Аркушів |     |  |
| Розроб.   | Онашко В.В.      |          |        |      |   |  |  |                |       | 18      | 128 |  |
| Перевір.  | Чернявський А.В. |          |        |      |   |  |  |                |       |         |     |  |
| Реценз.   |                  |          |        |      |   |  |  |                |       |         |     |  |
| Н. Контр. | Прокопенко І.Д.  |          |        |      |   |  |  | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |     |  |
| Затвер.   |                  |          |        |      |   |  |  |                |       |         |     |  |



Рисунок 2.2 – Фотографія зовнішнього вигляду трансформаторів

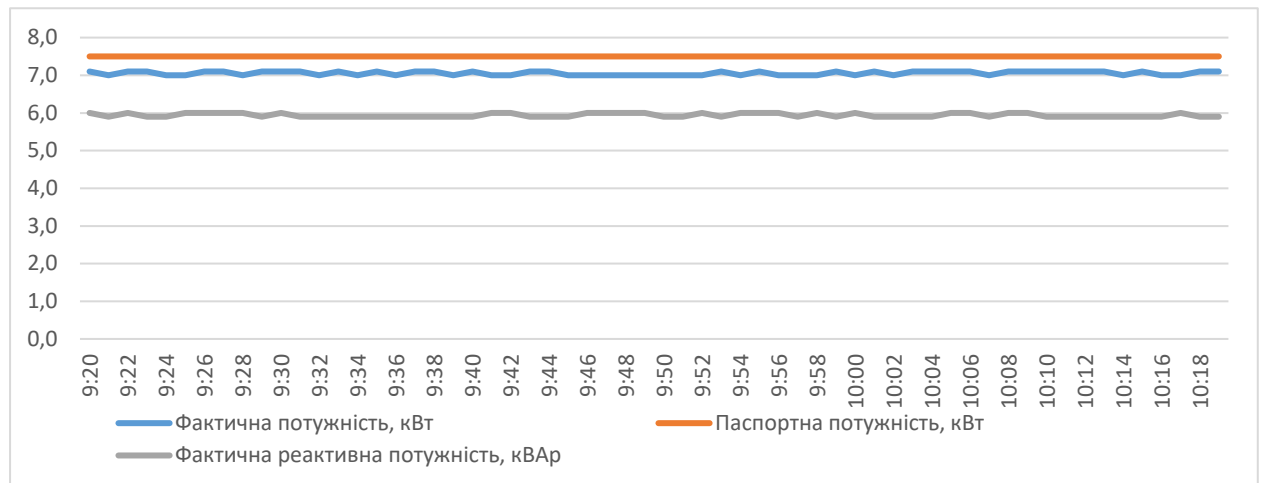
## 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії

Ключовими споживачами електричної енергії на підприємстві є вентилятор П-1, подрібнювач, компресор Valma 500, насос соляний, вентилятор печі.

Для кожного ключового споживача електроенергії проводилась фіксація миттєвого значення напруги, струму, споживання електричної активної, реактивної та повної потужності, коефіцієнт потужності, а також запис графіку навантаження протягом 1 години.

Виміри проводилися в період роботи більшості ключових споживачів електроенергії.

На рисунку 2.3 показаний графік електричного навантаження для вентилятора П-1.



Риунок 2.3 – Графік електричного навантаження вентилятора П-1

Із рисунку 2.3 видно, що вентилятор ВП-1 працює у тривалому режимі роботи (ТВ=100%) зі сталою швидкістю. Середнє значення активної потужності складає 7 кВт. Середнє значення  $\cos\varphi=0,76$ ,  $\tg\varphi=0,86$ .

На рисунку 2.4 показаний графік електричного навантаження для подрібнювача.

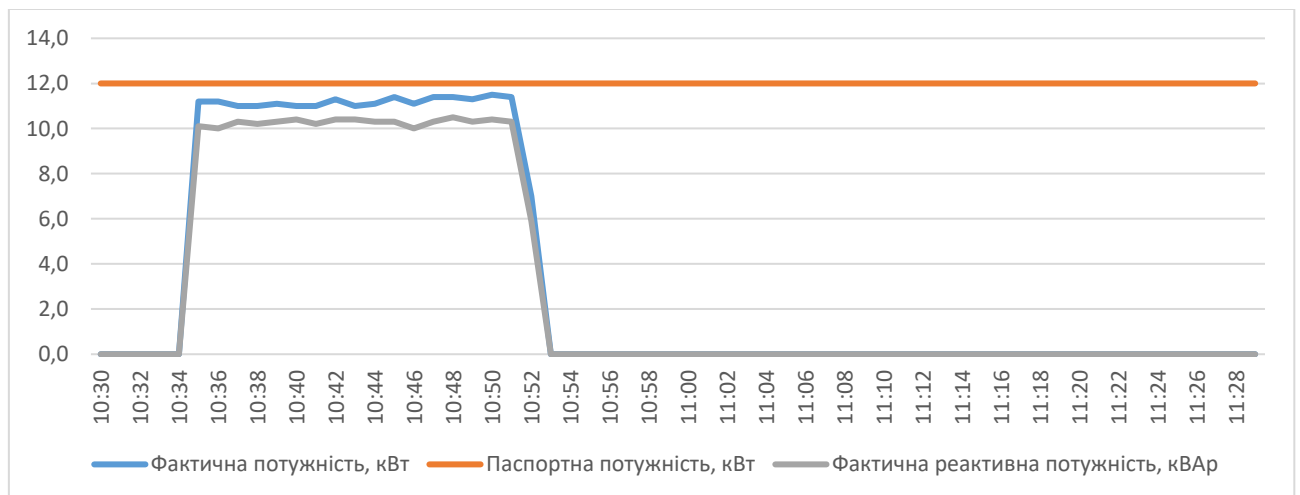


Рисунок 2.4 – Графік електричного навантаження подрібнювача

Із рисунку 2.4 видно, що подрібнювач працює у короткочасному режимі роботи (ТВ=32%) зі сталою швидкістю. Середнє значення активної потужності складає 11,1 кВт. Середнє значення  $\cos\varphi=0,75$ ,  $\tg\varphi=0,9$ .

На рисунку 2.5 показаний графік електричного навантаження для компресора Valma 500.

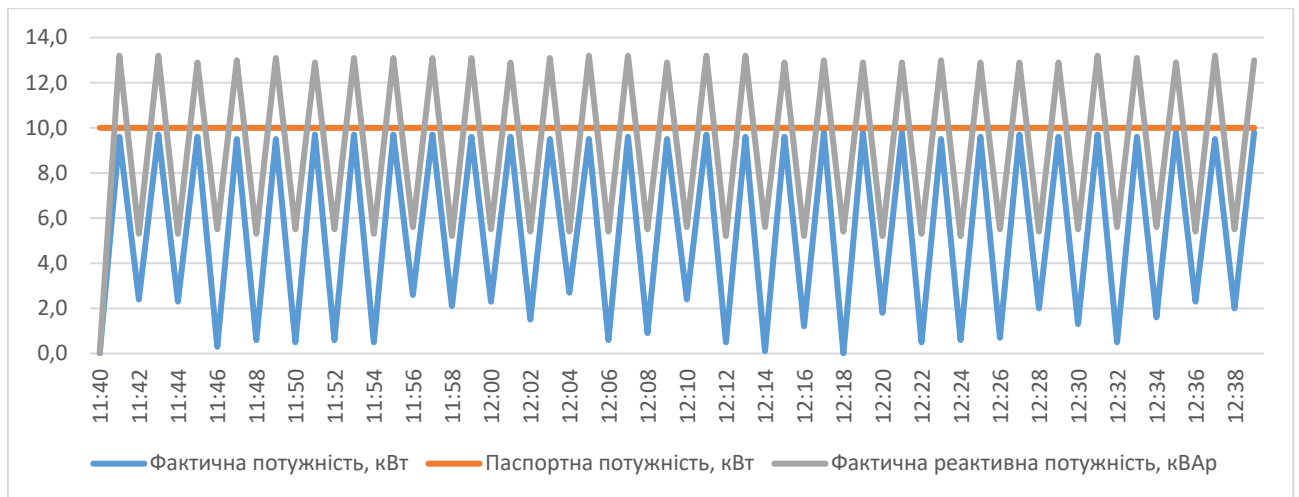


Рисунок 2.5 – Графік електричного навантаження компресора Valma 500

Із рисунку 2.5 видно, що компресор Valma 500 працює у тривалому режимі роботи ( $TB=92\%$ ), але з невеликою тривалістю робочого циклу (1 хвилина) з великою кількістю запусків та зупинок. Середнє значення активної потужності складає 5,5 кВт. Середнє значення  $\cos\varphi=0,5$ ,  $\tan\varphi=1,66$ .

На рисунку 2.6 показаний графік електричного навантаження для соляного насосу.



Рисунок 2.6 – Графік електричного навантаження соляного насосу

Із рисунку 2.6 видно, що соляний насос працює у повторно-короткочасному режимі роботи ( $TB=60\%$ ) зі сталою швидкістю з тривалістю робочого циклу 6-8 хвилин. Середнє значення активної потужності складає 1,4 кВт. Середнє значення  $\cos\varphi=0,4$ ,  $\tan\varphi=2,2$ .

На рисунку 2.7 показаний графік електричного навантаження для вентилятора печі.

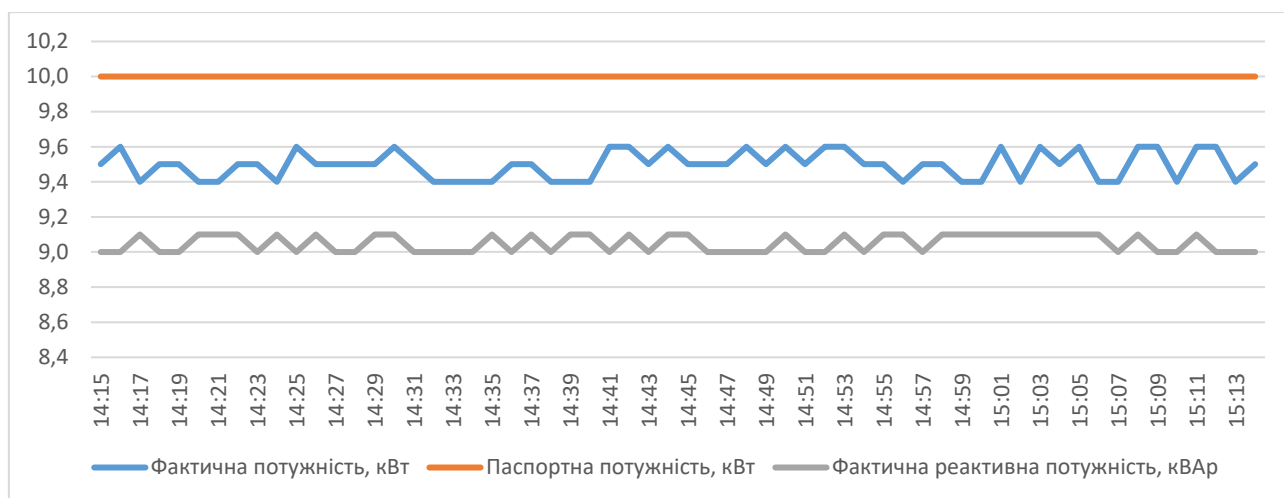


Рисунок 2.7 – Графік електричного навантаження вентилятора печі №6

Із рисунку 2.7 видно, що вентилятор печі працює у тривалому режимі роботи ( $TB=100\%$ ) зі сталою швидкістю. Середнє значення активної потужності складає 9,5 кВт. Середнє значення  $\cos\varphi=0,7$ ,  $\tan\varphi=0,95$ .

Результати оцінки реального споживання електричної енергії заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань споживання електричної енергії

| Обладнання          | Номінальна потужність, кВт | Реальна потужність P, кВт | Реальна потужність Q, кВАр | Значення $\cos\varphi$ | TB, % |
|---------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------|
| Вентилятор П-1      | 7,5                        | 7,0                       | 6,0                        | 0,76                   | 100   |
| Подрібнювач         | 12                         | 11,1                      | 10,2                       | 0,75                   | 32    |
| Компресор Valma 500 | 10                         | 5,5                       | 9,1                        | 0,52                   | 92    |
| Насос соляний       | 4                          | 1,4                       | 3,2                        | 0,4                    | 60    |
| Вентилятор печі №6  | 10                         | 9,5                       | 9,1                        | 0,72                   | 100   |

### 2.2.1 Електричні двигуни

На підприємстві електродвигуни використовуються в конструкції насосного обладнання, пічного обладнання, подрібнювачів, пристроїв транспортування борошна, пакувального обладнання. На рисунку 2.8 показано обладнання, яке використовує електродвигуни.



Рисунок 2.8 – Обладнання, що використовує електродвигуни

Електродвигуни частково обладнані пристроями частотного регулювання.

Аналізуючи енергоефективність обладнання серед електродвигунів можна зробити висновок, що номінальна потужність та ККД електродвигунів технологічного обладнання знаходиться на дуже гарному рівні. ККД встановлених двигунів приблизно становить 80-82%, що хорошим результатом в порівнянні з іншими двигунами, які є на ринку і можна зробити висновок, що обладнання є ефективне.

### 2.2.2 Повітряні компресори

Компресорне обладнання використовується для забезпечення потреб у стисненому повітрі технологічного обладнання: пневматичних пристроїв конвеєрів та пакувального обладнання. Включення/відключення компресорів здійснюється в автоматичному режимі, регулювання їх продуктивності – у ручному режимі. Компресори, які використовуються на підприємстві, показані у таблиці 2.2.



Таблиця 2.2 – Компресори

| №<br>п/п | Обладнання            | Кількість,<br>шт | Номінальна<br>потужність одної шт,<br>кВт | Години роботи в<br>місяць, год |
|----------|-----------------------|------------------|---|--------------------------------|
| 1        | Компресор             | 2                | 7,5                                       | 720                            |
| 2        | Компресор «Balma 500» | 1                | 10  | 720                            |
| 3        | Компресор             | 3                | 2,5                                       | 720                            |



Рисунок 2.9 – Фотографія компресора «Balma 500»

На рисунку 2.9 показана фотографія компресора Balma 500. За результатами вимірів графіку навантаження компресору (Рисунок 2.5) видно, що компресор працює у тривалому режимі (ТВ=92%). Часті пуски та коротка тривалість робочого циклу говорить про недостатній об'єм ресиверу або наявність втрат стисненого повітря у повітропроводах. Для оптимізації роботи компресорного обладнання підприємства рекомендується розглянути можливість встановлення додаткового ресиверу у відповідності до потреб виробництва у стисненому повітрі.

### 2.3 Повірочний розрахунок навантаження об'єкту

Проведемо повірочний розрахунок навантаження хлібзаводу для ЩС-1. В таблицю 2.3 занесемо данні про обладнання, потужність, кількість обладнання, коефіцієнт використання згідно з [2],  $\cos\varphi$ ,  $\operatorname{tg}\varphi$ .

Таблиця 2.3 – Вихідні данні споживачів ЩС-1

| Назва обладнання       | Кількість | Паспортна активна потужність, кВт | Сумарна номінальна потужність для електроприймачів, кВт | $\cos\varphi$ | $K_{\text{в}}$ | $\operatorname{tg}\varphi$ |
|------------------------|-----------|-----------------------------------|---|---------------|----------------|----------------------------|
| Піч №4 б/н             | 1         | 51,6                              | 51,6  | 0,9           | 0,8            | 0,33                       |
| Піч №5 «ZSE Praha»     | 1         | 56,4                              | 56,4  | 0,92          | 0,9            | 0,29                       |
| Піч №6 «ZSE Praha»     | 1         | 60,5                              | 60,5  | 0,92          | 0,9            | 0,29                       |
| Піч газова «Галілео»   | 5         | 2,09                              | 10,45   | 0,92          | 0,9            | 0,29                       |
| Шкаф розстійки «Бриз+» | 1         | 0,73                              | 0,73  | 0,9           | 0,8            | 0,33                       |

Визначимо розрахункове силове навантаження для Піч №4 б/н згідно [3].

Розрахуємо проміжну активну потужність Піч №4 б/н за формулою:

$$P_{\text{п1}} = P_{\Sigma 1} \cdot K_{\text{в1}}; \quad (2.1)$$

де  $K_{\text{в}}$  - коефіцієнт використання.

$$P_{\text{п1}} = P_{\Sigma 1} \cdot K_{\text{в1}} = 51,6 \cdot 0,8 = 41,28 \text{ (кВт)}$$

Розрахуємо проміжну реактивну потужність Печі №1 «ZSE Praha» за формулою:

$$Q_{\text{п1}} = P_{\text{п1}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_1; \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{п1}} = P_{\text{п1}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 = 41,28 \cdot 0,33 = 13,62 \text{ (квар)}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для іншого обладнання і заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані розрахунків електричних навантажень силових електроприймачів ЩС-1

| Назва обладнання       | Сумарна номінальна потужність для електроприймачів, кВт | $\cos\varphi$ | $K_v$ | $\tan\varphi$ | Проміжна активна потужність $P_p$ , кВт | Проміжна реактивна потужність $Q_p$ , квар |
|------------------------|---|---------------|-------|---------------|---|--|
| Піч №4 б/н             | 51,6  | 0,9           | 0,8   | 0,33          | 41,28                                   | 13,76                                      |
| Піч №5 «ZSE Praha»     | 56,4  | 0,92          | 0,9   | 0,29          | 50,76                                   | 14,97                                      |
| Піч №6 «ZSE Praha»     | 60,5  | 0,92          | 0,9   | 0,29          | 54,45                                   | 16,06                                      |
| Піч газова «Галілео»   | 10,45   | 0,92          | 0,9   | 0,29          | 9,405                                   | 2,77                                       |
| Шкаф розстійки «Бриз+» | 0,73  | 0,9           | 0,8   | 0,33          | 0,584                                   | 0,19                                       |
| <b>Разом на ЩС-1</b>   | <b>179,68</b>   |               |       |               | <b>156,48</b>                           | <b>47,75</b>                               |

Розраховуємо ефективну кількість електроприймачів за формулою:

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} \leq 3; \quad (2.3)$$

де  $P_{max}$  – номінальна потужність найбільш потужного обладнання;

$P_{min}$  – номінальна потужність найменш потужного обладнання.

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{60,5}{0,73} = 83 > 3$$

Розраховуємо груповий коефіцієнт використання за формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_{\Sigma i}}{P_{n_{max}}}; \quad (2.4)$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 179,68}{60,5} = 6$$

Розраховуємо груповий коефіцієнт використання за формулою:

$$K_e = \frac{\sum P_{\Pi i}}{\sum P_n \cdot n}; \quad (2.5)$$

$$K_e = \frac{156,48}{179,68} = 0,87$$

Коефіцієнт розрахункового навантаження знаходимо згідно [3]:

$$K_p = f(K_e; n_e) = 0,91$$

Розраховуємо активне навантаження силових електроприймачів за формулою:

$$P_p = \sum P_{\Pi} \cdot K_p; \quad (2.6)$$

$$P_p = 156,48 \cdot 0,91 = 142,4 \text{ (кВт)}$$

Розрахуємо реактивне навантаження силових електроприймачів за формулою:

$$Q_p = \sum Q_{\Pi} \cdot K_p; \quad (2.7)$$

$$Q_p = 47,75 \cdot 0,91 = 43,46 \text{ (квар)}$$

Розрахуємо повне навантаження на ЩС-1 за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (2.8)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{142,4^2 + 43,46^2} = 148,88 \text{ (кВА)}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для інших ЩС і результати зведемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення розрахункових потужностей на ЩС підприємства

| Силовий щиток № | Сумарна номінальна потужність електроприймачів, кВт | Груповий коефіцієнт використання | Розрахункове активне навантаження, кВт | Розрахункове реактивне навантаження, квар | Повне розрахункове навантаження, кВА |
|-----------------|---|----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| ЩС-1            | 179,68  | 0,87                             | 142,4                                  | 43,46                                     | 148,88                               |
| ЩС-2            | 212,2   | 0,82                             | 168,83                                 | 54,84                                     | 177,51                               |
| ЩС-3            | 12,71   | 0,69                             | 7,4                                    | 4,65                                      | 8,74                                 |
| ЩС-4            | 31,7  | 0,71                             | 19,04                                  | 11,11                                     | 22,04                                |
| ЩС-5            | 121,2   | 0,54                             | 55,58                                  | 28,21                                     | 62,33                                |
| ЩС-6            | 47,09   | 0,66                             | 26,57                                  | 13,63                                     | 29,87                                |
| ЩС-7            | 41,1  | 0,55                             | 20,22                                  | 13,16                                     | 24,13                                |
| ЩС-8            | 32,35   | 0,67                             | 19,41                                  | 12,12                                     | 22,88                                |
| ЩС-9            | 15,72   | 0,79                             | 11,54                                  | 3,69                                      | 12,12                                |
| ЩС-10           | 18  | 0,71                             | 12,75                                  | 9,3                                       | 15,78                                |
| ЩС-11           | 30,25   | 0,75                             | 20,65                                  | 25,29                                     | 32,64                                |
| ЩС-12           | 11,25   | 0,75                             | 7,68                                   | 9,4                                       | 12,14                                |
| ЩС-13           | 32,5  | 0,50                             | 15,14                                  | 12,29                                     | 19,5                                 |
| ЩС-14           | 44,8  | 0,70                             | 26,66                                  | 16,62                                     | 31,41                                |
| ЩС-15           | 43,86   | 0,64                             | 25,75                                  | 12,51                                     | 28,63                                |
| ЩС-16           | 198   | 0,77                             | 142,29                                 | 60,64                                     | 154,67                               |
| ЩС-17           | 258,00  | 0,79                             | 198,46                                 | 68,95                                     | 210,1                                |
| ЩО              | 85  | 0,95                             | 99,03                                  | 38,28                                     | 106,17                               |

## 2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення

Для освітлення виробничих приміщень використовується природне та штучне освітлення. Штучне освітлення забезпечується накладними світильниками з люмінесцентними лампами типу ЛБ 2·36 Вт. Освітлення території підприємства виконується світильниками з лампами типу ДНаТ.

Освітлення виконано зонально, вмикається в ручному режимі. Із встановлених 4500 світильників візуально працює лише близько 30%, тобто орієнтовно 1000 шт. Перелік освітлювальних приладів наведений у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Прилади освітлення

| № п/п | Обладнання                           | Кількість світильників, шт | Номінальна потужність одної шт, кВт | Години роботи в місяць, год |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1     | Світильник ЛБ 2·36 Вт                | 1000                       | 0,072                               | 487                         |
| 2     | Світильник зі світлодіодними лампами | 132                        | 0,036                               | 487                         |
| 3     | Світильник зовнішній ДНаТ            | 33                         | 0,25                                | 360                         |

Розрахункову активну потужність освітл знаходимо за формулою:

$$P_{p.o} = k_n \cdot \sum_{i=1}^N P_{л.i} \cdot K_{пра.i}; \quad (2.9)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт попиту системи освітлення;

$N$  – кількість ламп і-го типу;

$K_{пра}$  – коефіцієнт що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі ламп і-го типу.

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot ((1000 \cdot 0,072 \cdot 1,25) + (132 \cdot 0,036 \cdot 1) + (33 \cdot 0,25 \cdot 1,15)) = 99,03 \text{ (кВт)}$$

Для ламп, що мають ПРА знайдемо розрахункову реактивну потужність за формулою:

$$Q_{p.o} = k_n \cdot \sum_{i=1}^N P_{л.i} \cdot K_{пра.i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{0.i}; \quad (2.10)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_0$  – відповідно  $\cos \varphi_0$  для кожного типу ламп з ПРА.

$$Q_{p.o} = 0,95 \cdot ((1000 \cdot 0,072 \cdot 1,25 \cdot 0,40) + (33 \cdot 0,25 \cdot 1,15 \cdot 0,42)) = 38,28 \text{ (квар)}$$

Розрахуємо повне розрахункове навантаження освітлення за формулою:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}; \quad (2.11)$$

$$S_{p.o} = \sqrt{99,03^2 + 38,28^2} = 106,17 \text{ (кВА)}$$

#### 2.4.1 Розрахунок освітлення в одному із приміщень булочного цеху

Розрахуємо рівень освітленості в одному з приміщенні булочного цеху. Розрахунок проведемо точковим методом світлового потоку. У приміщенні використовуються світильники з люмінесцентними лампами потужністю 36 Вт. Кількість ламп у світильнику – 2, зі світловим потоком 2200 лм. Кількість світильників – 84.

Мінімальний рівень освітленості згідно із санітарних норм приймається  $E_{\min} = 300 \text{ Лк}$ .

Знайдемо рівень освітленості в точці А, яка знаходиться на висоті робочої поверхні над підлогою за формулою:

$$E = \frac{\Phi_{св} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{A \cdot B \cdot k_z \cdot z}; \quad (2.12)$$

де  $E$  – розрахункова освітленість, лк;

$\Phi_{св}$  – світловий потік світильника, лм;

$N$  – кількість світильників;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$k_3$  – коефіцієнт запасу,  $k_3=1,3$ ;

$c$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Відомо, що висота стелі приміщення  $H$  становить 8 м. Відстань від стелі до світильника  $h_c=1$  м. Висота робочої поверхні  $h_p=0,8$  м.

Тоді висоту підвісу світильника визначимо за формулою:

$$h=H-h_p-h_c; \quad (2.13)$$

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$h=8-0,8-1=6,2 \text{ м.}$$

Індекс приміщення визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}; \quad (2.14)$$

$$i = \frac{40 \cdot 20}{6,2 \cdot (40 + 20)} = 2,15$$

При  $i=2,15$  з довідкових даних  $\eta=0,56$ .

$z=1,15$  – для люмінісцентних ламп.

Визначимо освітленість за формулою (2.12):

$$E = \frac{2200 \cdot 84 \cdot 2 \cdot 0,56}{40 \cdot 20 \cdot 1,3 \cdot 1,15} = 173,1 \text{ (лк)}$$

Виконуємо перевірку за умовою:

$$0,9 \cdot E_{min} < E < 1,2 \cdot E_{min}$$

$$0,9 \cdot 300 < 173,1 < 1,2 \cdot 300;$$

$$270 < 173,1 < 360;$$

Умова перевірки не виконується, отже освітленість не задовольняє нормованій освітленості.

Система освітлення працює неефективно. При великій кількості освітлювальних приладів, більша частина з них не працює, як наслідок у більшості приміщень рівень освітленості не відповідає нормативному значенню. У деяких приміщеннях, зокрема пекарний цех, рівень освітленості вище нормативного значення, тому існує потенціал для зменшення споживання електроенергії системою освітлення.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 30   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Система освітлення має потенціал до зниження енергоспоживання, оскільки встановлені світильники з люмінесцентними лампами можуть бути замінені на більш енергоефективні світлодіодні.

## 2.5 Оцінка завантаженості ТП

Підприємство живить 2 трансформатори марки ТМ-630 кВА і один трансформатор марки ТМ-400 кВА.

Трансформатор Т-1 – 630 кВА живить ЩС-4 – ЩС-7, ЩО і ЩС-16, трансформатор Т-2 – 630 кВА живить ЩС-8 – ЩС-15, ЩС-17 і ЩС-3 трансформатор Т-3 – 400 кВА живить ЩС-1 – ЩС-2 і ЩС-8.

Знаходимо повне навантаження на трансформаторах за формулою:

$$S_T = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}; \quad (2.15)$$

$$S_{TM-630(1)} = \sqrt{362,7^2 + 165,04^2} = 398,52 \text{ (кВА)}$$

$$S_{TM-630(2)} = \sqrt{345,43^2 + 174,82^2} = 387,15 \text{ (кВА)}$$

$$S_{TM-400(3)} = \sqrt{330,64^2 + 110,42^2} = 348,59 \text{ (кВА)}$$

Коефіцієнт завантаженості силових трансформаторів Т-1 – 630 кВА, Т-2 – 630 кВА і Т-3 – 400 кВА визначається за формулою:

$$K_z = \frac{S_{T.p}}{S_{ном}}; \quad (2.16)$$

$$K_{z, TM-630(1)} = \frac{398,52}{630} = 0,63$$

$$K_{z, TM-630(2)} = \frac{387,15}{630} = 0,61$$

$$K_{z, TM-400(3)} = \frac{348,59}{630} = 0,87$$

Провівши розрахунки, можна зробити висновок, що трансформатори Т-1 – 630 кВА, Т-2 – 630 кВА мають приблизно рівні коефіцієнти завантаження, трансформатор Т-3 – 400 кВА завантажений більше, а загалом вони мають достатній коефіцієнт завантаження та їх потужності використовуються ефективно.



Визначимо річні втрати в трансформаторах методом поелементних розрахунків, за формулою:

$$\Delta W_{III} = \frac{1}{N_{TP}} \cdot \frac{\Delta P_{K3}}{S_n^2} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot \Delta t_i + N_{TP} \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p; \quad (2.17)$$

де  $N_{TP}$  – кількість трансформаторів ТП;

$T_p$  – час роботи трансформатора, год;

$\Delta P_{K3}$  – втрати короткого замикання, кВт;

$S_n$  – повна потужність трансформатора, кВА;

$\Delta P_{xx}$  – втрати холостого ходу, кВт;

$P_i$  та  $Q_i$  – активне і реактивне навантаження за період часу  $\Delta t_i$ .

Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-1 за 24.09.2020 року показаний на рисунку 2.10.

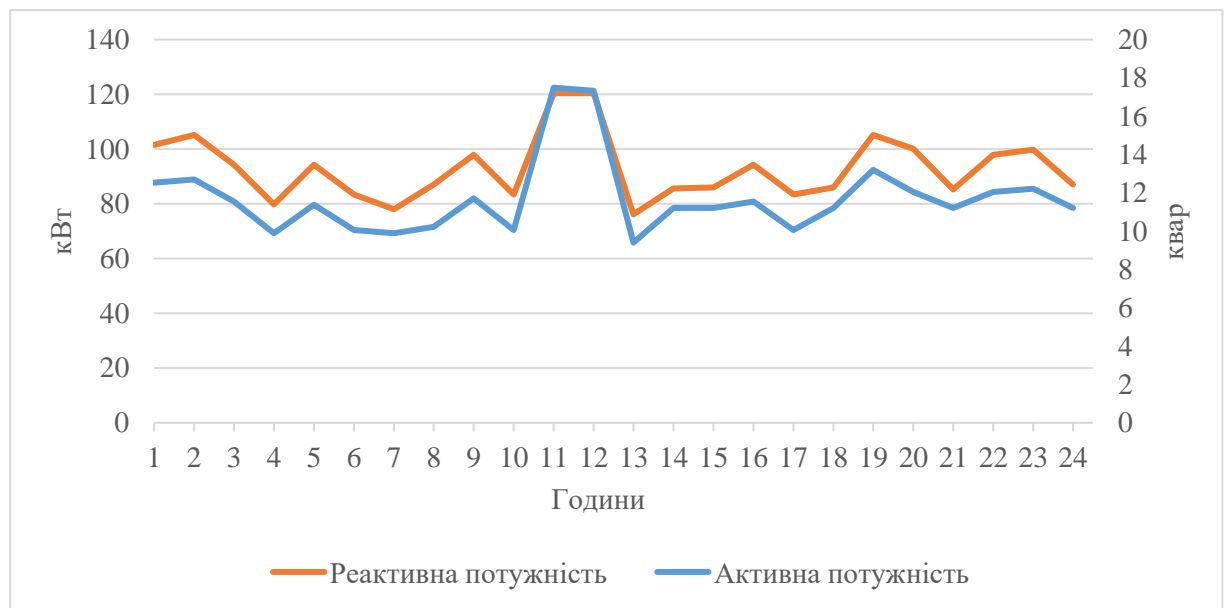


Рисунок 2.10 – Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-1 за 24.09.2020 року

Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-2 за 24.09.2020 року показаний на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 – Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-2 за 24.09.2020 року

Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-3 за 24.09.2020 року показаний на рисунку 2.12.

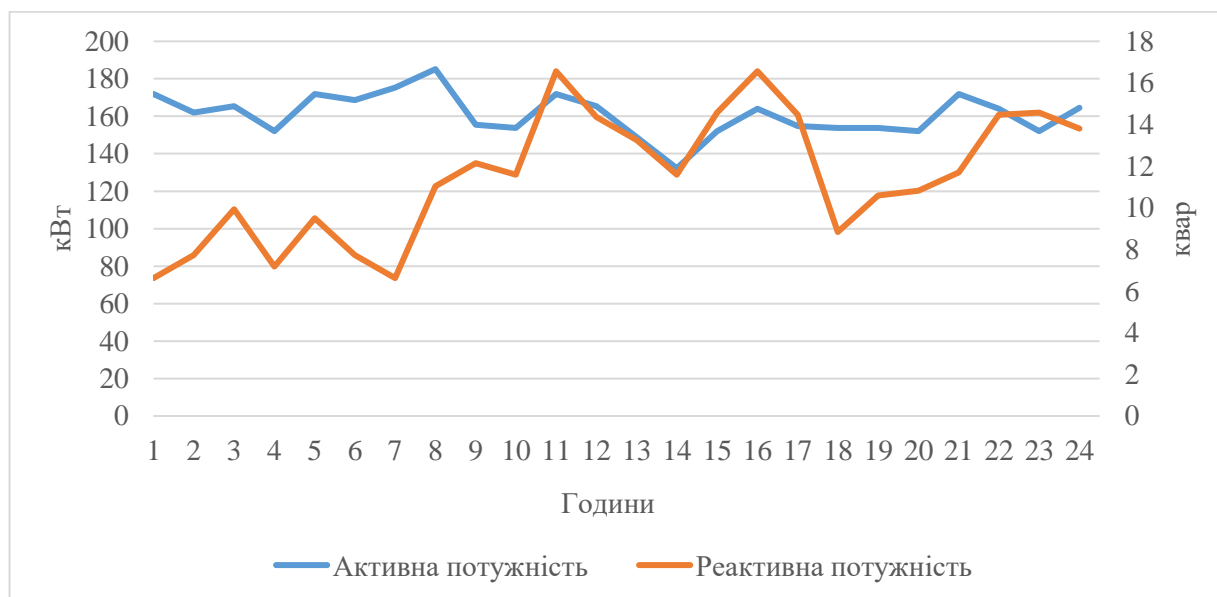


Рисунок 2.12 – Добовий графік споживання електроенергії трансформатором Т-3 за 24.09.2020 року

Параметри трансформаторів ТМ-630 та ТМ-400 показано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Параметри трансформатора ТМ-630 та ТМ-400 згідно [3]

| Марка трансформатора | $S_H$ , кВ.А | Каталожні дані    |           |              |                |                |              |
|----------------------|--------------|-------------------|-----------|--------------|----------------|----------------|--------------|
|                      |              | $U_H$ обмоток, кВ |           | $U_{кз}$ , % | $P_{кз}$ , кВт | $P_{хх}$ , кВт | $I_{хх}$ , % |
|                      |              | ВН                | НН        |              |                |                |              |
| ТМ-630/10(6)         | 630          | 10                | 0,4       | 5,5          | 7,6            | 1,05           | 1,8          |
| ТМ-400/10(6)         | 400          | 10 (6)            | 0,23; 0,4 | 4,5          | 5,5            | 0,83           | 1,5          |

Визначимо річні втрати в трансформаторі Т-1, Т-2 та Т-3 за формулою (2.17):

$$\Delta W_{TM-630(1)} = \frac{1}{1} \cdot \frac{7,6}{630^2} \cdot ((101,57^2 + 12,54^2) \cdot 365 + \dots + (87,06^2 + 11,22^2) \cdot 365) + 1 \cdot 1,05 \cdot 8760 = 10696,2 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{TM-630(2)} = \frac{1}{1} \cdot \frac{7,6}{630^2} \cdot ((176,17^2 + 8,04^2) \cdot 365 + \dots + (172,72^2 + 13,9^2) \cdot 365) + 1 \cdot 1,05 \cdot 8760 = 13844,3 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{TM-400(3)} = \frac{1}{1} \cdot \frac{5,5}{400^2} \cdot ((171,93^2 + 6,63^2) \cdot 365 + \dots + (164,6^2 + 13,8^2) \cdot 365) + 1 \cdot 0,83 \cdot 8760 = 15150,4 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Знайдемо сумарні річні втрати в трансформаторах за формулою:

$$\Delta W_{загал.Т} = \Delta W_{TM-630(1)} + \Delta W_{TM-630(2)} + \Delta W_{TM-400(3)}; \quad (2.18)$$

$$\Delta W_{загал.Т} = 10696,2 + 13844,3 + 15150,4 = 39690,9 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Загальні втрати електроенергії у силових трансформаторах складають 39691 кВт·год на рік або 0,92% від річного споживання електроенергії підприємством.

Від Т-1 і Т-2 відходять кабелі марки АБВГ 3х70+1х50 згідно [4] активний опір складає 0,46 Ом/км, індуктивний 0,0612 Ом/км, допустимий струм складає 231 Ампер, їх довжина кабелю, що відходить від Т-1 0,04 км, від Т-2 0,02 км, втрати кабелях визначимо також методом поелементних розрахунків. Від Т-3 відходить кабель марки АБВГ 3х16+1х10 [4] активний

опір складає 1,98 Ом/км, індуктивний 0,0675 Ом/км, допустимий струм складає 67 Ампер, довжина кабелю 0,06 км. Втрати кабелях визначимо також методом поелементних розрахунків за формулою:

$$\Delta W_n = \frac{R_n}{U_n^2} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2); \quad (2.19)$$

$$\Delta W_{\text{АВВГ}3 \times 70(1)} = \frac{0,46 \cdot 0,04}{0,38^2} \cdot ((101,57^2 + 12,54^2) \cdot 365 + \dots + (87,06^2 + 11,22^2) \cdot 365) \cdot 10^{-6} = 9969,78 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta W_{\text{АВВГ}3 \times 70(2)} = \frac{0,46 \cdot 0,02}{0,38^2} \cdot ((176,17^2 + 8,04^2) \cdot 365 + \dots + (172,72^2 + 13,9^2) \cdot 365) \cdot 10^{-6} = 15459,5 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta W_{\text{АВВГ}3 \times 16(3)} = \frac{1,98 \cdot 0,05}{0,38^2} \cdot ((171,93^2 + 6,63^2) \cdot 365 + \dots + (164,6^2 + 13,8^2) \cdot 365) \cdot 10^{-6} = 186681,2 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Розраховуємо загальні втрати в лініях:

$$\Delta W_{\text{загал.л}} = 9969,78 + 15459,5 + 186681,2 = 212110,48 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Загальні втрати електроенергії в трансформаторах та лініях електропередач складають:

$$\Delta W_{T+Л} = \Delta W_{\text{загал.Т}} + \Delta W_{\text{загал.л}}; \quad (2.20)$$

$$\Delta W_{T+Л} = 39690,9 + 212110,48 = 251801,38 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

## 2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта

В таблиці 2.8 показана розрахункова активна, реактивна, повна потужність та коефіцієнт завантаження на кожному із трансформаторів.

Таблиця 2.8 – Навантаження на трансформаторних підстанціях

| Трансформатор | Активної потужності, кВт | Реактивної потужності, квар | Повна потужність, кВА | Коефіцієнт завантаженості |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Т-1 – ТМ-630  | 362,7                    | 165,05                      | 398,52                | 0,63                      |
| Т-2 – ТМ-630  | 345,43                   | 174,82                      | 387,15                | 0,61                      |
| Т-3 – ТМ-400  | 330,64                   | 110,42                      | 348,59                | 0,87                      |

Розраховуємо коефіцієнт реактивного навантаження для кожного трансформатора без урахування компенсації за формулою:

$$\cos \varphi = \frac{P_{TP}}{S_{TP}} ; \quad (2.21)$$

Підставляємо значення і розраховуємо за формулою (2.21):

$$\cos \varphi_{TM-630(1)} = \frac{362,7}{398,52} = 0,91$$

$$\cos \varphi_{TM-630(2)} = \frac{345,43}{387,15} = 0,89$$

$$\cos \varphi_{TM-400(3)} = \frac{330,64}{348,59} = 0,95$$

Згідно договору про постачання електричної енергії коефіцієнт реактивної потужності має бути не менше 0,95, тільки трансформатор Т-3 – ТМ-400 задовольняє ці умови.

Для інших трансформаторів розрахуємо значення реактивної потужності, яку необхідно компенсувати.

Знаходимо значення реактивної потужності при якому коефіцієнт реактивної потужності буде дорівнювати 0,95, за формулою:

$$Q_{необх. TP} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi ; \quad (2.22)$$

Тангенс розрахуємо за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} ; \quad (2.23)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} = 0,32$$

За формулою (2.22) розраховуємо значення розрахуємо значення реактивної потужності, яку необхідно компенсувати:

$$Q_{необх. TM-630(1)} = 362,7 \cdot 0,32 = 116,064 \text{ (квар)}$$

$$Q_{необх. TM-630(2)} = 345,43 \cdot 0,32 = 110,538 \text{ (квар)}$$

Потім розраховуємо за формулою 2.24 різницю між реальним значенням реактивної потужності і необхідним значенням, і отримаємо величину, яку потрібно компенсувати:

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 36   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

$$Q_{\text{компен.ТР}} = Q_{\text{ТР}} - Q_{\text{необх.ТР}} ; \quad (2.24)$$

$$Q_{\text{компен.ТМ-630(1)}} = 165,05 - 116,064 = 48,986 \text{ (квар)}$$

$$Q_{\text{компен.ТМ-630(1)}} = 174,82 - 110,538 = 64,282 \text{ (квар)}$$

## 2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі

Оскільки у підприємства відсутні технічні обліки електроенергії на обладнанні, то споживання окремих груп споживачів електроенергії розраховувалось у відповідності до їх кількості, встановленої потужності та тривалості роботи протягом місяця. Ці дані були узгоджені з річним споживанням за 2020 рік (актуальний рік споживання на момент обстеження). Розрахунок наведено у «Додаток А. Таблиця А1 – Розрахунок балансу споживання електричної енергії».

Проаналізувавши споживання окремих груп споживачів електроенергії, можна побудувати баланс споживання електроенергії на підприємстві.

На рисунку 2.13 показано структуру балансу споживання електроенергії підприємством у 2020 році.

В таблиці 2.9 показано споживання електроенергії на підприємстві за типом обладнання.

Таблиця 2.9 – Споживання електроенергії за типом обладнання

| Тип обладнання              | Споживання,<br>кВт·год/рік | Споживання, % |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|
| Електричне обладнання печей | 1 044 894                  | 24,36         |
| Опалення                    | 751 773                    | 17,53         |
| ГВП                         | 460 260                    | 10,73         |
| Охолодження                 | 246 023                    | 5,74          |
| Електродвигуни              | 1 111 596                  | 25,55         |
| Освітлення                  | 478 158                    | 11,15         |
| Компресори                  | 195 984                    | 4,57          |

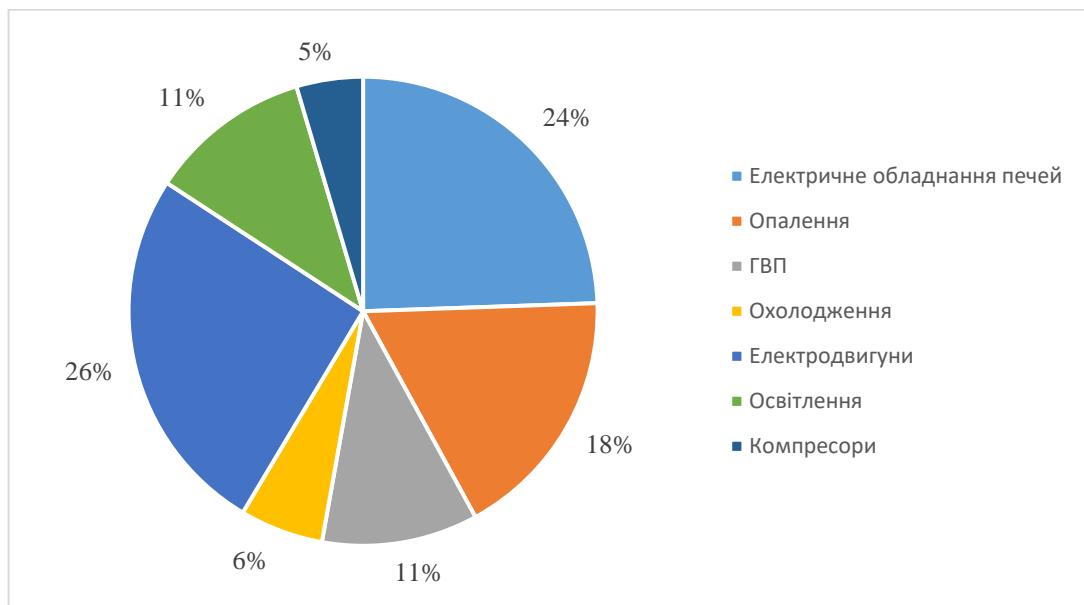


Рисунок 2.13 – Структура споживання електричної енергії підприємством у 2020 році, %

Проаналізувавши діаграму споживання електричної енергії підприємством, можна зробити висновок, що суттєвими споживачами є:

- електричне обладнання печей (24%);
- електродвигуни у складі технологічного обладнання для підготування тіста (25%);
- електричні теплогенератори системи опалення, ГВП, освітлення (11 %).

## 2.8 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

У споживача відсутні прилади технічного обліку електроенергії, тому визначити фактичну величину втрат електроенергії як різницю між показниками комерційного обліку електроенергії та технічного обліку електроенергії неможливо. Аналіз споживання електроенергії окремим обладнанням не здійснюється.

Оскільки у підприємства відсутні технічні обліки електроенергії на обладнанні, то споживання окремих груп споживачів електроенергії

розраховувалось у відповідності до їх кількості, встановленої потужності та тривалості роботи протягом місяця.

Облік електроенергії здійснюється по 3 лічильникам типу LZQJ-XC рисунок 2.14, підключеними до системи АСКУЕ. 2 лічильники підключені через трансформатори струму номіналом 1000/5, один лічильник – через трансформатори струму номіналом 600/5. Лічильниками фіксується споживання активної та реактивної електроенергії та потужності з інтервалом 30 хвилин, а також генерація реактивної електроенергії потужності з інтервалом 30 хвилин. Рахунки споживачу виставляються щомісячно.



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд лічильника типу LZQJ-XC

Отже, можна зробити висновок, що стан та ефективність систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті є незадовільним, оскільки у споживача відсутні прилади технічного обліку електроенергії. Облік електроенергії здійснюється тільки по 3 лічильникам типу LZQJ-XC, підключеними до системи АСКУЕ.

## **2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії**

Одним із суттєвих споживачів електричної енергії є електричні двигуни у складі технологічного обладнання, електричні теплогенератори системи опалення, ГВП та освітлення. Тому для їх і будуть запропоновані заходи з енергоефективності.



### 2.9.1 Заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП

Існуюча схема опалення та ГВП складається з джерел у вигляді утилізаторів на тунельних печах, що є основним джерелом тепла (найпотужніший близько 180 кВт, але дана піч запланована до демонтажу), та допоміжних джерел у вигляді електричного парогенератора та бойлерів. Всі джерела працюють на проміжну ємність 20 м<sup>3</sup>, що являє собою гідро стрілку – пристрій що усереднює режими генерації та споживання тепла, по даним контурам проходить хімічищення вода. Для потреб ГВП в зимовий період на рівні в середньому 3 м<sup>3</sup>/год (в літній період використовується охолоджена на льодогенераторах вода). Проблемою є недосконалість існуючої схеми. В зимовий період з даного баку береться вода і на опалення (що знижує температуру води в ємності) і нею ж підігрівають воду для потреб ГВП. Для забезпечення необхідної температури води ГВП необхідний перепад температур від 15°C. Для цього недостатньо потужності утилізаторів на тунельних печах, тому використовується електричний нагрів з формуванням пари з вприском її в існуючу мережу опалення. Додатково вода гріється на окремих електричних бойлерах. Ситуація в 2020 році після демонтажу печі GOSTOL-90 та виведенням з експлуатації найпотужнішого утилізатора тепла дуже сильно загостриться – буде значний дефіцит тепло генерації особливо взимку. Крім того, електрична енергія коштує майже вдвічі дорожче ніж газова. Дану перевагу у вартості енергоносія доцільно використати при модернізації даної системи.

Пропонується для заміщення електричного нагріву газовим теплом та з метою наявності резерву по теплогенерації на потреби опалення та ГВП виробничого корпусу встановити дві топкові з котлами, що будуть забезпечувати автоматичне функціонування без наявності оператора тобто 2х2х90 кВт.

Споживання існуючих електронагрівачів на потреби ГВП (титани-120, парогенератор ПГ-100 та бойлери відкритого типу) в річному споживанні

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 40   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

складуть:  $W_{ел}=1\ 142\ 000$  кВт·год/рік (згідно до розрахунку балансу енергоспоживання).

З врахуванням заміщення всього даного об'єму і ККД запланованих до встановлення газових котлів (для розрахунків 90%, реально вище) в річному еквіваленті економія коштів становитиме:

$$E = W_{ел} \cdot (c_{ел} - c_{газ} / ККД) = 1142000 \cdot (2,44 - \frac{1,387}{0,9}) = 1053173 \text{ (грн/ рік)}$$

Для встановлення обираємо газовий котел Buderus Logano plus GB312-90 кВт згідно [5], вигляд котла показано на рисунку 2.15, ціною 346 707 грн, такий що має крім необхідних по потужності 90 кВт можливість регулювання.



Рисунок 2.15 – Газовий котел Buderus Logano plus GB312

Вартість котлів в даному випадку становитимуть:

$K_{котл.} = 1386828$  грн.

Термін служби від 10 років.

Інше обладнання (комунікації, насосні групи 30% від вартості котлів) – 416 000 грн

Приміщення котельних – 400 000 грн.

Проектування – 280 000. Дана модель функціонує близько 10 років.

Монтаж – 150 000 грн.

Інспектування та випробування 55 000 грн.

Загальні капіталовкладення  $K = 3\ 103\ 876$  грн.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 41   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Додатково враховуємо експлуатаційні затрати для обладнання на рівні 20 000 грн.

Всі витрати по заходу та економію зведемо в таблицю 2.10.

Для економічної оцінки заходу потрібно розрахувати простий термін окупності за формулою:

$$T_{ок}^{пр} = \frac{I_{сум}}{E}; \quad (2.25)$$

$$T_{ок}^{пр} = \frac{3104000}{1053173} = 2,95 \text{ (років)}$$

Таблиця 2.10 – Економічні показники реалізації заходу з заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП

| Витрати по проекту            |                |             |
|-------------------------------|----------------|-------------|
| Інвестиції (складові витрат)  |                |             |
| Розроблення проекту           | 280 000        | грн         |
| Обладнання                    | 2 619 000      | грн         |
| Монтаж                        | 150 000        | грн         |
| Інспектування та випробування | 55 000         | грн         |
| Виконавча документація        | 0              | грн         |
| Разом                         | 3 104 000      | грн         |
| Інші витрати                  |                |             |
| Експлуатаційні витрати        | 20 000         | грн./рік    |
| Економія                      |                |             |
| Вид енергії                   | Електроенергія |             |
| Річна економія енергії        | _*             | кВт·год/рік |
| Річна грошова економія        | 1 053 173      | грн/рік     |
| Термін експлуатації           | 20             | Років       |
| Простий термін окупності      | 2,95           | Років       |

\*Оскільки у заході розраховано перехід від одного енергоресурсу до іншого за сталої енергопотреби, наявна лише фінансова економія.

## 2.9.2 Модернізація системи внутрішнього освітлення

На об'єкті відповідно до наданої інформації близько 80% світильників з люмінесцентними лампами. Річний термін їх експлуатації у більшості складає близько 5840 год/рік. Розрахункове споживання електроенергії даними лампами складає близько 4% від загального споживання підприємством за рік і може бути відносно легко знижена вдвічі.

Відповідно до даних, наявно 4368 світильників з люмінесцентними лампами 2x36 Вт, з яких робочих лише близько третини. Їх питомий світловий потік на рівні 40-60 Лм/Вт не задовольняє необхідного освітлення в більшості приміщень і занижений приблизно вдвічі.

Річний термін експлуатації робочих ламп складає:

$$T_{\text{еспл.річ}} = n_{\text{рік}} \cdot n_{\text{роб.змін}} \cdot t_{\text{роб.змін}} = 365 \cdot 2 \cdot 8 = 5840 \text{ (год/рік)}$$

де  $n_{\text{рік}}$  – кількість днів на рік,

$n_{\text{робочих змін}}$  – кількість робочих змін,

$t_{\text{робочої зміни}}$  – тривалість робочої зміни у годинах.

Всього на підприємстві встановлено 4368 світильники під люмінесцентні лампи 2\*36 Вт. Під час обстеження підприємства було виявлено, що приблизно 77% світильників на підприємстві знаходяться в неробочому стані і їх не ремонтують. Споживання існуючих робочих 1000 світильників з люмінісцентними лампами відповідно до часу роботи та споживання ПРА із споживанням 2x36x1,1 Вт, що працюють протягом 5840 год/рік:

$$W_{\text{л}} = 2 \cdot 36 \cdot 1,1 \cdot 1000 \cdot 5840 = 462528 \text{ (кВт} \cdot \text{год/рік)}$$

Споживання світлодіодних ламп на 1000 світильників з лампами потужністю 2x18 Вт та аналогічним часом роботи становитиме:

$$W_{\text{LED}} = 2 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 5840 = 210240 \text{ (кВт} \cdot \text{год/рік)}$$

В річному еквіваленті економія енергії становитиме:

$$\Delta W = 462528 - 210240 = 252288 \text{ (кВт} \cdot \text{год/рік)}$$

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 43   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

З врахуванням вартості електроенергії  $c_{ел}=2,44$  грн/кВт·год грошовий еквівалент економії складе:

$$E = \Delta W \cdot c_{ел} = 252288 \cdot 2,44 = 615582,7 \text{ (грн/рік)}$$

На рисунку 2.16 показано лампи які, розглядаються для заміни.



Рисунок 2.16 – Лампи, що розглядаються у якості обладнання для заміни

Для подальших розрахунків обираємо світлодіодні лампи, із ціною 59,9 грн, потужністю 18 Вт, кольоровою температурою 6400, із терміном роботи 30000 і відхиленням напруги 180-270 В згідно [6].

Витрати на заміну ламп в світильнику становить 100 грн/світильник.

Розрахунок загальних капіталовкладень зведемо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Розрахунок капіталовкладень заходу модернізації системи освітлення

| Кількість світильників, шт. | Довжина ламп, мм | Кількість ламп в світильнику, шт | Режим роботи, год/рік | Споживання існуюче, кВт·год/рік | Потужність LED-ламп, Вт | Споживання проектне, кВт·год/рік | Вартість світлодіодної лампи | Вартість ламп, грн | Вартість робіт, грн | Капіталовкладення, грн |
|-----------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1000                        | 1200             | 2                                | 5840                  | 462528                          | 18                      | 210240                           | 60                           | 120000             | 100000              | 220000                 |

Додаткові витрати – монтаж з видаленням ПРА для люмінесцентних ламп близько 100 грн/світильник або 220000 грн.

Термін служби складає  $30000/5840=5,13$  років. Для розрахунків приймаємо 5 років.

Для економічної оцінки заходу потрібно розрахувати простий термін окупності за формулою (2.25):

$$T_{ок}^{пр} = \frac{224000}{615528} = 0,36 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Економічні показники реалізації заходу з модернізації системи освітлення

| Витрати по проекту           |                |             |
|------------------------------|----------------|-------------|
| Інвестиції (складові витрат) |                |             |
| Розроблення проекту          | 0              | грн         |
| Обладнання                   | 120 000        | грн         |
| Монтаж                       | 100 000        | грн         |
| Разом                        | 224 000        | грн         |
| Інші витрати                 |                |             |
| Експлуатаційні витрати       | 4000           | грн./рік    |
| Економія                     |                |             |
| Вид енергії                  | Електроенергія |             |
| Річна економія енергії       | 252 288        | кВт·год/рік |
| Річна грошова економія       | 615 582        | грн/рік     |
| Термін експлуатації          | 5              | Років       |
| Простий термін окупності     | 0,36           | Років       |

### 2.9.3 Встановлення частотних перетворювачів на насоси

Електродвигуни частково обладнані пристроями частотного регулювання. Насосні установки не обладнані частотними перетворювачами, можна запропонувати захід до їх встановлення.

Частотним перетворювачем здійснюється керування швидкості обертання електродвигуна насосу, зменшуючись або збільшуючись залежно від наявного тиску у трубопроводі. Це дозволяє економити до 40% електроенергії та до 5% скоротити витрату води.

$$W = 125152,62 \cdot 0,4 = 50061,05 \text{ (кВт} \cdot \text{год} / \text{рік)}$$

Розрахуємо річну економію витрат:

$$E = 50061,05 \cdot 2,44 = 122149 \text{ (грн/ рік)}$$

Обираємо частотний перетворювач Hitachi SJ700D-220HFEF3, 22 кВт вартістю 71 225 грн, в кількості 4 шт. Монтаж обланання – 15 000 грн.

Розраховуємо сумарні інвестиції для реалізації заходу:

$$I_{\text{сум}} = (71225 \cdot 4) + 15000 = 299900 \text{ (грн)}$$

Для економічної оцінки заходу потрібно розрахувати простий термін окупності за формулою (2.25):

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{299900}{122149} = 2,5 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Економічні показники реалізації заходу встановлення частотних перетворювачів на насоси

| Витрати по проекту           |                |             |
|------------------------------|----------------|-------------|
| Інвестиції (складові витрат) |                |             |
| Розроблення проекту          | 0              | грн         |
| Обладнання                   | 284 900        | грн         |
| Монтаж                       | 15 000         | грн         |
| Разом                        | 299 900        | грн         |
| Інші витрати                 |                |             |
| Експлуатаційні витрати       | 1000           | грн./рік    |
| Економія                     |                |             |
| Вид енергії                  | Електроенергія |             |
| Річна економія енергії       | 50 061         | кВт·год/рік |
| Річна грошова економія       | 122 149        | грн/рік     |
| Термін експлуатації          | 20             | Років       |
| Простий термін окупності     | 2,5            | Років       |

Розрахуємо річну економію від всіх впроваджених заходів:

$$E_{\text{сум}} = 1053173 + 615582 + 122149 = 1790904 \text{ (грн/ рік)}$$

## Висновки до розділу 2

В другому розділі було досліджено стан системи електропостачання на хлібзаводі і проаналізовано данні щодо використання електричної енергії. Побудувавши баланс споживання електричної енергії підприємством були визначені суттєві споживачі це – електричне обладнання печей, електродвигуни, електричні теплогенератори системи опалення, ГВП, освітлення і до їх були запропоновані заходи з енергоефективності.

Першим заходом, пропонувалося для заміщення електричного нагріву газовим теплом та з метою наявності резерву по теплогенерації на потреби опалення та ГВП виробничого корпусу встановити дві топкові з котлами, що будуть забезпечувати автоматичне функціонування без наявності оператора. Цей захід вирішить проблему недосконалості існуючої схеми ГВП.

Другим заходом, було обрано повністю модернізувати систему освітлення, оскільки під час обстеження підприємства було виявлено, що велика кількість світильників на підприємстві знаходяться в неробочому стані і їх не ремонтують. Запропоновано було замінити старі люмінісцентні лампи на нові LED лампи.

Третім заходом, було рекомендовано встановити частотні перетворювачі на електродвигуни насосів, оскільки це дозволяє економити до 40% електроенергії.

В сумі економія від запропонованих заходів складе 1 790 904 грн/рік, що є доволі непогано.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 47   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |



## 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз

#### 3.1.1 Система газопостачання об'єкта

Газопостачання хлібзавода здійснюється від підземного газопроводу середнього тиску діаметром  $\varnothing 159$  мм. Облік витрати газу і зниження тиску до робочого відбувається в газорозподільчому пункті.

Газорозподільний пункт розташований на території підприємства, у вбудованому в виробничий цех окремому приміщенні. Приміщення ізольовано, допуск до нього є тільки у обслуговуючого персоналу і відповідальних осіб підприємства.

Всередині приміщення ГРП паралельно на лінії газопостачання розташовані два волосяних газових фільтра. За фільтрами розташований комерційний вузол обліку газу на базі лічильника газу промислового ЛГ-К-150-400-0,63-0,4 з модемом, який передає дані про витрату газу підприємством безпосередньо в ПАТ «Київгаз». Після вузла обліку газу газопровід розгалужується на три технологічні лінії діаметрами  $\varnothing 159$  і  $\varnothing 114$  мм, на кожній з яких змонтований свій вузол редукування тиску газу. У цих вузлах середній тиск газу знижується до низького. Від цих трьох ліній газопроводу здійснюється подальше газопостачання технологічного та опалювального обладнання підприємства. На рисунку 3.1 показано фотографія ГРП.

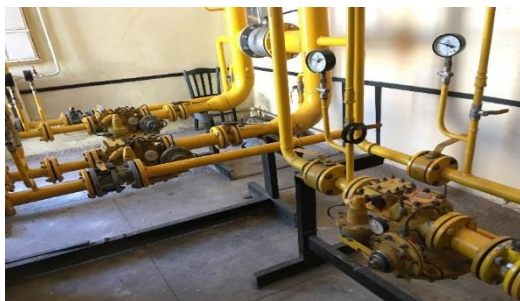


Рисунок 3.1 – Фотографія ГРП

|           |                  |          |        |      |   |                |       |         |  |
|-----------|------------------|----------|--------|------|---|----------------|-------|---------|--|
|           |                  |          |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ  |                |       |         |  |
| Вим       | Арк..            | № докум. | Підпис | Дата | Аналіз ефективності<br>використання палива та<br>теплової енегії на об'єкті | Літ            | Аркуш | Аркушів |  |
| Розроб.   | Онашко В.В.      |          |        |      |   |                |       |         |  |
| Перевір.  | Чернявський А.В. |          |        |      |   |                | 48    | 128     |  |
| Реценз.   |                  |          |        |      |   | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |  |
| Н. Контр. | Прокопенко І.Д.  |          |        |      |   |                |       |         |  |
| Затвер.   |                  |          |        |      |   |                |       |         |  |

### 3.1.2 Система водопостачання об'єкта

Забезпечення водою об'єкту здійснюється від свердловини, що розташована на території підприємства. Глибина свердловини становить 110 м. Діаметр свердловини по обсадній колоні становить  $D_{вн} = 324$  мм, по фільтраційній трубі  $D_{вн} = 250$  мм. Свердловина обладнана занурюваним насосом ЕЦВ 8 - 25 - 100.

Перед подачею води на технологічні і санітарно - побутові потреби вода проходить процес хімводопідготовки і фільтрації, а також попереднього підігріву в баках запасу підготовленої води. Водно-хімічний режим повинен забезпечувати роботу котла і живильного тракту без пошкоджень їх елементів внаслідок відкладення накипу і шламу, підвищення відносної лужності котлової води до небезпечних меж або в результаті корозії металу. Водно-хімічний режим необхідно підтримувати при підготовці живильної води для отримання пара в котлах, при зупинках котлів. Для забезпечення належної якості водно-хімічного режиму на хлібзаводі застосовуються іонообмінні фільтри з системою регенерації смоляних колон. Комплексна система хімводоочищення розташована в окремому приміщенні, яке знаходиться над приміщеннями Виробничого корпусу.

Ключовими споживачами холодної води є технологічні процеси випічки хліба і санітарно-побутові потреби. Також підготовлена, очищена вода подається в систему гарячого водопостачання на потреби підтримки і підживлення системи опалення. На рисунку 3.2 показано фотографія елементів водопостачання.



Рисунок 3.2 – Фотографія елементів водопостачання

## 3.2 Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії

### 3.2.1 Газові котли

Опалення адміністративного корпусу хлібзаводу здійснюється від вбудованої котельні з газовими підлоговими котлами BONGIOANNI EUROBONGAS 1/9.

Котли одноконтурні, потужність кожного котла складає 92,1 кВт. Дані котли обладнані інжекційними пальниками, які забезпечують високу якість згоряння газу з коефіцієнтом надлишку повітря 1,05 - 1,2. Загальний вигляд вбудованої газової котельні наведено на рисунку 3.3. На рисунку 3.4 показано теплову схему котельні.



Рисунок 3.3 – Фотографія обладнання газової котельні

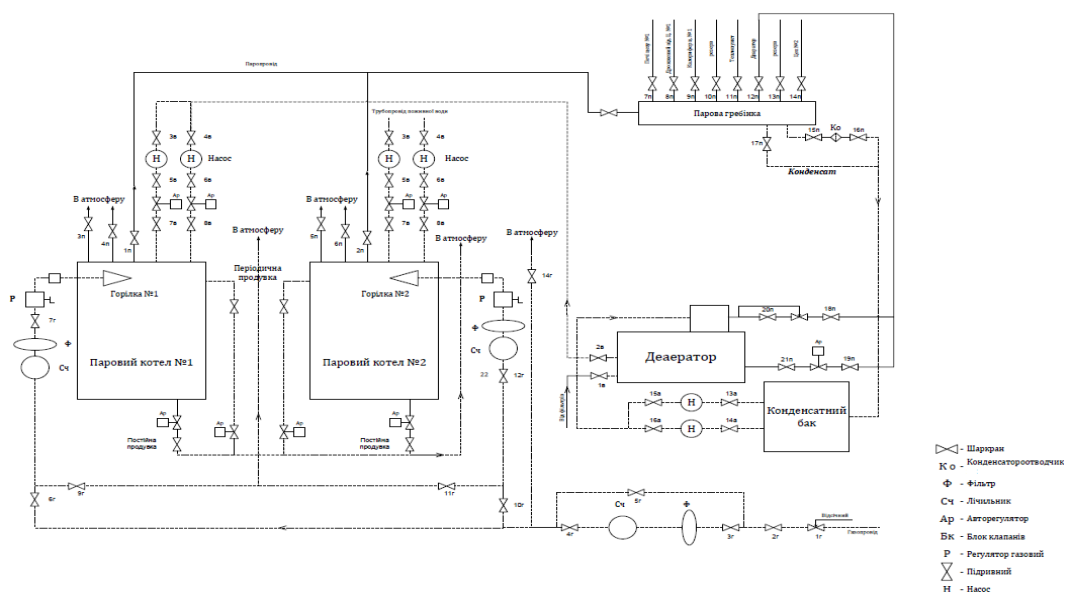


Рисунок 3.4 – Теплова схема котельні

На рисунку 3.4 показано теплову схему котельні. Котельня обладнана погодозалежною автоматикою, що дозволяє коригувати температуру всередині будівлі в залежності від температури зовнішнього повітря. Трубопровід системи опалення в межах котельні теплоізований. Насосне обладнання, триходовий клапан і регулятор теплового потоку знаходяться в справному стані. Характеристики наведеного обладнання зведені у таблиці 3.1. Розрахункова температура опалення становить  $-22^{\circ}\text{C}$ , середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $-0,1^{\circ}\text{C}$ , внутрішня температура  $+18^{\circ}\text{C}$ . Опалювальний період триває 187 діб.

Таблиця 3.1 – Газові котли

| Місце    | № котла | Опис                        | Номінальна теплова потужність котла | ККД котла (паспортні дані) | Коефіцієнт навантаження | Річна кількість годин роботи |
|----------|---------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|
|          |         |                             | кВт                                 | %                          | %                       | год                          |
| Котельня | 1       | BONGIOANNI EUROBONGAS 1/9 I | 92,1                                | 92                         | 80                      | 4 488                        |
|          | 2       | BONGIOANNI EUROBONGAS 1/9 I | 92,1                                | 92                         | 80                      | 4 488                        |

Перед початком опалювального періоду проводиться сервісне обслуговування котельні та виконується дрібний поточний ремонт.

Згідно з паспортними даними котла, температура його димових газів, при номінальній потужності становить  $135^{\circ}\text{C}$ . Так як, при певних умовах, конденсат утворюється вже при  $70^{\circ}\text{C}$ , а температура димових газів при роботі котла на мінімальній потужності може досягати даного значення і опускатися ще нижче при охолодженні в димовій трубі, тому організація утилізації тепла димових газів пов'язана з істотним ускладненням конструкції котельні і не є економічно доцільною.

### 3.2.2 Електричні котли та парогенератори

На потреби опалення виробничих приміщень цеху та приготування гарячої води на технологічні потреби використовуються електричні водонагрівачі в кількості двох одиниць і три парогенератора «Круїз» для підігріву теплоносія в холодний період опалювального сезону. Парогенератори знаходяться в задовільному стані. Перед початком опалювального періоду проводиться сервісне обслуговування теплогенеруючого обладнання. Загальний вигляд обладнання наведено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Фотографія обладнання електричної котельні

Догрів теплоносія в холодний період опалювального періоду від парових агрегатів проводиться за допомогою вприскування пара в загальний колектор системи опалення. Система опалення топкової, в якій розташовані електронагрівачі і електричні парові котли має складну, розгалужену структуру, яка частково не функціонує і місцями відсічена.

Спостерігається часткове руйнування теплоізолюючих матеріалів трубопроводу системи опалення. Характеристики наведеного обладнання зведені у таблиці 3.2.



Таблиця 3.1 – Електричні котли

| № | Опис              | Модель                 | Кількість, од. | Потужність, кВт | Призначення                                     |
|---|-------------------|------------------------|----------------|-----------------|---|
| 1 | Електричний котел | Титан-120              | 2              | 120             | Нагрів води на технологічні та побутові потреби |
| 2 | Парогенератор     | ПГ-25                  | 1              | 18              | Виробництво пару для технології                 |
| 3 | Парогенератор     | ПГ-100                 | 2              | 75              | Догрів гарячої води                             |
| 4 | Водонагрівач      | Бойлер відкритого типу | 3              | 16              | Нагрів води на технологічні потреби             |

У нагріванні води на побутові і технологічні потреби підприємства беруть участь електричні баки і водонагрівачі, а також встановлені на печах економайзери, що працюють на енергії утилізації димових газів. В технологічних процесах випічки хліба застосовується пар з середньою температурою 120°C. Пар виробляється в електричних парогенераторах.

Електричний котел Титан - 120 призначений для нагріву гарячої води на технологічні і побутові потреби і опалення виробничих приміщень. Дані котли мають ручне триступеневе управління. Парогенератор ПГ-25 використовується на технологію (очищення поверхонь форм, листів). Догрів гарячої води в холодний період опалювального періоду від парових агрегатів ПГ-100 проводиться за допомогою уприскування пара в колектор системи гарячого водопостачання. Бойлери відкритого типу застосовуються для нагріву гарячої води на технологію для виробництва заварних сортів хліба, нагрівають воду до температури 96°C та мають автоматичне одноступеневе регулювання температури.

Основними споживачами гарячої води і пара хлібзаводу є технологія і санітарно-побутові потреби. Лічильники гарячої води на підприємстві не встановлені. Орієнтовне споживання гарячої води в зимовий період становить 3 м<sup>3</sup>/год.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 53   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

### 3.2.3 Тунельні прохідні печі

Одними з основних виробничих одиниць на підприємстві є тунельні прохідні печі типу ППЦ-3 та РРР 3-54. Дані печі відносяться до печей з циклометричною нагрівальною системою та мають ряд особливостей, які забезпечують їм перевагу перед печами з повним видаленням продуктів згорання (простота організації безперервно-потокowego методу виробництва хлібобулочних виробів; низька теплова інерція нагрівальної системи та інші).

Піч являє собою модульну каркасну конструкцію, зібрану з окремих секцій високої заводської готовності. Комплектується сітчастим конвеєрним подом та пристроєм для парозволоження, що виконаний з труб з нержавіючої сталі, сепаратором конденсату, пальником і системою випуску відпрацьованих газів і випарів з пекарної камери. Привід конвеєра і вентилятора рециркуляції обладнані частотними перетворювачами. Піч оснащена системою безпечної експлуатації, запобіжними пристроями, системою автоматичної реєстрації і управління тепловим режимом випікання. Фотографія обладнання наведена на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Фотографія тунельної прохідної печі ППЦ-3

### 3.2.4 Ротаційні печі

Печі ротаційного типу Miwe Roll-in - це універсальна піч для випічки хлібобулочних і кондитерських виробів, що використовують для випічки продукції дві функції: конвекція і ротація. Ротаційні печі Miwe Roll-in забезпечують високоякісну випічку хлібобулочних і кондитерських виробів завдяки потужному і ефективному парозволоженню і регульовану систему подачі гарячого повітря рівномірно зверху вниз. На рисунку 3.7 показано вигляд ротаційних печей.



Рисунок 3.7 – Фотофіксація печей ротаційного типу Miwe Woll-in

Дані печі відрізняються гарною теплоізоляцією і герметизацією пічного простору і швидким набором температури. Застосування сучасної автоматики і системи управління дозволяє тримати температурний коридор в межах 20 °С. В результаті печі працюють в режимі старт / стоп після набору температури. Даний режим характеризується короткочасним режимом роботи пальників що призводить до малих об'ємах димових газів.

Ротаційна піч Ревент-724 сконструйована для одержання оптимальної температури в нижній частині листів для швидкого підйому тіста і таким чином отримання відмінної якості продукції. На рисунку 3.8 показано зовнішній вигляд печі Ревент-724.





Рисунок 3.8 – Фотофіксація ротаційної печі Ревент-724

Універсальні ротаційні конвективні печі GALILEO призначені для випічки фірмових і подових сортів хліба з пшеничного та житнього борошна, батонів, хлібобулочних та кондитерських виробів на підприємствах хлібопекарської промисловості, хлібозаводах, хлібокомбінатах, а також в пекарнях, кондитерських цехах і ділянках. Печі ротаційні працюють на природному газі тиском 1.0-4.0 кПа. Випускаються модифікації печей з електрообігрівом. Пекарна камера і фасадна частина виготовлені з полірованої нержавіючої сталі. Бічні частини печей облицьовані пофарбованими алюмінієвими панелями. Двері мають подвійний термостійкий посуд. Економічність печей обумовлена застосуванням посиленою теплоізоляції з мінераловатних плит і оптимальною системою управління пальником, що забезпечує мінімальне падіння температури в пекарної камері при завантаженні. Сучасна система розподілу повітряних потоків в пекарної камері, яка має точні регулювання, дозволяють отримувати ідеальну рівномірність випічки різних виробів широкого асортименту.

### 3.3 Обстеження огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни адміністративного корпусу виконані із керамзитобетонних панелей товщиною 0,38 м без утеплення. Вхідні двері металеві, неутеплені, товщина дверей – 0,06 м. Вікна замінені на металопластикові з подвійним склінням. Підлога будівлі – неопалювальний підвал, перекриття виконане із залізобетону товщиною 0,22 м. Неопалюване горище, перекриття виконане із залізобетонних плит товщиною 0,22 м.

Вікна замінені на металопластикові з подвійним склінням, відсутність шпаклювання та щілини між профілем та стіною є причиною понаднормативної інфільтрації холодного повітря у приміщення. Нещільності вузлів примикання віконних рам до стін сприяють підвищенню рівня інфільтрації повітря в будівлю.

#### 3.3.1 Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі

##### Непрозі огорожувальні конструкції

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції будівлі згідно [8].

Стіна складається з:

- керамзитобетону  $\lambda=0,79 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$  товщина  $\delta=0,38$  м;
- розчин цементно-піщаний  $\lambda=0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$  товщина  $\delta=0,05$  м;

Розрахуємо термічний опір за формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} ; \quad (3.1)$$

$\alpha_6$  – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі.

Підставивши значення у формулу (3.1) розрахуємо термічний опір стін:

$$R_{cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,79} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,693 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$k = \frac{1}{R}; \quad (3.2)$$

Підставимо значення у формулу (3.2) і розрахуємо коефіцієнт теплопередачі для стін:

$$k_{cm} = \frac{1}{0,693} = 1,443 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$$

Зробимо порівняння отриманого значення із табличним значенням за [8].

Для промислових конструкцій І температурної зони  $R_{qmin} = 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

$$0,693 < 2,2$$

Як можна побачити, що значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, зважаючи на це, зовнішні стіни потрібно рекомендувати до утеплення.

### Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Вікна металопластикові з подвійним склінням.

Термічний опір вікон складає:

$$R_e = 0,407 \left( \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_e = \frac{1}{0,407} = 2,457 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$$

Зробимо порівняння отриманого значення із табличним значенням за [8].

Для промислових конструкцій І температурної зони  $R_{qmin} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

$$0,407 < 0,45$$

Як можна побачити, що значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, зважаючи на це, вікна потрібно рекомендувати до заміни.

## Дверні конструкції

Термічний опір металевих дверей складає:

$$R_d = 0,46 \left( \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_d = \frac{1}{0,46} = 2,17 \left( \frac{Вт}{m^2 \cdot K} \right)$$

Зробимо порівняння отриманого значення із табличним значенням за [8].

Для промислових конструкцій I температурної зони  $R_{qmin} = 0,6 m^2 \cdot K/Вт$ .

$$0,46 < 0,6$$

Як можна побачити, що значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, зважаючи на це, двері потрібно рекомендувати до заміни.

## Підлога

Термічний опір підлоги складає:

$$R_{nld} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_{nld}}{\lambda_{nld}} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{1}{12} = 0,744 \left( \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_d = \frac{1}{0,744} = 1,344 \left( \frac{Вт}{m^2 \cdot K} \right)$$

Зробимо порівняння отриманого значення із табличним значенням за [8].

Для промислових конструкцій I температурної зони  $R_{qmin} = 2,4 m^2 \cdot K/Вт$ .

$$0,744 < 2,4$$

Як можна побачити, що значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, зважаючи на це, підлогу потрібно рекомендувати до утеплення.

## Стеля

Термічний опір стелі складає:

$$R_{стелі} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{з/б}}{\lambda_{з/б}} + \frac{\delta_{мін.вата}}{\lambda_{мін.вата}} + \frac{\delta_{стяжка}}{\lambda_{стяжка}} + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{12} = 2,382 \frac{м^2 \cdot K}{Вт}.$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_{стелі} = \frac{1}{2,382} = 0,42 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot K} \right)$$

Зробимо порівняння отриманого значення із табличним значенням за [8].

Для промислових конструкцій I температурної зони  $R_{qmin} = 2,2 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$ .

$$2,382 > 2,2$$

Як можна побачити, значення термічного опору відповідає нормативному значенню, зважаючи на це, не потрібно рекомендувати утеплювати стелю.

Всі розрахунки заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок характеристик огорожувальних конструкцій

| Огороджувальні конструкції | Матеріал огорожі (шару) | Товщина шару | Коефіцієнт теплопровідності | Внутрішній коефіцієнт | Зовнішній коефіцієнт | Термічний опір огорожі | Нормативний термічний опір | Коефіцієнт Теплопередачі |
|----------------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                            |                         | $\delta$     | $\lambda$                   | $\alpha_в$            | $\alpha_з$           | $R_0$                  | $R_H$                      | $K_0$                    |
|                            |                         | м            | $\frac{Вт}{м \cdot K}$      | $\frac{Вт}{м^2 K}$    | $\frac{Вт}{м^2 K}$   | $\frac{м^2 K}{Вт}$     | $\frac{м^2 K}{Вт}$         | $\frac{Вт}{м^2 K}$       |
| 1                          | 2                       | 3            | 4                           | 5                     | 6                    | 7                      | 8                          | 9                        |
| Стіни                      | Керамзитобетон          | 0,38         | 0,79                        | 8,7                   | 23                   | 0,693                  | 2,2                        | 1,443                    |
|                            | Розчин цементно-піщаний | 0,05         | 0,93                        |                       |                      |                        |                            |                          |

Продовження таблиці 3.2

|         |  |      |      |     |    |       |      |       |
|---------|--|------|------|-----|----|-------|------|-------|
| Стеля   | Цементно-пісочна стяжка                | 0,05 | 0,93 | 8,7 | 12 | 2,382 | 2,2  | 0,42  |
|         | Мінеральна вата зі шпательного волокна | 0,1  | 0,05 |     |    |       |      |       |
|         | Залізобетонні плити                    | 0,22 | 1,69 |     |    |       |      |       |
| Вікна   | Металоплстикові з подвійним склінням   | —    | —    | —   | —  | 0,407 | 0,45 | 2,457 |
| Двері   | Металеві                               | —    | —    | —   | —  | 0,46  | 0,6  | 2,17  |
| Підлога | Залізобетон                            | 0,22 | 2,04 | 8,7 | 12 | 0,744 | 2,4  | 1,344 |
|         | Цементно-пісочна стяжка                | 0,05 | 0,93 |     |    |       |      |       |
|         | Гравій керамзитовий                    | 0,05 | 0,13 |     |    |       |      |       |

В таблиці 3.3 представимо порівняння термічних опорів з нормативними.

Таблиця 3.3 – Порівняльні дані термічних опорів об'єкту

| Огорожа | $R_{\text{існ.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | $R_{\text{норм.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | Різниця   |
|---------|--|---|-----------|
| Стіни   | 0,693  | 2,2   | >3,17 раз |
| Вікна   | 0,407  | 0,45  | >1,1 раз  |
| Стеля   | 2,382  | 2,2   | <1,1 раз  |
| Підлога | 0,744  | 2,4   | >3,23 раз |
| Двері   | 0,46   | 0,6   | >1,3 раз  |

### 3.3.2 Розрахунок максимальних теплових втрат

Втрати теплоти через огорожувальні конструкції будівлі визначаються за формулою:

$$Q_{OK} = \sum (F \cdot K \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n); \quad (3.3)$$

де  $F$  – площа огорожувальних конструкцій,  $m^2$ ;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $Вт/(m^2K)$ ;

$t_{вн}$  – температура всередині приміщення;

$t_{p.o.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки,  $t_{p.o.} = -23^\circ C$  для м. Чернігів [3];

$\sum \beta$  – сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [4];

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [9].

Коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників. Зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях – 5%. На вітер – 5%, розташування на північ, схід – 10%, на захід – 5%.

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря  $t_{вн} = 18^\circ C$ , розрахунок температури зовнішнього повітря  $t_{p.o.} = -23^\circ C$ . Опалювальний період триває 187 діб.

Усі розрахунки теплових витрат приведені у таблиці 3.4 на наступній сторінці.

Таблиця 3.4 – Теплові втрати

| Найменування | Огорожа | Орієнтація огорожі | Умовні позначення | Розміри огорожі   | Кількість | Площа огорожі | Коефіцієнт теплопередачі, Ко | n   | 1+Σ β | Тепловтрати, Qогр |
|--------------|---------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|------------------------------|-----|-------|-------------------|
|              |         |                    |                   | м                 | шт        | м²            | Вт/(м²*К)                    |     |       | Вт                |
| 1            | 2       | 3                  | 4                 | 5                 | 6         | 7             | 8                            | 9   | 10    | 11                |
| Стіни        | С       | ПдСх               | ФСпдсх            | ФСф-ФВпдсх        | -         | 468,64        | 1,443                        | 1   | 1,05  | 29112,5           |
|              |         | ПнСх               | ФСпнсх            | ФСф-ФВпнсх-ФДпнсх |           | 153,6         |                              |     | 1,1   | 9996,18           |
|              |         | ПдЗх               | ФСпдЗх            | ФСф-ФВпдЗх-ФДпдЗх |           | 153,82        |                              |     | 1,0   | 9100,45           |
|              |         | ПнЗх               | ФСпнЗх            | ФСф-ФВпнЗх-ФДпнЗх |           | 468,9         |                              |     | 1,1   | 30515,7           |
| Вікна        | ВКМП    | ПнЗх               | ФВМПпнЗх          | 1,6x1,2           | 96        | 184,32        | 2,457                        |     | 1,1   | 20424,6           |
|              | ВКМП    | ПдСх               | ФВМПпдсх          | 1,6 x1,2          | 72        | 138,24        | 2,457                        |     | 1,05  | 14622,2           |
| Двері        | ДМ      | ПдСх               | ФДМПпсх           | 2,1x0,8           | 2         | 3,36          | 2,17                         |     | 1,05  | 313,89            |
| Дах          | Д       | -                  | ФД                | 44,48x26,88       | -         | 1195,62       | 0,42                         |     | -     | 20588,6           |
| Підлога      | П       | -                  | ФП                | 44,48x26,88       | -         | 1195,62       | 1,344                        | 0,4 | -     | 26353,4           |

Втрати теплоти через огорожувальні конструкції будівлі за формулою (3.3):

$$Q_{OK} = 29112,5 + 9996,18 + 9100,45 + 30515,7 + 20424,6 + 14622,2 + 313,89 + 20588,6 + 26353,4 = 161027,4 \text{ (Вт)} = 0,161 \text{ (МВт)}$$

Втрати теплоти на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення через відкриті вікна взимку, підраховується за формулою:

$$Q_{BB} = 0,337 \cdot V_v \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) \cdot 0,7; \quad (3.4)$$

де  $V_v$  – вентиляційний об'єм.

|       |       |           |        |      |                      |  |  |  |  |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|--|--|--|--|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ |  |  |  |  | Арк. |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |  |  |  |  | 63   |



Підставивши у формулу (3.4) значення, маємо:

$$Q_B = 0,337 \cdot 2784 \cdot (18 + 23) \cdot 0,7 = 26926,58 \text{ (Вт)}$$

Зобразимо тепловтрати в огорожувальних конструкціях на рисунку 3.9. Як ми можемо побачити на рисунку, найбільші тепловтрати складають стіни, а найменші втрати знаходяться в дверях.

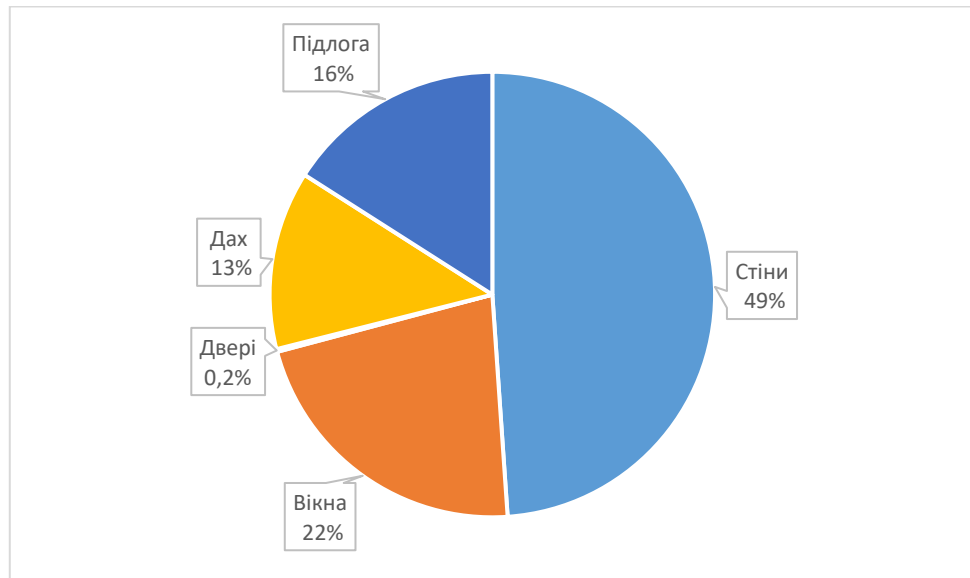


Рисунок 3.9 – Тепловтрати в огорожувальних конструкціях

### 3.3.3 Теплова потужність

Знайдемо теплові надходження від людей, електроустаткування та приладів, від освітлювальних приладів, від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів, від сонячної радіації крізь скління, від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі за формулою [10]:

$$Q_{НАД} = Q_{Л} + Q_{ЕЛ} + Q_{ОСВ} + Q_{ТО} + Q_{СЛ} + Q_{П}; \quad (3.5)$$

Теплонадходження від людей – це теплота, яка поступає в приміщення у вигляді явної і прихованої теплоти. Для встановлення розрахункового теплового навантаження системи опалення враховується тільки явна теплота, оскільки лише вона підвищує температуру приміщення. Кількість явних тепловиділень, що припадає на одну людину, залежить від характеру виконуваної роботи і від метеорологічних параметрів навколишнього повітря.

Надходження теплоти від людей визначається за формулою, Вт:

$$Q_L = n \cdot q_Y; \quad (3.6)$$

де  $q_Y$  – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною (таблиця 3,5) [10], Вт/люд.;

$n$  – кількість людей, які одночасно знаходяться в приміщенні.

Жінки виділяють 85% теплоти та вологи. Тоді, за формулою (3.6):

$$Q_L = 40 \cdot 108,2 + 24 \cdot 108,2 \cdot 0,85 = 6535,28 \text{ (Вт)}$$

Таблиця 3.5 – Теплота (явна, прихована, повна) та волога, які виділяються дорослою людиною [10]

| Показники         | Температура повітря в приміщенні, °C |     |     |     |     |     |
|-------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                   | 10                                   | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  |
| В стані спокою    |                                      |     |     |     |     |     |
| Теплота:          |                                      |     |     |     |     |     |
| явна              | 140                                  | 116 | 87  | 58  | 41  | 12  |
| прихована         | 23                                   | 29  | 29  | 35  | 52  | 81  |
| повна             | 163                                  | 145 | 116 | 93  | 93  | 93  |
| Волога            | 30                                   | 40  | 40  | 50  | 75  | 115 |
| При легкій роботі |                                      |     |     |     |     |     |
| Теплота:          |                                      |     |     |     |     |     |
| явна              | 151                                  | 122 | 99  | 64  | 41  | 6   |
| прихована         | 29                                   | 35  | 52  | 81  | 104 | 139 |
| повна             | 180                                  | 157 | 151 | 145 | 145 | 145 |
| Волога            | 40                                   | 55  | 75  | 115 | 150 | 200 |

Теплонадходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою згідно [10], Вт:

$$Q_{OCB} = N_{OCB} \cdot k_{OCB} \cdot k_{B,OCB}; \quad (3.7)$$

де  $N_{OCB}$  – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт;

$k_{OCB}$  – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{B,OCB}$  – коефіцієнт використання світильників.

В адмін корпусі встановлено 94 люмінесцентних світильників потужністю потужністю 2х36 Вт, теплові надходження від яких становлять за формулою (3.7):

$$Q_{OCB} = 6768 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 3045,6 \text{ (Вт)}$$

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорожень (вікна, ліхтарі), а також крізь зовнішні стіни і плоскі покрівлі. Теплонадходження від сонячної радіації крізь стіни незначні і їх можна не враховувати.

Кількість теплоти, внесеної до приміщення сонячною радіацією, залежить від географічної широти місця будівництва, пори року, орієнтації огорож за сторонами світу, матеріалів зовнішньої огорожі та ін.

Теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду визначаються за формулою:

$$Q_C = \xi_B \cdot \varepsilon_B \cdot (F_{Пн} \cdot I_{Пн} + F_C \cdot I_C + F_{Пд} \cdot I_{Пд} + F_3 \cdot I_3) + \xi_B \cdot \varepsilon_B \cdot F_{Пдд} \cdot I_{Пдд}; \quad (3.8)$$

де  $\xi_B$  – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон непрозорими елементами заповнення;

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_3$  – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що поступає на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку;

$\varepsilon_B$  – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації відповідно для світлопропускаючих заповнень вікон, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до горизонту 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна;

$F_{Пн}, F_C, F_{Пд}, F_3$  – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м<sup>2</sup>;

Для того щоб визначити потужність теплонадходжень від сонячного випромінювання, розділимо отриману енергію на тривалість опалювального періоду (4536 год). Тоді теплонадходження від сонячної радіації для адміністративного корпусу становитимуть за формулою (3.8):

$$Q_c = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (184,32 \cdot 93 + 138,24 \cdot 176,8) \cdot 10^3 / 4536 = 4469,03 \text{ (Вт)}$$

Таблиця 3.6 – Середня величина сонячної радіації, кВт·год /м² згідно [10]

| Характеристика<br>скляної<br>поверхні |  | Орієнтація поверхні                    |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |    |    |    |
|---------------------------------------|--|--|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----------------------------------|----|----|----|
|                                       |  | Південь                                |     |     |     | Південний схід<br>Південний захід |     |     |     | Схід<br>Захід |     |     |     | Північний схід<br>Північний захід |    |    |    |
|                                       |  | Градуси географічної широти            |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |    |    |    |
|                                       |  | 35                                     | 45  | 55  | 65  | 35                                | 45  | 55  | 65  | 35            | 45  | 55  | 65  | 35                                | 45 | 55 | 65 |
|                                       |  |  |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |    |    |    |
|                                       |  | Вікна з подвійним склінням (дві рами): |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |    |    |    |
| з дерев'яними рамами                  |  | 128                                    | 145 | 145 | 169 | 99                                | 128 | 145 | 169 | 145           | 145 | 170 | 170 | 76                                | 76 | 76 | 70 |
| з металевими рамами                   |  | 163                                    | 186 | 186 | 210 | 128                               | 163 | 186 | 210 | 186           | 186 | 210 | 210 | 93                                | 93 | 93 | 93 |

Теплонадходження від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі визначають за формулою згідно [10]:

$$Q_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot q_{\Pi} \cdot \frac{1}{R_{\Pi}^{\text{пот}}} ; \quad (3.9)$$

де  $F_{\Pi}$  – площа покрівлі, м²;

$q_{\Pi}$  – середня величина сонячної радіації на 1 м² покрівлі, Вт/м² (таблиця 3.7) [10];

$R_{\Pi}^{\text{пот}}$  – безрозмірний коефіцієнт, чисельно рівний опору теплопередачі покриття.

Місто Чернігів знаходиться на 51,3 географічній широті.

Таблиця 3.7 – Кількість сонячної радіації, Вт/м<sup>2</sup> згідно [10]

| Характеристика покриття | Градуси географічної широти | q <sub>П</sub> |
|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| Плоске (без горища)     | 35                          | 23             |
|                         | 45                          | 21             |
|                         | 55                          | 17,5           |
|                         | 65                          | 13             |
| З горищем               | Для усіх широт              | 5,8            |

Теплонадходження від сонячної радіації за формулою (3.9):

$$Q_{\Pi} = 1195,62 \cdot 18,795 \cdot \frac{1}{0,42} = 53504 \text{ (Вт)}$$

Тоді сумарні теплові надходження на адміністративного корпусу за формулою (3.5) становитимуть:

$$Q_{\text{НАД}} = 6535,28 + 3045,6 + 4469,03 + 53504 = 67553,91 \text{ (Вт)}$$

Формула розрахункової теплової потужності:

$$Q = Q_{\text{ОК}} + Q_{\text{ВВ}} - Q_{\text{НАД}}; \quad (3.10)$$

де  $Q_{\text{ОК}}$  та  $Q_{\text{ВВ}}$  – максимальні втрати теплоти за опалювальний період, кВт;

$Q_{\text{НАД}}$  – сумарні теплові надходження, кВт.

Розрахункова тепла потужність об'єкту становить за формулою (3.10):

$$Q = 161027,4 + 26926,58 - 67553,91 = 120,4 \text{ (кВт)}$$

Отже, можна зробити висновок, що теплової потужності газових котлів вистачає на опалювання адміністративного корпусу взимку.

### 3.4 Баланс споживання природного газу на об'єкті

Баланс споживання природного газу складений на основі інформації про кількість обладнання, встановлену потужність та режим роботи обладнання, наданої підприємством. Баланс газоспоживання (рисунок 3.10) складався на підставі даних споживання газу за базовий період споживання (2020 рік). Розрахунок наведено у «Додаток А. Таблиця А2 – Розрахунок балансу споживання газу».

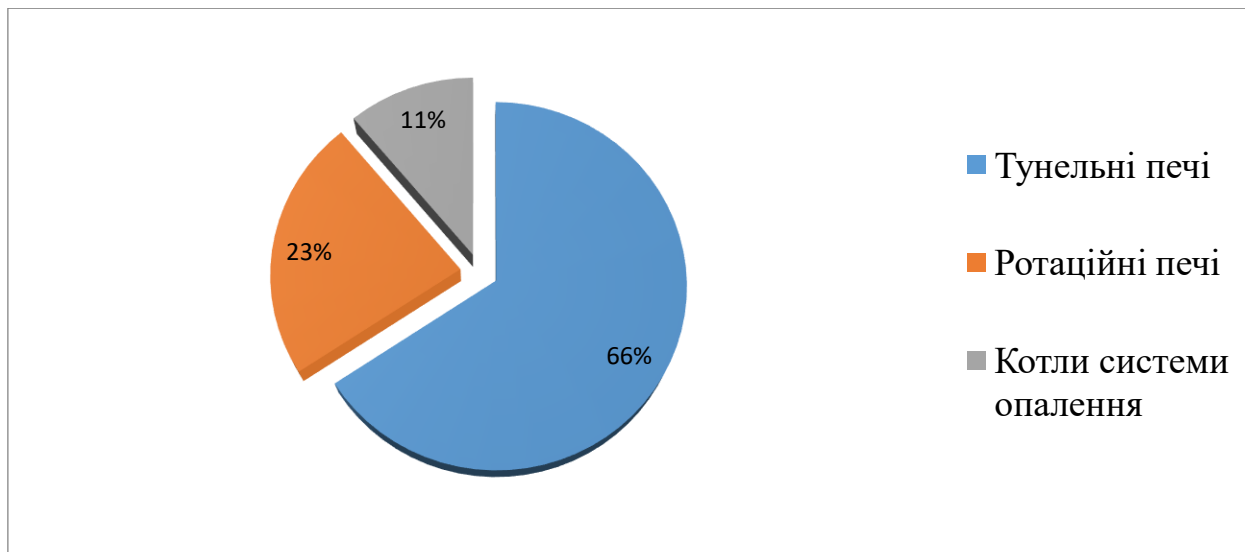


Рисунок 3.10 – Баланс газоспоживання підприємством у 2020 році, %

В таблиці таблиці 3.8 наведений баланс газоспоживання за типом обладнання.

Таблиця 3.8 – Споживання природного газу за типом обладнання

| Тип обладнання         | Споживання,<br>кВт·год/рік | Споживання, % |
|------------------------|----------------------------|---------------|
| Печі тунельні          | 9 019 961                  | 66%           |
| Печі ротаційні         | 3 174 071                  | 23%           |
| Котли системи опалення | 1 530 086                  | 11%           |

Аналізуючи наведений баланс можна зробити висновок, що суттєві споживачами природного газу є:

- технологічне обладнання (газові тунельні та ротаційні печі) (89%);
- котли системи опалення (11%).

### 3.5 Заходи з енергоефективності

#### 3.5.1 Утеплення зовнішніх стін

Середній коефіцієнт теплопередачі стін  $k_{cm} = 1,443 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі  $k_H = 0,303 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ . Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено з додатків [10].

Утеплення зовнішніх стін дозволить зменшити понаднормові втрати тепла через стіну. Будемо утепляти усі зовнішні стіни, загальна площа стін складає 1244,74 м<sup>2</sup>. Пропонується утеплювати стіни кам'яною ватою з теплопровідністю  $\lambda = 0,046 \frac{Вт}{м \cdot К}$ , товщиною 150 мм [11]. На рисунку 3.11 показано вигляд кам'яної вати.



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд кам'яної вати

До переваг кам'яної вати можна віднести: високу теплоізоляційну здатність, гарне паропроникання, біостійкість, екологічність, довговічність, простота монтажу.

Інвестиції цього заходу складатимуть:

Матеріали теплоізоляції – 1 646 792.

Інше обладнання (клей, тарілчасті дюбелі) – 400 000 грн.

Проектування – 85 000 грн.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 70   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Монтаж – 1 250 000 грн.

Інспектування та випробування 50 000 грн.

Виконавча документація – 65 500 грн.

Загальні капіталовкладення  $K = 3\,497\,292$  грн.

Термін служби – 20 років.

Розрахуємо термічний опір для утепленої стіни за формулою (3.1):

$$R_{cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,79} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,15}{0,046} + \frac{1}{23} = 3,95 \left( \frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k = \frac{1}{3,95} = 0,25 \left( \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right)$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.3) для всіх сторін адміністративного корпусу.

$$Q_{\text{ПоСх}} = 468,64 \cdot (18 + 23) \cdot 1,05 \cdot 0,25 = 5043,738 \text{ (Bm)}$$

$$Q_{\text{ПнСх}} = 153,6 \cdot (18 + 23) \cdot 1,1 \cdot 0,25 = 1731,84 \text{ (Bm)}$$

$$Q_{\text{ПоЗх}} = 153,82 \cdot (18 + 23) \cdot 1 \cdot 0,25 = 1576,655 \text{ (Bm)}$$

$$Q_{\text{ПнЗх}} = 468,9 \cdot (18 + 23) \cdot 1,1 \cdot 0,25 = 5286,848 \text{ (Bm)}$$

Сумарні тепловтрати через стіни після утеплення:

$$\sum Q_{\text{утепл}} = 13639,08 \text{ (Bm)}$$

Сумарні тепловтрати через стіни до утеплення:

$$\sum Q = 78724,8 \text{ (Bm)}.$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою:

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(Q - Q_y) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} \quad (3.11)$$

Підставимо значення у формулу (3.11):

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(78724,8 - 13639,08) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 251,165 \left( \frac{Гкал}{рік} \right)$$

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 71   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |



Економія в грошовому еквіваленті знаходиться за формулою:

$$E = Q_{ек} \cdot c_{Гкал} \cdot 10^{-3} \quad (3.12)$$

Підставимо значення у формулу 3.12:

$$E = 251,156 \cdot 1616,48 = 405990 \text{ (грн/рік)}$$

Підставимо значення у формулу (2.25) і знайдемо термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{3497292}{405990} = 8,6 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Економічні показники реалізації заходу з утеплення стін

| Витрати по проекту            |           |          |
|-------------------------------|-----------|----------|
| Інвестиції (складові витрат)  |           |          |
| Розроблення проекту           | 85 000    | грн      |
| Матеріали теплоізоляції       | 1 646 792 | грн      |
| Монтаж                        | 1 250 000 | грн      |
| Інспектування та випробування | 50 000    | грн      |
| Виконавча документація        | 65 500    | грн      |
| Іше обладнання                | 400 000   | грн      |
| Разом                         | 3 497 292 | грн      |
| Інші витрати                  |           |          |
| Експлуатаційні витрати        | 0         | грн./рік |
| Економія                      |           |          |
| Річна економія енергії        | 251       | Гкал/рік |
| Річна грошова економія        | 405 990   | грн/рік  |
| Термін експлуатації           | 20        | Років    |
| Простий термін окупності      | 8,6       | Років    |

### 3.5.2 Утеплення даху

Середній коефіцієнт теплопередачі даху  $k_{cm} = 0,42 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі  $k_H = 0,2 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ . Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено з додатків [10].

Пропонується замінити існуючу теплоізоляцію даху будівлі, оскільки із часом теплоізоляція була пошкоджена і перестала виконувати свої функції. Пропоную використовувати в якості утеплювача кам'яну вату з теплопровідністю  $\lambda = 0,046 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ , товщиною 200 мм [12]. Площа даху, яку потрібно утеплити складає 1196 м<sup>2</sup>. На рисунку 3.12 показано приклад шарів утеплення даху.

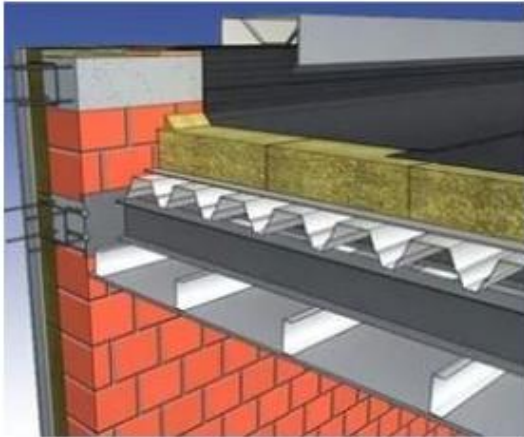


Рисунок 3.12 – Шари утеплення даху

Інвестиції цього заходу складатимуть:

Матеріали теплоізоляції – 390 000 грн.

Інше обладнання – 4 000 грн.

Проектування – 5 500 грн.

Монтаж – 55 000 грн.

Інспектування та випробування – 4 500 грн.

Виконавча документація – 2 250 грн.

Загальні капіталовкладення  $K = 461\,250$  грн.

Термін служби – 20 років.

Термічний опір даху після заміни утеплювача складає:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_8} + \frac{\delta_{з/б}}{\lambda_{з/б}} + \frac{\delta_{кам.вата}}{\lambda_{кам.вата}} + \frac{\delta_{стяжка}}{\lambda_{стяжка}} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,2}{0,046} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{12} = 4,9 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_{стелі} = \frac{1}{4,9} = 0,2 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.3):

$$Q_o = 1195,62 \cdot (18 + 23) \cdot 0,2 = 9804,08 \text{ (Вт)}$$

Сумарні тепловтрати через дах до утеплення:

$$\sum Q = 20588,6 \text{ (Вт)}$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.11):

$$Q_{ек} = \frac{(20588,6 - 9804,08) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 41,62 \left( \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}} \right)$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.12):

$$E = 41,62 \cdot 1616,48 = 67245,47 \text{ (грн / рік)}$$

Підставимо значення у формулу (2.25) і знайдемо термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{461250}{67245,47} = 6,86 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Економічні показники реалізації заходу з утеплення даху

| Витрати по проекту            |         |          |
|-------------------------------|---------|----------|
| Інвестиції (складові витрат)  |         |          |
| Розроблення проекту           | 5 500   | грн      |
| Матеріали теплоізоляції       | 390 000 | грн      |
| Монтаж                        | 55 000  | грн      |
| Інспектування та випробування | 4 500   | грн      |
| Виконавча документація        | 22 500  | грн      |
| Іше обладнання                | 4 000   | грн      |
| Разом                         | 461 250 | грн      |
| Інші витрати                  |         |          |
| Експлуатаційні витрати        | 0       | грн./рік |
| Економія                      |         |          |
| Річна економія енергії        | 41,62   | Гкал/рік |
| Річна грошова економія        | 67245   | грн/рік  |
| Термін експлуатації           | 20      | Років    |
| Простий термін окупності      | 6,86    | Років    |

### 3.5.3 Заміна вікон

Обстеживши віконні конструкції адміністративної будівлі, було виявлено, що вони займають площу 322,56 м<sup>2</sup>. Також було виявлено, що вікна із північно-західної сторони будівлі пошкоджені, наявна розгерметизація, через що великі тепловтрати, їх площа становить 184,32 м<sup>2</sup>. Вікна південно-східної частини будівлі в задовільному стані, оскільки вони були встановлені пізніше.

Середній коефіцієнт теплопередачі вікон  $k_e = 2,457 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі  $k_H = 1,33 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ . Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено з додатків [10].

Пропонується замінити старі металопластикові вікна, які мають пошкодження на нові з подвійним склопакетом та з термічним опором  $R_g = 0,74 \left( \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \right)$  [13]. Це дасть змогу зменшити теплові втрати та покращити умови в середині приміщень. На рисунку 3.13 показано вигляд двокамерного склопакету.

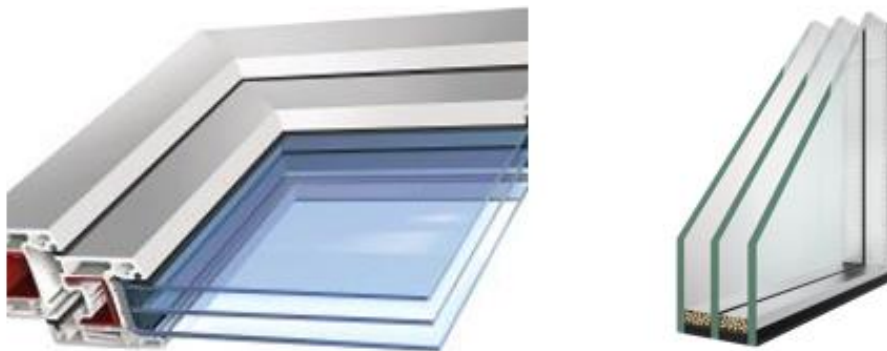


Рисунок 3.13 – Вигляд двокамерного склопакету

Інвестиції цього заходу складатимуть:

Вікна (96 штук) – 393 600 грн.

Інше обладнання – 5 000 грн.

Проектування – 7 000 грн.

Монтаж – 45 000 грн.

Інспектування та випробування 5 000 грн.

Виконавча документація – 2 000 грн.

Загальні капіталовкладення  $K = 457\,600$  грн.

Термін служби – 20 років.

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.2):

$$k_s = \frac{1}{0,74} = 1,35 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.3):

$$Q_o = 184,32 \cdot (18 + 23) \cdot 1,35 \cdot 1,1 = 11222,3 \text{ (Вт)}$$

Сумарні тепловтрати через вікна до утеплення:

$$\sum Q = 20424,6 \text{ (Вт)}$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.11):

$$Q_{ек} = \frac{(20424,6 - 11222,3) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 35,51 \left( \frac{Гкал}{рік} \right)$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.12):

$$E = 35,51 \cdot 1616,48 = 57401 \text{ (грн / рік)}$$

Підставимо значення у формулу (2.25) і знайдемо термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{457600}{57401} = 7,9 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 3.11.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 76   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Таблиця 3.11 – Економічні показники реалізації заходу із заміни вікон

| Витрати по проекту            |         |          |
|-------------------------------|---------|----------|
| Інвестиції (складові витрат)  |         |          |
| Розроблення проекту           | 7 000   | грн      |
| Вікна                         | 393 600 | грн      |
| Монтаж                        | 45 000  | грн      |
| Інспектування та випробування | 5 000   | грн      |
| Виконавча документація        | 2 000   | грн      |
| Іше обладнання                | 5 000   | грн      |
| Разом                         | 457 600 | грн      |
| Інші витрати                  |         |          |
| Експлуатаційні витрати        | 0       | грн./рік |
| Економія                      |         |          |
| Річна економія енергії        | 35,51   | Гкал/рік |
| Річна грошова економія        | 57 401  | грн/рік  |
| Термін експлуатації           | 20      | Років    |
| Простий термін окупності      | 7,9     | Років    |

### 3.5.4 Проєк відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів

За результатами візуального обстеження теплоізоляції трубопроводів в рамках котельні було виявлено, що вона пошкоджена на 15-20%. Також відмічено, що запірна арматура не теплоізольована. На рисунку 3.14 показано стан теплової ізоляції трубопроводу.



Рисунок 3.14 – Фотографія стану теплоізоляції трубопроводів

Цей захід дозволить зменшити тепловтрати при транспортуванні теплоносія. Теплоізоляційні кожухи для запірної арматури дозволять забезпечити доступ до обладнання та знизити теплові втрати при транспортуванні теплоносія.

Величина теплових втрат з ділянки трубопроводу за одну годину визначається за формулою:

$$Q = l \cdot q; \quad (3.13)$$

де  $l$  – довжина ділянки, м;

$q$  – теплові втрати з одного метра труби за одну годину, Вт/м.

Теплові втрати з одного метра труби знаходяться за формулою:

$$q = k \cdot 3,14 \cdot (t_g - t_c); \quad (3.14)$$

$t_g$  – температура води в трубопроводі, °С;

$t_c$  – температура середовища навколишнього трубопроводу, °С;

$k$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/м·°С;

Лінійний коефіцієнт теплопередачі знаходиться за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_m} \cdot \ln\left(\frac{d_{um}}{d_{gm}}\right) + \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln\left(\frac{d_{ni}}{d_{gi}}\right) + \frac{1}{\alpha_n \cdot d_{ni}}}; \quad (3.15)$$

$\lambda_m$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби, Вт/м²·°С;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, Вт/м²·°С;

$d_{BT}, d_{HT}$  – внутрішній і зовнішній діаметри труби відповідно, м;

$d_{Bi}, d_{Hi}$  – внутрішній і зовнішній діаметри ізоляції відповідно, м;

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні теплової ізоляції, Вт/м²·°С, приймається за [14].

$$\alpha_n = 11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}.$$

$$d_{BT} = 52 \text{ мм}.$$

$$d_{Bi} = 58 \text{ мм}.$$

$$d_{HT} = 57 \text{ мм}.$$

$$d_{Hi} = 98 \text{ мм}.$$



Коефіцієнт теплопровідності матеріалу труб:  $\lambda_T = 86 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ .

Середня температура води в трубопроводі  $t_B = 55 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Температура навколишнього середовища трубопроводу  $t_C = 20 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Загальна довжина неутепленого трубопроводу становить  $L = 12,5 \text{ м}$ .

В якості теплоізоляції розглядалися матеріали: мінвата, мерілон і базальтова шкарлупа, вигляд цих матеріалів показано на рисунку 3.15.

Так як теплопровідність у всіх цих теплоізолюючих матеріалів близька за своїм значенням, визначальними критеріями для вибору були вартість, зручність монтажу і довговічність. Найбільш оптимальним матеріалом для теплоізоляції труб був прийнятий мерілон з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_i = 0,038 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$  [15]. На рисунку 3.16 показано приклад монтажу мерілону.



Рисунок 3.15 – Мерілон, базальтова шкарлупа та мінвата



Рисунок 3.16 – Приклади монтажу обраного матеріалу



Лінійний коефіцієнт теплопередачі без утеплювача знаходимо за формулою (3.15):

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 86} \cdot \ln\left(\frac{57}{52}\right) + \frac{1}{11 \cdot 57}} = 134 \left(\frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}\right)$$

Лінійний коефіцієнт теплопередачі з утеплювачем:

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 86} \cdot \ln\left(\frac{57}{52}\right) + \frac{1}{2 \cdot 0,043} \cdot \ln\left(\frac{98}{58}\right) + \frac{1}{11 \cdot 98}} = 0,152 \left(\frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}\right)$$

Теплові втрати з одного метра труби за одну годину знаходимо за формулою (3.14):

$$q_1 = 134 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 12,5 = 184082 \text{ (Bm)}$$

$$q_2 = 0,152 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 12,5 = 208,8 \text{ (Bm)}$$

Економія теплової енергії за годину від відновлення теплоізоляції складе:

$$Q = 184082 - 208,8 = 183873 \text{ (Bm)}$$

Економія газу за годину складе:

$$V = 184 \cdot 860 / 8000 = 19,8 \text{ (м}^3 \text{ / год)}$$

Економія газу в рік:

$$V_{\text{рік}} = 19,8 \cdot 3960 = 78408 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}$$

Кількість енергії, еквівалентне даній витраті газу становить:

$$Q_{\text{рік}} = V_{\text{рік}} \cdot 8000 / 860 = 78408 \cdot 8000 / 860 = 729377 \text{ (кВт} \cdot \text{год / рік)}$$

Трубопровід в рамках котельні обладнаний неізолюваною запірно-регулюючої арматурою в кількості 4 шт. Середній умовний діаметр арматури  $D_y = 50 \text{ мм}$ .

Для усунення тепловтрат через запірно-регулюючу арматуру пропонується встановити термочохли. На рисунку 3.17 показано приклад термочохла запірної арматури.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 80   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |



Рисунок 3.17 – Термочохли запірної арматури

В таблиці 3.12 показано значення еквівалентної довжини запірно-регулюючої арматури.

Таблиця 3.12 – Значення еквівалентної довжини запірно-регулювальної арматури згідно [16]

| Запірно-регулювальна арматура, у тому числі фланці | Еквівалентна довжина, м<br>(діаметр $d \leq 100$ мм) | Еквівалентна довжина, м<br>(діаметр $d > 100$ мм) |
|--|--|---|
| Неізовльована                                      | 4,0  | 6,0   |
| Ізовльована  | 1,5  | 2,5   |

Еквівалентна довжина всієї запірно-регулюючої арматури в рамках котельні:

$$L_m = n \cdot L_e = 4 \cdot 4 = 16 \text{ (м)}$$

Тепловтрати з запірно-регулюючої арматури складуть:

$$q_{1,1} = (q_1 / L) \cdot L_m = (184082 / 12,5) \cdot 16 = 235625 \text{ (Вт)}$$

$$q_{1,2} = (q_2 / L) \cdot L_m = (208,8 / 12,5) \cdot 16 = 267,3 \text{ (Вт)}$$

Економія теплової енергії за годину від відновлення теплоізоляції на запірно-регулюючої арматури складе:

$$Q_1 = 235625 - 267,3 = 235358 \text{ (Вт)}$$

Економія газу за годину складе:

$$V = 235 \cdot 860 / 8000 = 25,3 \text{ (м}^3 \text{ / год)}$$

Економія газу в рік:

$$V_{\text{рік}} = 25,3 \cdot 3960 = 100188 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}$$

Кількість енергії, еквівалентне даній витраті газу становить:

$$Q_{\text{рік}} = V_{\text{рік}} \cdot 8000 / 860 = 100188 \cdot 8000 / 860 = 932981 \text{ (кВт} \cdot \text{год / рік)}$$

Отже, сумарна річна економія енергії, після впровадження заходів:

$$Q_{\text{сум.рік}} = 729377 + 932981 = 1662358 \text{ (кВт} \cdot \text{год / рік)}$$

При тарифі на природний газ 6,484 грн/м<sup>3</sup> (перерахований тариф 0,7 грн/кВт·год) річна економія витрат складатиме:

$$E = 1662358 \cdot 0,7 = 1163650 \text{ (грн)}$$

Всі економічні показники реалізації заходу зведемо в таблицю 3.13.

Таблиця 3.13 – Економічні показники реалізації заходу з відновлення теплоізоляції трубопроводів

| Витрати по проекту            |               |             |
|-------------------------------|---------------|-------------|
| Інвестиції (складові витрат)  |               |             |
| Розроблення проекту           | 12 000        | грн         |
| Матеріали теплоізоляції       | 120 000       | грн         |
| Монтаж                        | 54 000        | грн         |
| Інспектування та випробування | -             | грн         |
| Виконавча документація        | -             | грн         |
| Разом                         | 186 000       | грн         |
| Інші витрати                  |               |             |
| Експлуатаційні витрати        | 0             | грн./рік    |
| Економія                      |               |             |
| Вид енергії                   | Природний газ |             |
| Річна економія енергії        | 1 662 358     | кВт·год/рік |
| Річна грошова економія        | 1 163 650     | грн/рік     |
| Термін експлуатації           | 10            | Років       |
| Простий термін окупності      | 0,16          | Років       |

Розрахуємо грошовий потік та капітальні витрати заходу з відновлення теплоізоляції трубопроводів за допомогою *Microsoft Excel* і результати занесемо до таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Економічні показники заходу з відновлення теплоізоляції трубопроводів

| Час життя проекту | Капітальні витрати, грн | Щорічні експлуатаційні витрати, грн | Економія, грн/рік | Грошовий потік(Cash flow), грн | Грошовий потік КУСУМ(Кумулятивний), грн |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------|---|
| 0                 | 186000                  | 0                                   | 0                 | -186000                        | -186000                                 |
| 1                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 977650                                  |
| 2                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 2141300                                 |
| 3                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 3304950                                 |
| 4                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 4468600                                 |
| 5                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 5632250                                 |
| 6                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 6795900                                 |
| 7                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 7959550                                 |
| 8                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 9123200                                 |
| 9                 | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 10286850                                |
| 10                | 0                       | 0                                   | 1163650           | 1163650                        | 11450500                                |

Проаналізувавши таблицю 3.14, можна зробити висновок, що захід став прибутковим менше чим за рік.

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{186000 \cdot 12}{1163650} = 1,92 \text{ (місяці) або } 0,16 \text{ (років)}$$

Аналогічний розрахунок проведемо з урахуванням ставки дисконту (ставка дисконту становить 6,5%), за допомогою *Microsoft Excel*. Також розрахуємо дисконтований грошовий потік та дисконтований грошовий потік КУСУМ результати занесемо до таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Результати розрахунку грошового потоку за заходом з відновлення теплоізоляції трубопроводів

| Грошовий потік(Cash flow), грн | Грошовий потік КУСУМ(Кумулятивний), грн | Коеф дисконту, 6,5% | Дисконтований грошовий потік | Дисконтований грошовий потік КУСУМ |
|--------------------------------|---|---------------------|------------------------------|------------------------------------|
| -186000                        | -186000                                 | 1                   | -186000                      | -186000                            |
| 1163650                        | 977650                                  | 0,939               | 1092629,108                  | 906629,108                         |
| 1163650                        | 2141300                                 | 0,882               | 1025942,824                  | 1932571,932                        |
| 1163650                        | 3304950                                 | 0,828               | 963326,596                   | 2895898,528                        |
| 1163650                        | 4468600                                 | 0,777               | 904532,015                   | 3800430,543                        |
| 1163650                        | 5632250                                 | 0,730               | 849325,835                   | 4649756,378                        |
| 1163650                        | 6795900                                 | 0,685               | 797489,047                   | 5447245,426                        |
| 1163650                        | 7959550                                 | 0,644               | 748816,007                   | 6196061,432                        |
| 1163650                        | 9123200                                 | 0,604               | 703113,621                   | 6899175,054                        |
| 1163650                        | 10286850                                | 0,567               | 660200,584                   | 7559375,637                        |
| 1163650                        | 11450500                                | 0,533               | 619906,651                   | 8179282,289                        |

Із таблиці 3.15, ми можемо побачити, що проєкт став прибутковим менше чим за рік.

Розраховуємо дисконтований термін окупності:

$$T_{\text{ок.диск}} = \frac{186000 \cdot 12}{1092629,108} = 2,03 \text{ (місяці) або (0,17 років)}$$

Розрахуємо чисту приведену вартість (збиток або прибуток після реалізації заходу з урахуванням знецінення грошей у часті).

Чисту приведену вартість розраховуємо як суму дисконтованого грошово потоку із 0 по 10 рік життя проєкту:

$$NPV = -186000 + 1092629,108 \dots + 619906,651 = 8179282,289 \text{ (грн)}$$

Знайдемо внутрішню норму рентабельності за формулою:

$$IRR = A + \frac{a \cdot (B - A)}{(a - b)}; \quad (3.16)$$

де  $A$  – величина ставки дисконту, при якій NPV позитивна;

$B$  – величина ставки дисконту, при якій NPV негативна;

$a$  – величина позитивної NPV, при величині ставки дисконту

$A$ ;  $b$  – величина NPV, при величині ставки дисконту  $B$ .

Підставляємо значення у формулу (3.16) і розраховуємо внутрішню норму рентабельності:

$$IRR = 6,5 + \frac{8179282,289 \cdot (626 - 6,5)}{(8179282,289 - (-113,419))} = 625,991 \%$$

Внутрішня норма рентабельності складає 625,991 % – це означає, що вкладені гроші повернуться, з урахуванням знецінення грошей в часі.

Результати фінансового аналізу зведемо в таблицю 3.16.

Таблиця 3.16 – Результати фінансового аналізу заходу з відновлення теплоізоляції трубопроводів

|  |            |
|--|------------|
| Ставка дисконтування, %                      | 6,5%       |
| Капітальні витрати, грн                      | 186000     |
| Експлуатаційні витрати, грн                  | 0          |
| Економія, грн                                | 1163650    |
| NPV (чиста приведена вартість), грн          | 5043543,52 |
| IRR (внутрішня норма прибутку), %            | 626%       |
| PBP (простий термін окупності), років        | 0,16       |
| DPBP (дисконтований термін окупності), років | 0,19       |

### 3.5.5 Відновлення теплоізоляції печей

В результаті обстеження тунельних прохідних та ротаційних печей був виявлений прогар футерування у тунельних прохідних печах та у ротаційних печах (окрім печей MIWE Roll). В результаті прогару футерування істотно збільшилися тепловтрати через обшивку печей, що призвело до збільшення енергоспоживання для підтримки заданої температури.

Розрахунок заходу буде проводитися на прикладі печі ППП - 3-72.2011. Прогар футерування на інших тунельних прохідних печах аналогічний даної печі. Для розрахунку окупності заходу на ротаційних печах взята піч Revent 724. Розмір площі прогара визначався орієнтовно, згідно тепловізійної зйомки зовнішньої поверхні печі. Фотографії тепловізійної зйомки показані в «Додатку Б. Рисунок Б1 – Тепловізійна зйомка прогару футерування печей».

Так як температурні режими в тунельних та прохідних печах близькі за значенням, розрахунок тепловтрат крізь футерування для прохідних та ротаційних печей приймаємо однаковим. Різниця в економії між тунельними прохідними та ротаційними печами буде лише у розрахунку річного споживання теплової енергії обладнанням, та економії від заходу. В якості теплоізоляції на даних печах застосовуються базальтові плити [17]. На рисунку 3.18 показано вигляд базальтових плит.



Рисунок 3.18 – Зовнішній вигляд базальтового утеплювача

Роботи з усунення прогару футерування і відновленню герметичності печі можуть бути виконані силами співробітників.

Площа прогару зовнішньої поверхні тунельних прохідних печей становить  $S_1 - 6,8 \text{ м}^2$ . Площа прогару зовнішньої поверхні ротаційних печей становить  $S_2 - 0,8 \text{ м}^2$ . Температура навколишнього середовища,  $t_n - 21^\circ\text{C}$ . Температура внутрішньої поверхні футеровки,  $t_{вп} - 200^\circ\text{C}$ . Товщина теплової ізоляції прогару,  $\delta_1 - 0,01 \text{ м}$ . Товщина обшивки,  $\delta_2 - 0,001 \text{ м}$ . Коефіцієнт теплопровідності ізоляції,  $\lambda_1 - 0,039 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ . Коефіцієнт теплопровідності обшивки печі,  $\lambda_2 - 60 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ . Коефіцієнт тепло сприяння внутрішньої поверхні печі,  $\alpha_v - 50 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє повітря,  $\alpha_n - 25 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Сумарна витрата газу тунельних прохідних печей за місяць,  $S_{v.\text{тун.}} - 80\,799 \text{ м}^3/\text{місяць}$ . Сумарна витрата газу ротаційних печей за місяць,  $S_{v.\text{ротац}} - 14\,799 \text{ м}^3/\text{місяць}$ . Коефіцієнт потужності прохідної печі становить  $K_n - 0,4$ . Коефіцієнт потужності ротаційної печі,  $K_p - 0,25$ . Теплова потужність прохідної печі,  $N_n - 744 \text{ кВт}$ . Теплова потужність ротаційної печі становить  $N_p - 75 \text{ кВт}$ .

Середня потужність тунельних прохідних печей знаходимо за формулою:

$$Q_{cp} = N_n \cdot K_n; \quad (3.17)$$

Підставляємо значення у формулу (3.17):

$$Q_{cp.mn} = 740 \cdot 0,4 = 298 \text{ (кВт)}$$

Середня потужність ротаційних печей (окрім печей MIWE Roll) знаходимо за формулою (3.17):

$$Q_{cp.pn} = 75 \cdot 0,25 = 18,8 \text{ (кВт)}$$

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_n}; \quad (3.18)$$

Підставляємо значення у формулу (3.18) і знаходимо опір теплопередачі:

$$R_0 = \frac{1}{50} + \frac{0,01}{0,039} + \frac{0,001}{60} + \frac{1}{25} = 0,316 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$$



Теплові втрати крізь прогар футеровки печі знайдемо за формулою:

$$q = \frac{(T_B - T_n)}{R_0} \quad (3.19)$$

Підставляємо значення у формулу (3.19) і знаходимо втрати крізь прогар футеровки печі:

$$q = \frac{(200 - 21)}{0,316} = 565,7 \left( \frac{Вт}{м^2} \right)$$

Тепловтрати крізь прогар футеровки тунельної прохідної печі:

$$Q_1 = 565,7 \cdot 6,8 = 3,8 \text{ (кВт)}$$

Економія при усуненні тепловтрат через прогар футерування тунельної прохідної печі знаходимо за формулою:

$$A_1 = \frac{(Q_1 \cdot 100\%)}{Q_{cp}} \quad (3.20)$$

Підставляємо значення у формулу (3.20) і знаходимо економію при усуненні тепловтрат через прогар футерування тунельної прохідної печі:

$$A_1 = \frac{3,8 \cdot 100}{298} = 1,3\%$$

Тепловтрати крізь прогар футеровки ротаційних печей:

$$Q_2 = 565,7 \cdot 0,8 = 0,453 \text{ (кВт)}$$

Економія при усуненні тепловтрат через прогар ротаційних печей за формулою:

$$A_2 = \frac{(Q_2 \cdot 100\%)}{Q_{cp, mn}} \quad (3.21)$$

Підставляємо значення у формулу (3.21) і знаходимо економію при усуненні тепловтрат через прогар ротаційних печей:

$$A_2 = \frac{0,453 \cdot 100\%}{18,8} = 2,4\%$$

Річне споживання теплової енергії прохідної тунельної печі, згідно «Додаток А. Таблиця А2 – Розрахунок балансу споживання газу» становить  $Q_p = 2\,125\,578 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$ .

Економія теплової енергії від відновлення теплоізоляції тунельної прохідної печі складе:

$$Q_1 = \frac{Q_p \cdot A_1}{100} = \frac{2125578 \cdot 1,3}{100} = 27632 \left( \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік} \right)$$

Економія газу в рік складе:

$$V_{рік.1} = \frac{27632 \cdot 860}{8000} = 2970 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}$$

Економія коштів від відновлення теплоізоляції тунельних прохідних печей складе:

$$E = V_{рік} \cdot T_{газ}; \quad (3.22)$$

Підставляємо значення у формулу (3.22) і знаходимо економію коштів від відновлення теплоізоляції тунельних прохідних печей:

$$E_1 = 2970 \cdot 6,484 = 19257,5 \text{ (грн / рік)}$$

Річне споживання ротаційної печі, згідно («Додаток А. Таблиця А2 – Розрахунок балансу споживання газу»), становить  $Q_{р.п.п} = 165\,168 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$ .

Економія теплової енергії від відновлення ротаційних печей складе:

$$Q_2 = \frac{Q_{р.п.п} \cdot A_2}{100} = \frac{165168 \cdot 2,4}{100} = 3964 \left( \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік} \right)$$

Економія газу в рік складе:

$$V_{рік.2} = \frac{3964 \cdot 860}{8000} = 426 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}$$

Економія коштів від відновлення теплоізоляції ротаційних печей знаходимо за формулою (3.22):

$$E_2 = 426 \cdot 6,484 = 2762,2 \text{ (грн / рік)}$$

Сумарна економія газу в рік складе:

$$V_{сум.рік} = 2970 + 426 = 3396 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}$$

Сумарна економія теплової енергії від відновлення теплоізоляції печей складе:

$$Q_{сум} = 27632 + 3964 = 31596 \left( \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік} \right)$$

Сумарна економія коштів від відновлення теплоізоляції печей складе:

$$E_{\text{сум}} = 19257,5 + 2762,2 = 22020 \text{ (грн/ рік)}$$

Підставимо значення у формулу (2.25) і знайдемо термін окупності:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{22164}{22020} = 1,001 \text{ (років)}$$

Всі витрати по заходу, розрахунок економії і час за який окупиться захід, зведемо до таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Економічні показники реалізації заходу з відновлення теплоізоляції печей

| Витрати по проекту                   |               |                    |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|
| <b>Інвестиції (складові витрат)</b>  |               |                    |
| <b>Розроблення проекту</b>           | 1 385         | <b>грн</b>         |
| <b>Обладнання</b>                    | 13 853        | <b>грн</b>         |
| <b>Монтаж</b>                        | 6 926         | <b>грн</b>         |
| <b>Інспектування та випробування</b> | -             | <b>грн</b>         |
| <b>Виконавча документація</b>        | -             | <b>грн</b>         |
| <b>Доставка</b>                      | -             | <b>грн</b>         |
| <b>Разом</b>                         | 22 164        | <b>грн</b>         |
| <b>Експлуатаційні витрати</b>        | 0             | <b>грн./рік</b>    |
| <b>Вид енергії</b>                   | Природний газ |                    |
| <b>Річна економія енергії</b>        | 31 596        | <b>кВт·год/рік</b> |
| <b>Річна грошова економія</b>        | 22 020        | <b>грн/рік</b>     |
| <b>Термін експлуатації</b>           | 15            | <b>Років</b>       |
| <b>Простий термін окупності</b>      | 1,01          | <b>Років</b>       |

Результати запропонованих заходів з енергоефективності адміністративної будівлі та печей хліб заводу зведемо до таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Заходи з енергоефективності

| Назва заходу                                      | Витрати на впровадження заходу, грн | Річна економія, кВт·год/рік | Річна економія, грн | Простий термін окупності |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Утеплення зовнішніх стін                          | 3 497 292                           | 291 913                     | 405 990             | 8,6 років                |
| Утеплення даху                                    | 461 250                             | 48 404                      | 67 245              | 6,86 років               |
| Часткова заміна вікон                             | 457 600                             | 41 298                      | 47 401              | 7,9 років                |
| Відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів | 186 000                             | 1 662 358                   | 1 163 650           | 0,16 років               |
| Відновлення теплоізоляції печей                   | 22 164                              | 31 596                      | 22 020              | 1,01 років               |
| Річна економія від всіх впроваджених заходів      |                                     |                             | 1 706 306 грн/рік   |                          |
| Середній термін окупності                         |                                     |                             | 4,9 років           |                          |

### Висновки до розділу 3

Проводячі обстеження системи тепlopостачання адміністративного корпусу та печей хлібзаводу, які споживають природний газ, було запропоновано заходи з підвищення енергоефективності.

Було запропоновано утеплити зовнішні стіни будинку кам'яною ватою товщиною 150 мм. Цей захід дасть змогу покрити втрати теплової енергії через стіни.

Також пропонувалося замінити існуючу теплоізоляцію даху будівлі на теплоізоляцію із кам'яної вати, товщиною 200 мм, оскільки із часом теплоізоляція була пошкоджена і перестала виконувати свої функції. Цей захід дасть змогу звести до мінімуму тепловтрати та створити комфортні умови.

Наступним заходом для адміністративного корпусу обрано часткову заміну вікон, оскільки вони були частково пошкоджені. За рахунок цього заходу зникне розгерметизація, зменшаться тепловтрати та покращаться умови всередині приміщень.

Також, було запропоновано відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів в рамках котельні та встановлення теплоізоляційних кожухів, оскільки вона пошкоджена на 15-20%. Цей захід дозволить зменшити тепловтрати при транспортуванні теплоносія. Теплоізоляційні кожухи для запірної арматури дозволять забезпечити доступ до обладнання та знизити теплові втрати при транспортуванні теплоносія.

Додатково пропонується відновити теплоізоляцію печей хлібзаводу, оскільки унаслідок обстеження тунельних прохідних та ротаційних печей був виявлений прогар футерування у тунельних прохідних печах та у ротаційних печах. Цей захід дозволить зменшити тепловтрати через обшивку печей та зменшить енергоспоживання для підтримки заданої температури.

Загальні сумарні капіталовкладення від запропонованих заходів становлять 4 624 306 грн., а економія складе 1 706 306 грн/рік, середній термін окупності складе 4,9 років.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 92   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## 4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

### 4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020

Міжнародний стандарт ДСТУ ISO 50001:2020 – це стандарт, який дає можливість організаціям створити умови для покращення енергоефективності. ISO 50001:2020 ставить конкретні цілі до системи енергетичного менеджменту різних і підприємств та організацій [18].

Основні положення стандарту складаються із сфери застосування, термінів та визначень понять, контексту організації, тобто чинників, які впливають здатність досягнення результату, розділу про лідерство, планування системи енергетичного менеджменту, підтримки, планування діяльності, оцінки показників діяльності та поліпшення при виявленні невідповідності.

Відповідно до цього стандарту проведемо оцінку відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту. Оцінка стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту показана в таблиці 4.1. Оцінку проводимо від 0 до 5, де 0 – дуже низький рівень, 5 – чудово.

Таблиця 4.1 – Оцінка стану СЕНМ на об'єкті

| Питання  | Назва                 | Оцінка |
|--|-----------------------|--------|
| Чи знає вище керівництво, що економія буде досягнута за допомогою недорогих заходів? | Потенціал             | 1      |
| Чи зацікавлений топ-менеджмент у скороченні витрат?                                  | Підтримка керівництва | 2      |

|           |                  |          |        |      |   |                |       |         |
|-----------|------------------|----------|--------|------|---|----------------|-------|---------|
|           |                  |          |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ                      |                |       |         |
|           |                  |          |        |      |   |                |       |         |
| Вим       | Арк..            | № докум. | Підпис | Дата | Система енергетичного менеджменту об'єкта | Літ            | Аркуш | Аркушів |
| Розроб.   | Онашко В.В.      |          |        |      |   |                | 93    | 128     |
| Перевір.  | Чернявський А.В. |          |        |      |   | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |
| Реценз.   |                  |          |        |      |   |                |       |         |
| Н. Контр. | Прокопенко І.Д.  |          |        |      |   |                |       |         |
| Затвер.   |                  |          |        |      |   |                |       |         |

|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| Чи були визначені ролі, відповідальність і повноваження для осіб які мають вплив на споживання енергії? | Ролі та обов'язки               | 1 |
| Чи визначені суттєві споживачі енергії?   | Суттєві споживачі               | 1 |
| Чи встановлений базовий рівень енергетичної ефективності?   | Базовий рівень енергоспоживання | 1 |
| Чи визначені показники, для порівняння ваших показників з базовими?                                     | Показники                       | 1 |
| Чи визначені цілі та завдання?  | Цілі і завдання                 | 1 |
| Чи розроблений план дій?  | План дій                        | 1 |
| Чи функціонує система енергетичного менеджменту?  | СЕНМ                            | 0 |

На рисунку 4.1 показана діаграма оцінки стану системи енергетичного менеджменту на об'єкті.



Рисунку 4.1 – Діаграма оцінки стану СЕНМ

## 4.2 Визначення базового рівня споживання природного газу печами

Базовий рівень споживання природного газу – показує споживання природного газу об'єктом за останні 3 роки (або за один рік), перед впровадженням заходів з підвищення енергетичної ефективності. Базовий рівень споживання не повинен змінюватися під час всього періоду реалізації енергоефективних заходів.

В таблиці 4.2 показано помісячне споживання природного газу печами, середня температура та випуск продукції за 2020 рік.

Таблиця 4.2 – Помісячне споживання природного газу печами, середня температура та випуск продукції

| Місяць   | Споживання природного газу, м <sup>3</sup> | Середня температура t, °C | Випуск продукції Q, т |
|----------|--|---------------------------|-----------------------|
| Січень   | 149525                                     | -1,6                      | 3750                  |
| Лютий    | 133450                                     | -0,6                      | 3525                  |
| Березень | 149950                                     | 5,9                       | 4125                  |
| Квітень  | 122450                                     | 13,2                      | 3340                  |
| Травень  | 110220                                     | 18,5                      | 3125                  |
| Червень  | 115300                                     | 20,7                      | 3395                  |
| Липень   | 110350                                     | 23,3                      | 3187                  |
| Серпень  | 100345                                     | 24,4                      | 2975                  |
| Вересень | 99670                                      | 20,1                      | 2867                  |
| Жовтень  | 110546                                     | 14,5                      | 3210                  |
| Листопад | 123457                                     | 5,5                       | 3410                  |
| Грудень  | 134576                                     | 1,6                       | 3585                  |

Проводимо регресійний аналіз залежності споживання природного газу печами від середньої температури по кожному місяцю та кількістю випуску продукції за допомогою *Microsoft Excel*, результати регресійного аналізу заносимо в додатки («Додаток В. Рисунок В1 – Результати регресійного аналізу №1 та Рисунок В2 – Результати регресійного аналізу №2 »).



Із розрахунку регресійно аналізу знаходимо коефіцієнти рівняння регресії:

$$a = 140650,946 \quad b = -1566,82$$

Отже, найбільш значимим показником є випуск продукції, з коефіцієнтами якого записуємо лінійне рівняння регресії:

$$W = 140650,946 - 1566,82 \cdot Q$$

Встановлений тим чи іншим способом базовий рівень енергоспоживання, відображає базовий рівень ефективності енерговикористання, реально досягнутий на об'єкті.

#### 4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Енергетична політика підприємства – це стратегія розвитку підприємства у сфері енергетичної ефективності.

Підприємство має власний досвід реалізації енергоефективних заходів, проте відсутність перевірки результатів впровадження не дозволяє зробити висновки щодо змінення показників енергоефективності та рівня досягнутої економії.

Представники підприємства демонструють зацікавленість брати участь у розробці заходів з енергоефективності, проте на момент проведення обстеження підприємством не визначена наявність і кількісний вираз внутрішніх ресурсів на покращення енергоефективності.

Підприємство прагне до щорічного зменшення споживання електричної та теплової енергії на 2,5%. Також підприємство прагне впроваджувати заходи, які стосуються альтернативних джерел енергії, для часткового заміщення електричної енергії. Підприємство зацікавлене в зменшенні кількості викидів у навколишнє середовище. Підприємство зацікавлене у підвищенні кваліфікації та компетентності працівників у сфері енергоефективності та забезпечувати впровадження та постійне поліпшення енергоефективності системи енергетичного менеджменту [19].

#### 4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності

Після обстеження підприємства та адміністративного корпусу були запропоновані заходи з підвищення рівня енергоефективності: заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП, модернізація системи внутрішнього освітлення, встановлення частотних перетворювачів на насоси, утеплення зовнішніх стін адміністративного корпусу, утеплення даху адміністративного корпусу, часткова заміна вікон адміністративного корпусу, відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів, відновлення теплоізоляції печей.

Розподілимо ці заходи за терміном окупності, тобто на короткострокові (до 1 року), середньострокові (від 1 до 3 років) та довгострокові (більше 3 років) і занесемо ці заходи до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл заходів з підвищення рівня енергоефективності за терміном окупності

| Назва заходу                                       | Витрати на впровадження | Річна економія, кВт·год/рік | Річна економія, грн | Простий термін окупності |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Короткострокові заходи з енергоефективності</b> |                         |                             |                     |                          |
| Модернізація системи внутрішнього освітлення       | 224 000                 | 252 288                     | 615 582             | 0,36 років               |
| Відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів  | 186 000                 | 1 662 358                   | 1 163 650           | 0,16 років               |

| <b>Середньострокові заходи з енергоефективності</b>          |           |         |           |            |
|--|-----------|---------|-----------|------------|
| Заміщення<br>електронагріву на<br>потреби опалення<br>та ГВП | 3 104 000 | —       | 1 053 173 | 2,95 років |
| Встановлення<br>частотних<br>перетворювачів<br>на насоси     | 299 900   | 50 061  | 122 149   | 2,5 років  |
| Відновлення<br>теплоізоляції<br>печей                        | 22 164    | 31 596  | 22 020    | 1,01 років |
| <b>Довгострокові заходи з енергоефективності</b>             |           |         |           |            |
| Утеплення<br>зовнішніх стін<br>адміністративного<br>корпус   | 3 497 292 | 291 913 | 405 990   | 8,6 років  |
| Утеплення даху<br>адміністративного<br>корпус                | 461 250   | 48 404  | 67 245    | 6,86 років |
| Часткова заміна<br>вікон<br>адміністративного<br>корпус      | 457 600   | 41 298  | 47 401    | 7,9 років  |

Отже, можна зробити висновок, що на підприємстві було запропоновано до впровадження два короткострокових заходів, три середньострокових заходів та три довгострокових заходів із підвищення рівня енергоефективності.

#### Висновки до розділу 4

Система енергетичного менеджменту на підприємстві практично не реалізована, має низький рівень оцінки, приблизно 1. Під час розгляду базового рівня споживання природного газу печами, проводився розрахунок регресійного аналізу, під час якого було визначено, що найбільш значимим показником є випуск продукції на підприємстві.

Представники хлібзаводу демонструють зацікавленість брати участь у розробці заходів з енергоефективності. Підприємство прагне до щорічного зменшення споживання електричної та теплової енергії на 2,5%.

На підприємстві було запропоновано до впровадження два короткострокових заходів, це модернізація системи внутрішнього освітлення та відновлення теплоізоляції зовнішніх трубопроводів. Середній термін окупності короткострокових заходів становить 0,26 років. Також було запропоновано три середньострокових заходів: заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП, встановлення частотних перетворювачів та відновлення теплоізоляції печей. Їх середній термін окупності складає 2,15 років. Три довгострокових заходів із підвищення рівня енергоефективності: утеплення зовнішніх стін, утеплення даху та часткова заміна вікон адміністративного корпусу. Середній термін окупності довгострокових заходів становить 7,8 років.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 99   |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## 5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 5.1 Встановлення теплоутилізаторів на газові печі

Більшість діючих хлібопекарських печей відрізняються зниженим показником енергоефективності через викиду в атмосферу значної кількості топкових газів з високою температурою – близько 150-300 °С.

Застосування теплоутилізаторів робить можливим максимально допустиму утилізацію тепла з отриманням великої кількості гарячої води або пари на технологічні і санітарно-технічні потреби, і одночасне забезпечення нормальної експлуатації газо-димового тракту печі внаслідок зниження температури газів, що відходять, до мінімально необхідної [20].

Суть технічного рішення полягає у «врізки» утилізатора в існуючий димохід топкових газів, спрямований від печі до димаря.

Під час цього заходу буде розглядатися встановлення 4 економайзерів фірми Wichlacz Wp [21]. Економайзер Wichlacz Wp (утилізатор тепла димових газів) – пристрій, призначений для забору тепла з димових газів котлів або будь-якого пристрою, що споживає тепло в систему опалення, або в теплову схему котла. На рисунку 5.1 показано зовнішній вигляд економайзера.

Економайзер збільшує ефективність виробництва тепла агрегатом на 20 – 50%. Це дозволяє знизити кількість використовуваного палива на 10 – 30%.

Економія від встановлення теплоутилізаторів досягається наступним чином: утилізація теплоти димових газів відбувається шляхом нагрівання води до температури близько 70-90 °С, в подальшому цю воду можна використовувати на технологічні потреби і потреби теплопостачання, зменшуючи вироблення гарячої води в котельні на еквівалентну величину. Таким чином знижується витрата палива на підігрів води в котельні.

|           |       |                  |        |      |  |  |                |       |         |
|-----------|-------|------------------|--------|------|--|--|----------------|-------|---------|
|           |       |                  |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ   |  |                |       |         |
|           |       |                  |        |      |  |  |                |       |         |
| Вим       | Арк.. | № докум.         | Підпис | Дата |  |  |                |       |         |
| Розроб.   |       | Онашко В.В.      |        |      | Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті |  | Літ            | Аркуш | Аркушів |
| Перевір.  |       | Чернявський А.В. |        |      |  |  |                | 100   | 128     |
| Реценз.   |       |                  |        |      |  |  | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |
| Н. Контр. |       | Прокопенко І.Д.  |        |      |  |  |                |       |         |
| Затвер.   |       |                  |        |      |  |  |                |       |         |



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд економайзера

Розрахункова теплова потужність утилізатора визначається в залежності від кількості димових газів, що йдуть з печі:

$$R_{дг} = b_{дг} \cdot V_{дг}, \text{ (м}^3 \text{ / год)}; \quad (5.1)$$

де  $V_{дг}$  – теоретичний об’єм димових газів при згорянні палива, м<sup>3</sup>.

Корисне зниження температури топкових газів з  $T_n$  до  $T_k$ , °C:

$$Q_{TV} = \frac{R_{дг} \cdot c_{дг} \cdot (T_k - T_n)}{3600}, \text{ (кВт)}; \quad (5.2)$$

де  $c_{дг}$  – питома теплоємність димових газів, кДж/(м<sup>3</sup>·°C).

Таким чином, знаючи теплову потужність теплоутилізатора і прийнявши ККД роботи котлоагрегатів в котельні на рівні 0,8 – 0,9, можна визначити кількість природного газу, яка економиться в котельні хлібозаводу при застосуванні теплоутилізаторів:

$$\Delta b_{TV} = \frac{Q_{TV}}{\eta_K \cdot Q_n^p} \cdot 3600, \text{ (м}^3 \text{ / год)}; \quad (5.3)$$

де  $Q_{н}^p$  – нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м<sup>3</sup>.

За рік економія природного газу складе:

$$E_{пг.тв}^{рік} = \Delta b \cdot t \cdot T, \quad (м^3 / рік); \quad (5.4)$$

де  $\Delta b$  – зниження витрат природного газу, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – число годин роботи печі за добу, год/добу;

$T$  – число діб роботи печі за рік, діб/рік;

Економія від встановлення теплоутилізаторів в грошовому еквіваленті за рік складе:

$$E_{тв} = E_{пг.тв}^{рік} \cdot Ц_{пг}, \quad (грн / рік); \quad (5.5)$$

де  $Ц_{пг}$  – ціна природного газу, грн/м<sup>3</sup>.

Розрахунки зведемо у табличну форму і занесемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків утилізаторів теплоти

| Показник  | Одиниці виміру      | Піч             |                 |                 |                 |
|---|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   |                     | Піч РРР 3-54    | Піч ППЦ-3_81    | Піч ППЦ-3_81    | ППП - 3-72.2011 |
| Витрата димових газів                                   | м <sup>3</sup> /год | 513             | 602             | 610             | 721             |
| Розрахункова теплова потужність теплоутилізатора        | кВт                 | 445             | 534             | 542             | 653             |
| Типорозмір утилізатора                                  |                     | Wichlacz Wp-500 | Wichlacz Wp-750 | Wichlacz Wp-750 | Wichlacz Wp-750 |
| Зниження витрати природного газу в котельні хлібозаводу | м <sup>3</sup> /год | 44,6            | 53,5            | 54,6            | 65,6            |
| Число годин роботи печі на добу                         | год/добу            | 15              | 15              | 15              | 15              |
| Число діб роботи печі в рік                             | діб/рік             | 234             | 234             | 234             | 234             |

Економію природного газу за рік знаходимо за формулою (5.4):

$$E_{III.TV.1}^{рік} = 44,6 \cdot 15 \cdot 234 = 156546 (м^3 / рік)$$

$$E_{III.TV.2}^{рік} = 53,5 \cdot 15 \cdot 234 = 187785 (м^3 / рік)$$

$$E_{III.TV.3}^{рік} = 54,6 \cdot 15 \cdot 234 = 191646 (м^3 / рік);$$

$$E_{III.TV.4}^{рік} = 65,6 \cdot 15 \cdot 234 = 230256 (м^3 / рік);$$

Сумарна економія природного газу за рік:

$$E_{III.TV.сум} = 156546 + 187785 + 191646 + 230256 = 766233 (м^3 / рік)$$

Економія від встановлення теплоутилізаторів в грошовому еквіваленті за рік знаходимо за (5.5):

$$E_{TV.1} = 156546 \cdot 6,484 = 1015044 (грн / рік)$$

$$E_{TV.2} = 187785 \cdot 6,484 = 1217598 (грн / рік)$$

$$E_{TV.3} = 191646 \cdot 6,484 = 1242633 (грн / рік)$$

$$E_{TV.4} = 187785 \cdot 6,484 = 1492980 (грн / рік)$$

Сумарна грошова економія за рік від встановлення теплоутилізаторів:

$$E_{TV.сум} = 1015044 + 1217598 + 1242633 + 1492980 = 4968255 (грн / рік)$$

Ціна на теплоутилізатор Wichlacz Wp – 500 становить 425 380 грн.

Ціна на 3 теплоутилізатори Wichlacz Wp – 750 становить 1 509 285 грн.

Монтаж обладнання складає 15% від ціни теплоутилізаторів, 290 200 грн.

Розраховуємо сумарні інвестиції для реалізації проєкту:

$$I_{сум} = 425380 + 1509285 + 290200 + 8000 + 40000 + 9000 = 2281865 (грн)$$

Термін окупності знаходимо за формулою (2.25):

$$T_{ок}^{нр} = \frac{2281865}{4968255} = 0,46 (років)$$

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 103  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |



Таблиця 5.1 – Економічні показники реалізації заходу із встановлення теплоутилізаторів на газові печі

| Витрати по проекту            |               |          |
|-------------------------------|---------------|----------|
| Інвестиції (складові витрат)  |               |          |
| Розроблення проекту           | 8 000         | грн      |
| Обладнання                    | 1 934 665     | грн      |
| Монтаж                        | 290 200       | грн      |
| Інспектування та випробування | 40 000        | грн      |
| Виконавча документація        | 9 000         | грн      |
| Разом                         | 2 281 865     | грн      |
| Інші витрати                  |               |          |
| Експлуатаційні витрати        | 0             | грн./рік |
| Економія                      |               |          |
| Вид енергії                   | Природний газ |          |
| Річна економія енергії        | 766 233       | м³/рік   |
| Річна грошова економія        | 4 968 255     | грн/рік  |
| Термін експлуатації           | 20            | Років    |
| Простий термін окупності      | 0,46          | Років    |

### Висновки до розділу 5

Впровадження утилізаторів для газових печей є раціональним заходом. Застосування теплоутилізаторів робить можливим максимально допустиму утилізацію тепла з отриманням великої кількості гарячої води або пари на технологічні і санітарно-технічні потреби, і одночасно забезпечити нормальну експлуатацію газо-димового тракту печі внаслідок зниження температури газів, що відходять, до мінімально необхідної. Економайзер збільшує ефективність виробництва тепла агрегатом на 20 – 50%. Це дозволяє знизити кількість використовуваного палива на 10 – 30%. Загальні витрати на захід будуть становити 2 281 865 грн, а термін окупності складатиме 0,46 років.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

### 6.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання

Об'єктом дослідження є хлібзавод, до складу якого належать структурні підрозділи. Хлібзавод знаходиться у місті Чернігів, відноситься до харчової промисловості: хлібопекарської галузі. На об'єкті близько 80% світильників з люмінесцентними лампами. Розрахункове споживання електроенергії даними лампами складає близько 4% від загального споживання підприємством за рік. На об'єкті наявно 4368 світильників з люмінесцентними лампами 2x36 Вт, з яких робочих лише близько третини. Їх питомий світловий потік на рівні 40-60 Лм/Вт не задовольняє необхідного освітлення в більшості приміщень і занижений приблизно вдвічі. Пропонується замінити існуючі світильники на 1000 світильників зі світлодіодними лампами потужністю 18 Вт та аналогічним часом роботи. В таблиці 6.1 представлено загальну характеристику об'єкта. В таблиці 6.2 показано технічні характеристики світлодіодної лампи LED L-1200 та лінійного світильника LED IP65 1200 MM 36W згідно [22]. В розділі ми будемо розглядати заміну світильників в булочному цеху, висота стелі – 8 м. Висоту підвісу світильника визначаємо за формулою 2.13, вона складатиме 6,2 м. Електропостачання освітлення в булочному цеху виконане до мережі 220 В. Площа булочного цеху на 1000 світильників становить 4750 м<sup>2</sup>. Відомо, що висота стелі приміщення Н становить 8 м. Відстань від стелі до світильника  $h_c=1$  м. Висота робочої поверхні  $h_p=0,8$  м.

Тоді висоту підвісу світильника визначимо за формулою (2.13):

$$h = 8 - 0,8 - 1 = 6,2 \text{ (м)}$$

|           |       |                  |        |      |  |  |  |                |       |         |     |  |
|-----------|-------|------------------|--------|------|--|--|--|----------------|-------|---------|-----|--|
|           |       |                  |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ   |  |  |                |       |         |     |  |
| Вим       | Арк.. | № докум.         | Підпис | Дата | Охорона праці та пожежна безпека під час модернізації системи внутрішнього освітлення освітлення |  |  | Літ            | Аркуш | Аркушів |     |  |
| Розроб.   |       | Онашко В.В.      |        |      |  |  |  |                |       | 105     | 128 |  |
| Перевір.  |       | Чернявський А.В. |        |      |  |  |  | ІЕЕ, гр. ОН-71 |       |         |     |  |
| Реценз.   |       |                  |        |      |  |  |  |                |       |         |     |  |
| Н. Контр. |       | Прокопенко І.Д.  |        |      |  |  |  |                |       |         |     |  |
| Затвер.   |       |                  |        |      |  |  |  |                |       |         |     |  |

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика об'єкту

| Найменування ЕУ                 | Вид розміщення | Розміщення робочого місця | Категорія електроприміщення        | Категорія пожежної безпеки |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1                               | 2              | 3                         | 4                                  | 5                          |
| Система внутрішнього освітлення | Внутрішнє      | Булочний цех              | Приміщення з підвищеною небезпекою | Клас В-Па                  |

Таблиця 6.2 – Показники технічних характеристик ЕУ

| Найменування ЕУ і марка       | Основні характеристики | Числове значення показника |
|-------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1                             | 2                      | 3                          |
| Світлодіодна лампа LED L-1200 | Ступінь захисту        | IP 20                      |
|                               | Діаметр                | 90 мм                      |
|                               | Цоколь                 | G13                        |
|                               | Колірна температура    | Холодний (6400 К)          |
|                               | Кут розсіювання        | 160°                       |
|                               | Світловий потік        | 1500 Лм                    |
|                               | Потужність             | 18 Вт                      |
|                               | Напруга                | 220-240 В                  |
|                               | Термін служби          | 30000 год.                 |

продовження таблиці 6.2

|   |                                 |          |
|---|---------------------------------|----------|
| Світильник лінійний LED IP65<br>1200 MM 36W | Ступінь захисту                 | IP 65    |
|   | Потужність                      | 36 Вт    |
|   | Спосіб монтажу                  | Підвісна |
|   | Максимальна колірна температура | 6400 К   |



Рисунок 6.1 – Світлодіодна лампа LED L-1200

Світлодіодну лампу LED L-1200, рисунок 6.1, використовують там, де потрібна хороша освітленість. Їх використовують у офісах, медичних закладах та на підприємстві. Лампи виготовляються в скляному корпусі і мають стандартний цоколь G13. Світловий потік 1500 Лм розсіюється під кутом 160° і в світлодіодних лампах відсутнє мерехтіння світлового потоку, що є досить добре. Такі лампи є безпечними для зору людини і рекомендуються для встановлення на підприємствах, а також установах, де людина перебуває і працює більше 4 годин.

Видима економія:

1. Не потрібна часта заміна лампочок.
2. Висока якість матеріалів.
3. Не містить небезпечних речовин.
4. Мінімальне споживання електроенергії.
5. Не вимагає витрат на обслуговування.
6. Не боїться перепадів напруги в мережі.

## **6.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту**

Обсяг робіт складається із складання списку необхідного обладнання, доставки обладнання на об'єкт, розвантажувальних робіт і монтажу системи освітлення. Складання списку необхідного обладнання виконується із працівників із 2 чоловік у літній період і буде виконуватися 1 робочий день. Доставка обладнання на об'єкт виконується за допомогою транспорту, літнього періоду, 1 робочий день і бригадою із 2 чоловік. Під час розвантажувальних робіт буде виконуватися ручна робота, щодо підіймання та переміщення вантажу, 1 робочий день та кількісним складом бригади із 5 чоловік [23]. Монтаж системи освітлення будуть виконувати кваліфіковані працівники у складі 10 чоловік із групою електробезпеки не менш як III за 10 робочих днів [24]. Цей захід буде проводитися у літній період, оскільки споживання світла у ці дні найменше і наявне природнє освітлення. В таблиці 6.3 представлено послідовність виконання робіт.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 108  |
| Змн.3 | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Таблиця 6.3 – Послідовність виконання робіт

| Вид робіт                               | Спосіб доставки і розгрузки | Період виконання робіт і тривалість        | Кількісний склад бригади | Група з електробезпеки |
|---|-----------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| 1                                       | 2                           | 3  | 4                        | 5                      |
| Складання списку необхідного обладнання | —                           | Літній період, одноразово, 1 робочий днів  | 2 чоловіка               | —                      |
| Доставка обладнання на об'єкт           | Транспорт                   | Літній період, одноразово, 1 робочий день  | 2 чоловіка               | —                      |
| Розвантажувальні роботи                 | Механічна, розгрузка        | Літній період, одноразово, 1 робочий день  | 5 чоловік                | —                      |
| Монтаж системи освітлення               | Механічна                   | Літній період, одноразово, 10 робочих день | 10 чоловік               | Не менш як III         |

### 6.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

Визначимо чинники умов праці на об'єкті, такі як мікроклімат у приміщенні, важкість праці, напруженість праці, чинники електричного походження та чинники неелектричного походження і занесемо до таблиці 6.4 [25].

Таблиця 6.4 – Чинники умов праці та їх показники

| Найменування чинника              | Основні характеристики  | Числове значення показника  | Визначення допустимості або шкідливості показників |
|-----------------------------------|---|---|--|
| 1                                 | 2   | 3   | 4  |
| Мікроклімат у приміщенні          | Температура повітря<br>Вологість  | $t=20^{\circ}\text{C}$<br>$W=65\%$  | Допустимі  |
| Важкість праці                    | Переміщення вантажів<br>Робоче положення<br>Статичні та динамічні навантаження                                    | До 15 кг<br>“Стоячи”, “Стоячи зігнувшись”<br>Періодичні, до 55 Вт, (250 Вт·год) | Шкідливі   |
| Напруженість праці                | Тривалість зосередженого спостереження<br>Тривалість активних дій<br>Змінність<br>Напруженість органів чуття: зір | 50% робочого часу<br>60% робочого часу<br>1 зміна, 8 годин<br>20% робочого часу | Допустимі  |
| Чинники електричного походження   | Напруга прямого дотику  | 36 В  | $I_{\text{доп}} = 36 \text{ В}$<br>Допустимі       |
|                                   | Струм   | 30 А  | $I_{\text{доп}} = 0,6 \text{ мА}$<br>Небезпечний   |
| Чинники неелектричного походження | Шум   | 90 дБА  | $L_{\text{доп}} = 85 \text{ дБА}$<br>Шкідливі      |
|                                   | Робота на висоті  | До 7 м  | $H_{\text{доп}} = 1,3 \text{ м}$<br>Шкідливі       |

## 6.4 Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків

Після формування порядку робіт та визначення показників умов праці проводимо аналіз небезпек, ідентифікацію небезпек та оцінюємо ризики [26]. В таблиці 6.5 представлені всі небезпеки та ризики виникнення нещасних випадків.

Таблиця 6.5 – Перелік небезпек та ризиків професійних чинників

| Категорія небезпек | Найменування небезпеки                             | Рівень ймовірності нещасного випадку           | Оцінка рівня ризику                  | Група ризику   |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|----------------|
| 1                  | 2  | 3  | 4                                    | 5              |
| Фізичні            | Шум<br>Робота на висоті<br>Електричного походження | Малоймовірний<br>Високо ймовірний<br>Імовірний | Низький<br>Значний<br>Катастрофічний | IV<br>III<br>I |
| Хімічні            | Відсутні   | —  | —                                    | —              |
| Рідина             | Відсутні   | —  | —                                    | —              |
| Біологічні         | Відсутні   | —  | —                                    | —              |
| Інші               | Переміщення вантажів<br>Незручні робочі положення  | Імовірний<br>Рідкий                            | Низький<br>Низький                   | IV<br>IV       |



## 6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Під час виконання робіт використовують технічні заходи: тимчасовий знак безпеки та тимчасові огорожувальні засоби. Також використовують організаційні заходи: категорія робіт щодо заходів безпеки (робота без напруги) [27].

Перед початком монтування робітникам необхідно отримати наряд-допуск на 10 робочих днів. В таблиці 6.6 представлено перелік технічних і організаційних заходів.

Таблиця 6.6 – Перелік технічних і організаційних заходів

| Вид заходу                            | Найменування заходу                         | Опис, показники і характеристики |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| 1                                     | 2   | 3                                |
| Технічні заходи з електробезпеки      |   |                                  |
| Тимчасовий знак безпеки               | Трикутник                                   | Біля території робіт             |
| Тимчасовий огорожувальний засіб       | Огородження території місця виконання робіт | Переносні бар'єри                |
| Організаційні заходи з електробезпеки |   |                                  |
| Категорія робіт щодо заходів безпеки  | Роботи без напруги                          | Наряд-допуск на 10 робочих днів  |

## 6.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Під час заміни системи освітлення працівникам повинні видавати необхідні засоби індивідуального захисту, які будуть захищати їх від небезпек при виконанні роботи [28]. Заборонено використовувати ЗІЗ, які мають пошкодження або закінчився гарантійний термін використання [29]. В таблиці 6.7 представлено перелік засобів індивідуального захисту.

Таблиця 6.7 – Перелік засобів індивідуального захисту

| Вид ЗІЗ                           | Призначення  | Марка або<br>маркування.<br>Модель.<br>Матеріал.                      | Гарантований<br>термін<br>використання | Технічні<br>характеристики |
|-----------------------------------|--|---|--|----------------------------|
| 1                                 | 2  | 3   | 4                                      | 5                          |
| Захисний<br>одяг                  | Захист від механічних<br>ушкоджень                                       | Костюм “Сван<br>Лінкор”   | 1 рік                                  | Під час роботи<br>біля ЕУ  |
| Захист рук                        | Захист від механічних<br>ушкоджень                                       | Рукавички із<br>поліуретанових<br>волокон “Верде”<br>Гумові рукавички | 7 робочих змін                         | Під час<br>монтажних робіт |
| Захист<br>голови                  | Захист від механічних<br>пошкоджень                                      | Каска захисна<br>Ардон НМ-6   | 2 роки                                 | Під час робіт на<br>висоті |
| Захист<br>очей                    | Захист від електричної<br>дуги та<br>ультрафіолетового<br>випромінювання | Закриті<br>подвійні<br>окуляри “EVO”                                  | 2 роки                                 | Під час роботи<br>біля ЕУ  |
| Захисне<br>взуття                 | Захист від механічних<br>пошкоджень                                      | Робочі черевики<br>“Delta Plus<br>PHOENIX S3 SRC”                     | 1 рік                                  | Під час<br>монтажних робіт |
| Захист для<br>роботи на<br>висоті | Захист від падіння з<br>висоти   | Комбінезон робочий<br>“Верхолаз”                                      | 1 рік                                  | Під час робіт на<br>висоті |

## 6.7. Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів

Відповідно до норм в цеху повинна бути система протипожежного та вибухового захисту. На енергетичних об'єктах вибирають первинні засоби до тушіння пожеж (вогнегасник, пожежний інвентар). Булочний цех відноситься до класу В-Па вибухо- та пожежонебезпечних приміщень. На об'єкті пожежний інвентар знаходиться в кожній будівлі [26]. В цехах біля входу знаходиться порошкові вогнегасники ВП-5, зовнішній вигляд вогнегасника показано на рисунку 6.2. В таблиці 6.8 представлений перелік заходів і засобів з пожежної безпеки.



Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд вогнегасника ВП-5

Таблиця 6.8 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

| Група заходів                           | Технічні характеристики  | Критерії вибору                                  |
|---|--|--|
| 1                                       | 2  | 3  |
| Технічні                                |  |  |
| Порошковий вогнегасник ВП-5:            | Переносний, тривалість дії – 5 с, довжина струмені – не менше 3 м  | В цехах біля входу. Термін експлуатації 10 років |
| Організаційні                           |  |  |
| План дій з попередження пожеж і вибухів | В приміщеннях булочному цеху знаходяться світлові покажчики, які показують евакуаційні виходи з приміщення | Відділ з охорони праці                           |

## Висновки до розділу 6

В цьому розділі я надав загальну інформацію про об'єкт та проаналізував основні характеристики охорони праці та пожежної безпеки при модернізації системи внутрішнього освітлення.

Було складено послідовність виконання робіт під час модернізації системи освітлення: складання списку необхідного обладнання, доставка обладнання на об'єкт, розвантажувальні роботи і монтаж системи освітлення. Склад та представив перелік небезпек та ризиків професійних чинників. Найнебезпечніші чинники: висота та електричного походження. Проводити монтаж системи освітлення можуть працівники з групою електробезпеки не нижче III групи, також перед початком роботи потрібно отримати наряд-допуск на 10 робочих днів. Під час робіт використовують засоби індивідуального захисту: захисний одяг, захист для рук, захист голови, захист очей, захисне взуття та захист для роботи на висоті. Заборонено використовувати ЗІЗ, які мають пошкодження або закінчився гарантійний термін використання. Відповідно до норм на об'єкті повинна бути система протипожежного та вибухового захисту. На енергетичних об'єктах вибирають первинні засоби для тушіння пожеж (вогнегасник, пожежний інвентар). На об'єкті пожежний інвентар знаходиться в кожній будівлі. В цехах біля входу знаходиться порошкові вогнегасники ВП-5. Отже, можна зробити висновок, якщо дотримуватися всіх умов безпечної експлуатації електрообладнання, то модернізація системи освітлення в булочному цеху відповідає стандартам та нормам, і захід можна рекомендувати до впровадження на об'єкті.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 115  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту було розглянути комплексну енергетичну модернізацію хлібопекарських печей на хлібзаводі, який знаходиться у місті Чернігів. Під час проведення енергетичного обстеження підприємства були дослідженні енергетичні системи хлібзаводу.

На першому етапі роботи було проаналізовано динаміку виробничої діяльності та динаміку споживання ПЕР за останні три роки. Після проведення аналізу було виявлено, що динаміка випуску продукції скоротилася і йде на спад, а споживання ПЕР за останні роки є нерівномірним.

При аналізі ефективності використання електричної енергії на об'єкті було побудовано баланс споживання електричної енергії на хлібзаводі і виявлено суттєвих споживачів: електричне обладнання печей, електродвигуни у складі обладнання для підготування тіста та електричні теплогенератори системи опалення, ГВП, освітлення. Тому були запропоновані наступні заходи: заміщення електронагріву на потреби опалення та ГВП, модернізація системи внутрішнього освітлення та встановлення частотних перетворювачів на насоси. В сумі загальна економія від запропонованих заходів складе 1 790 904 грн/рік, а середній термін окупності заходів складе 1,93 років.

При аналізі ефективності використання палива та теплової енергії на хлібзаводі було досліджено огорожувальні конструкції адміністративного корпусу. Також із балансу споживання природного газу на хлібзаводі були виявленні суттєві споживачі: технологічне обладнання та котли системи опалення. Після проведення аналізу та виявлення всіх недоліків були запропоновані наступні заходи: утеплення зовнішніх стін, утеплення даху та часткова заміна вікон адміністративного корпусу хлібзаводу. Також було запропоновано відновлення теплоізоляції зовнішніх трьохпроводів та відновлення теплоізоляції печей. Річна економія від запропонованих заходів складе 1 706 306 грн/рік, в середній термін окупності 4,9 років.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 116  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Проаналізувавши систему енергетичного менеджменту на хлібзаводі, можна сказати, що СЕНМ на підприємстві практично не реалізована, має низький рівень оцінки, приблизно 1. Представники хлібзаводу демонструють зацікавленість брати участь у розробці заходів з енергоефективності.

При оцінці можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел на хлібзаводі, розглядався захід встановлення теплоутилізаторів на газові печі. Застосування теплоутилізаторів робить можливим максимально допустиму утилізацію тепла з отриманням великої кількості гарячої води або пари на технологічні і санітарно-технічні потреби, і одночасно забезпечити нормальну експлуатацію газо-димового тракту печі внаслідок зниження температури газів, що відходять, до мінімально необхідної.

Проведено аналіз охорони праці та пожежної безпеки під час модернізації системи внутрішнього освітлення. Було складено послідовність виконання робіт, запропоновано технічні і організаційні заходи з безпеки праці, запропоновані засоби індивідуального захисту під час модернізації системи освітлення.

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 117  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

- 1) Тариф та вартість паливно-енергетичних ресурсів для підприємств [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://enerhozbuttrans.com.ua/postachannya-elektroenergii/taryfy-ta-oplaty/>.
- 2) Барибін Б.Ю. Довідник по проектуванню електропостачання, 1990 [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.proektant.org/books/0007-ELE-1990.pdf>.
- 3) Давиденко В.А. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання»: / Давиденко В.А., Давиденко Н.В. – Рівне: НУВГП, 2018. – 28-31 с.
- 4) Технічні характеристики кабелів [електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/avvg/avvg-3x701x50.html](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/avvg/avvg-3x701x50.html).
- 5) Газові котли [електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://bigl.ua/p431045999-gazovyj-kondensatsionnyj-kotel?utm\\_source=admitad&utm\\_medium=cpa&utm\\_campaign=442763&admitad\\_uid=0d070331c0e140d0f2b89e2d2c6ecea](https://bigl.ua/p431045999-gazovyj-kondensatsionnyj-kotel?utm_source=admitad&utm_medium=cpa&utm_campaign=442763&admitad_uid=0d070331c0e140d0f2b89e2d2c6ecea).
- 6) Інтернет магазин prom.ua [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p674183449-lampa-svetodiodnaya-trubchataya.html>.
- 7) Частотні перетворювачі [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltech.kiev.ua/p807768342-sj700d-220hfef3-22kvt.html>.
- 8) Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року. – [Чинний від 01.04.2007]. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).
- 9) Розрахунок тепловтрат в приміщенні [електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.klimatvdomi.com/heat/heat\\_teplopoteri\\_ua.html](http://www.klimatvdomi.com/heat/heat_teplopoteri_ua.html).
- 10) Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

11) Інтернет магазин Леруа Мерлен [електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.leroymerlin.ua/p/11898593\\_PimStd\\_Product?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2qOTZfy8M7P0m\\_ZOOjIMaGD2jnbFuydzpn5Y9qKOtQAfOUj2fLtsBxoCEdkQAvD\\_BwE](https://www.leroymerlin.ua/p/11898593_PimStd_Product?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2qOTZfy8M7P0m_ZOOjIMaGD2jnbFuydzpn5Y9qKOtQAfOUj2fLtsBxoCEdkQAvD_BwE)

12) Інтернет магазин Тривіта [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trivita.ua/ua/uteplyuvachi/bazaltovaya-vata/bazal-tovaja-vata-200-mm>.

13) Інтернет магазин вікон [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://win.kiev.ua/okna/gotovye-okna>.

14) СНиП 2.04.14 "Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів".

15) Трубна ізоляція [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.folgoizol.com/trubnaya-teploizolyatsiya.html>.

16) Наказ №169 від 11.07.2018 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель», Додатку 2 (пункт 10 розділ V).

17) Будівельний магазин, базальтові плити [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.budmagazin.com.ua/ware-kiev/w5608-bazaltovyi-uteplitel-tehnonikol-tehnoblok-standart-1000-500-50mm-5m2.html>.

18) Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський.// Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проект UNIDO-GEF UKR-IEE, 2021. – 130 с.

19) Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко// За загальною редакцією Н. Усенко та А. Чернявського. – К.: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020. – 280 с.



20) Утилізатори тепла [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smida.gov.ua/db/emitent/year/xml/showform/29100/156/templ>.

21) Утилізатори тепла, економайзери Wichlacz [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wichlacz.ua/kotly-dlitelnogo-goreniya/ekonomajzer-we>.

22) Інтернет магазин світильників та ламп Volton, [електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://volton.com.ua/p1415624573-promyshlennyj-svetilnik-linejnyj.html?source=merchant\\_center&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=12200056507&utm\\_term=&utm\\_content=495032268695&utm\\_position=&utm\\_matchtype=&utm\\_placement=&utm\\_network=u&gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2uZJW1UTXLC7ticyksrAtVyPa\\_mkM4f6sWhhRF4E05Bpm9GRCp8jxoCo9MQAvD\\_BwE](https://volton.com.ua/p1415624573-promyshlennyj-svetilnik-linejnyj.html?source=merchant_center&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=12200056507&utm_term=&utm_content=495032268695&utm_position=&utm_matchtype=&utm_placement=&utm_network=u&gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2uZJW1UTXLC7ticyksrAtVyPa_mkM4f6sWhhRF4E05Bpm9GRCp8jxoCo9MQAvD_BwE).

23) ДНПАОП 63.21-1.22-07. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Вид. офіц. Київ : Держнаглядохоронпраці, 2007. 35с.

24) ДНПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Вид. офіц. Київ : Міністерство юстиції, 1998. 24 – 38 с.

25) ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ : МОЗ України, 1999. 53 с.

26) Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. 399 с.

27) ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. Вид. офіц. Київ : Міністерство енергетики, 2002. 46 с.

28) Третьякова Л.Д., Литвиненко Г.Є. Засоби індивідуального захисту : виготовлення та застосування : навч. посіб. Київ: Лібра, 2008. 317 с.

29) Засоби індивідуального захисту - [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://svan.com.ua/>.

## ДОДАТОК А

### Таблиця А1 – Розрахунок балансу споживання електроенергії

| Назва обладнання           | Кількість | Паспортна активна потужність, кВт | Тривалість роботи протягом місяця, год | Споживання електроенергії за рік відповідно до паспортної потужності, кВт*год | Узгоджене споживання електроенергії за рік відповідно до фактично спожитої електроенергії, кВт*год |
|----------------------------|-----------|-----------------------------------|--|---|--|
| Двигун 1 поверх            | 15        | 1,5                               | 150                                    | 40500   | 30409,66   |
| Повітрорудка 1 поверх      | 5         | 19                                | 150                                    | 171000  | 128396,32  |
| Перемикач 1 поверх         | 10        | 0,37                              | 150                                    | 6660  | 5000,70  |
| Просіювач 2 поверх         | 5         | 0,55                              | 150                                    | 4950  | 3716,74  |
| Перемикач 2 поверх         | 24        | 0,37                              | 150                                    | 15984   | 12001,68   |
| Просіювач 3 поверх         | 6         | 2,2                               | 150                                    | 23760   | 17840,33   |
| Перемикач 3 поверх         | 20        | 0,37                              | 150                                    | 13320   | 10001,40   |
| Спіроматика 3 поверх       | 3         | 2,2                               | 150                                    | 11880   | 8920,17  |
| Шнек 3 поверх              | 3         | 1,5                               | 150                                    | 8100  | 6081,93  |
| Спіроматика пекарський цех | 14        | 2,2                               | 150                                    | 55440   | 41627,44   |
| Шнек пекарський цех        | 2         | 1,5                               | 150                                    | 5400  | 4054,62  |
| Шнек лінія №7, №8          | 2         | 1,5                               | 150                                    | 5400  | 4054,62  |
| Шнек булочний цех          | 2         | 1,5                               | 150                                    | 5400  | 4054,62  |
| Розстійки                  | 6         | 0,18                              | 720                                    | 9331,2  | 7006,38  |
| Ділитель «Kemper»          | 1         | 1,67                              | 330                                    | 6613,2  | 4965,56  |
| Ділитель «Flyadek»         | 1         | 1,67                              | 330                                    | 6613,2  | 4965,56  |
| Піч газова «Галілео»       | 5         | 2,09                              | 720                                    | 90288   | 67793,26   |
| Шкаф розстійки «Бриз+»     | 1         | 0,73                              | 720                                    | 6307,2  | 4735,80  |
| Тістоміс «Торос»           | 2         | 6,19                              | 330                                    | 49024,8   | 36810,55   |
| Округлювач                 | 2         | 1,5                               | 330                                    | 11880   | 8920,17  |
| Транспортер                | 1         | 0,75                              | 330                                    | 2970  | 2230,04  |
| Пакувальна машина «Swift»  | 1         | 2,2                               | 720                                    | 19008   | 14272,26   |

продовження таблиці А1

|                               |    |       |     |         |           |
|-------------------------------|----|-------|-----|---------|-----------|
| Піч №1 «ZSE Praha»            | 1  | 60,5  | 0   | 0       | 0,00      |
| Піч №2 «АИР-132М4У3»          | 1  | 57,2  | 0   | 0       | 0,00      |
| Піч №3 б/н                    | 1  | 51,6  | 540 | 334368  | 251062,11 |
| Піч №4 б/н                    | 1  | 51,6  | 540 | 334368  | 251062,11 |
| Піч №5 «ZSE Praha»            | 1  | 56,4  | 360 | 243648  | 182944,49 |
| Піч №6 «ZSE Praha»            | 1  | 60,5  | 0   | 0       | 0,00      |
| Піч №7 б/н                    | 1  | 42,9  | 540 | 277992  | 208731,87 |
| Пакувальний апарат «Hartmann» | 3  | 9,5   | 720 | 246240  | 184890,70 |
| Пакувальний апарат «Davaina»  | 2  | 3,5   | 720 | 60480   | 45411,75  |
| Вентиляція: Булочний цех      | 3  | 2,2   | 720 | 57024   | 42816,79  |
| Вентиляція: Пекарський цех    | 16 | 0,062 | 720 | 8570,88 | 6435,49   |
| Вентиляція: Пекарський цех    | 1  | 0,9   | 720 | 7776    | 5838,65   |
| Вентиляція: Пекарський цех    | 2  | 2,2   | 720 | 38016   | 28544,53  |
| Вентиляція: Кондитерський цех | 12 | 2,2   | 720 | 228096  | 171267,18 |
| Вентиляція: Експедиторська    | 15 | 2,2   | 720 | 285120  | 214083,97 |
| Вентиляція: Механічний цех    | 2  | 1,5   | 720 | 25920   | 19462,18  |
| Вентиляція: АБК               | 4  | 2,2   | 720 | 76032   | 57089,06  |
| Вентиляція: Технічний поверх  | 2  | 7,5   | 720 | 129600  | 97310,90  |
| Компресор                     | 2  | 7,5   | 720 | 129600  | 97310,90  |
| Компресор «Balma 500»         | 1  | 10    | 720 | 86400   | 64873,93  |
| Компресор                     | 3  | 2,5   | 720 | 64800   | 48655,45  |
| Сольовий насос                | 3  | 7,5   | 120 | 32400   | 24327,72  |
| Сольовий насос                | 1  | 0,75  | 120 | 1080    | 810,92    |
| Сольовий насос                | 1  | 4     | 120 | 5760    | 4324,93   |
| Сольовий насос                | 1  | 3     | 120 | 4320    | 3243,70   |
| Насос водобаків               | 2  | 3,1   | 720 | 53568   | 40221,84  |
| Насос водобаків               | 2  | 0,7   | 720 | 12096   | 9082,35   |
| Насос водобаків               | 1  | 2,2   | 720 | 19008   | 14272,26  |

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 122  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

продовження таблиці А1

|  |      |       |     |          |           |
|--|------|-------|-----|----------|-----------|
| Насос водобаків                                      | 1    | 0,9   | 720 | 7776     | 5838,65   |
| Насос водобаків                                      | 1    | 0,55  | 720 | 4752     | 3568,07   |
| Насос технічний поверх                               | 1    | 3     | 720 | 25920    | 19462,18  |
| Світильник ЛБ 2*36 Вт                                | 1000 | 0,072 | 487 | 462528   | 462528    |
| Світильник з світлодіодними лампами                  | 132  | 0,036 | 480 | 27371,52 | 20552,06  |
| Світильник зовнішній ДНаТ                            | 33   | 0,25  | 360 | 35640    | 26760,50  |
| Система охолодження рідини CBM-H48KX-H-B2C5Z1        | 2    | 15,7  | 720 | 271296   | 203704,14 |
| Камера морозильна Juka M300S                         | 1    | 0,083 | 720 | 717,12   | 538,45    |
| Холодильник Донбас 10е                               | 1    | 0,066 | 720 | 570,24   | 428,17    |
| Льодогенератор MF 56 AS (SCOTSMAN)                   | 2    | 2     | 720 | 34560    | 25949,57  |
| Холодильник однокамерний Beko RSNE445E22             | 1    | 0,019 | 720 | 164,16   | 123,26    |
| Холодильник однокамерний Веко пекарня №8 RFNE312E23W | 1    | 0,037 | 720 | 319,68   | 240,03    |
| Холодильник НОРД ДХ-403-010 ТУ У                     | 1    | 0,016 | 720 | 138,24   | 103,80    |
| Холодильник  | 1    | 0,016 | 720 | 138,24   | 103,80    |
| Обладнання морозильне камера -18*С                   | 1    | 0,021 | 720 | 181,44   | 136,24    |
| Обладнання холодильне камера охолодження тіста       | 1    | 0,021 | 720 | 181,44   | 136,24    |
| Стіл холодильний ВМ 4 PR                             | 2    | 0,495 | 720 | 8553,6   | 6422,52   |
| Шокер Міве на 2 вагонки -38*С                        | 1    | 2,084 | 720 | 18005,76 | 13519,73  |
| Камера холодильна зберігання сировини                | 3    | 0,021 | 720 | 544,32   | 408,71    |
| Шафа холодильна Cold S-1400                          | 1    | 0,634 | 720 | 5477,76  | 4113,01   |
| Шафа холодильна Mawi SCH-1400p                       | 1    | 0,25  | 720 | 2160     | 1621,85   |

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 123  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

продовження таблиці А1

|                                   |   |       |               |                    |                  |
|-----------------------------------|---|-------|---------------|--------------------|------------------|
| Установка водоохолодж.<br>СВ-МТ32 | 1 | 2,85  | 0             | 0                  | 0,00             |
| Камера охолодження чанів          | 1 | 0,019 | 720           | 164,16             | 123,26           |
| Шафа холодильна ШХ-1-12-Н-2к      | 1 | 0,025 | 720           | 216                | 162,18           |
| Шафа холодильна ШХТК-1            | 1 | 0,025 | 0             | 0                  | 0,00             |
| Холодильник "Днепр442"            | 1 | 0,025 | 720           | 216                | 162,18           |
| Холодильник Кристал 408-1         | 1 | 0,073 | 720           | 630,72             | 473,58           |
| Шафа морозильна SN-147S           | 1 | 0,63  | 720           | 5443,2             | 4087,06          |
| Холодильник "Днепр442"            | 3 | 0,025 | 720           | 648                | 486,55           |
| Холодильник "Минск"               | 1 | 0,036 | 720           | 311,04             | 233,55           |
| Холодильник Норд 300              | 1 | 0,043 | 720           | 371,52             | 278,96           |
| Холодильник "HANS"                | 2 | 0,015 | 720           | 259,2              | 194,62           |
| Шафа холодильна "Snaige"          | 1 | 0,085 | 720           | 734,4              | 551,43           |
| Шафа холодильна ВХТ 405/220       | 1 | 0,057 | 720           | 492,48             | 369,78           |
| Витрина К600                      | 1 | 0,17  | 0             | 0                  | 0,00             |
| Холодильна установка              | 1 | 0,021 | 0             | 0                  | 0,00             |
| Титан-120 (Опалення)              | 2 | 120   | 374           | 1077120            | 808761,68        |
| Парогенератор ПГ-25 (ГВП)         | 1 | 18    | 243           | 52488              | 39410,91         |
| Парогенератор ПГ – 100 (ГВП)      | 2 | 75    | 94            | 169200             | 127044,78        |
| Бойлер відкритого типу (ГВП)      | 3 | 16    | 720           | 437760             | 328694,59        |
| <b>ВСЬОГО</b>                     |   |       | <b>44 851</b> | <b>6 144 714,7</b> | <b>4 613 794</b> |

|       |       |           |        |      |                      |      |
|-------|-------|-----------|--------|------|----------------------|------|
|       |       |           |        |      | НТУУ 001.7111.073 ПЗ | Арк. |
|       |       |           |        |      |                      | 124  |
| Змн.З | Арк.А | № докум.№ | Підпис | Дата |                      |      |

Таблиця А2 – Розрахунок балансу споживання газу

| Обладнання                                 | Потужність,<br>кВт | Час<br>роботи,<br>год/місяць | Споживання газу<br>в місяць, м3/міс | Споживання<br>газу в рік,<br>м3/рік | Коеф-т<br>використання | Узгоджене<br>споживання,<br>кВт*год/рік |
|--|--------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---|
| Піч ППЦ-3_81                               | 614                | 595,20                       | 15 714,47                           | 188573,64                           | 0,8                    | 1 754 173,44                            |
| Піч GOSTOL-90                              | 1181               | -                            | -                                   | 0,00                                | 0                      | -                                       |
| ППП - 3-72.2011                            | 744                | 595,20                       | 19 041,64                           | 228499,66                           | 0,8                    | 2 125 578,24                            |
| Піч GOSTOL-72                              | 651                | 595,20                       | 16 661,43                           | 199937,20                           | 0,8                    | 1 859 880,96                            |
| Піч ППЦ-3_81                               | 614                | 595,20                       | 15 714,47                           | 188573,64                           | 0,8                    | 1 754 173,44                            |
| Піч ППЦ-3_81                               | 614                | -                            | -                                   | 0,00                                | 0                      | -                                       |
| Піч РРР 3- 54                              | 534                | 595,20                       | 13 666,98                           | 164003,79                           | 0,8                    | 1 525 616,64                            |
| Піч Galileo 108C                           | 74                 | 669,60                       | 1 331,67                            | 15980,00                            | 0,9                    | 148 651,20                              |
| Піч Galileo 108C                           | 74                 | 669,60                       | 1 331,67                            | 15980,00                            | 0,9                    | 148 651,20                              |
| Піч Galileo 108C                           | 74                 | 669,60                       | 1 331,67                            | 15980,00                            | 0,9                    | 148 651,20                              |
| Піч Galileo 108C                           | 74                 | 669,60                       | 1 331,67                            | 15980,00                            | 0,9                    | 148 651,20                              |
| Піч Galileo 108C                           | 74                 | 669,60                       | 1 331,67                            | 15980,00                            | 0,9                    | 148 651,20                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Revent 724                             | 74                 | 744,00                       | 1 479,63                            | 17755,56                            | 1                      | 165 168,00                              |
| Піч Pavailler<br>X33C                      | 87                 | 744,00                       | 1 739,57                            | 20874,78                            | 1                      | 194 184,00                              |
| Піч MIWE Roll-<br>In e+3.0                 | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Піч MIWE Roll-<br>In e+3.0                 | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Піч MIWE Roll                              | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Піч MIWE Roll                              | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Піч MIWE Roll                              | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Піч MIWE Roll                              | 93                 | 744,00                       | 1 859,54                            | 22314,42                            | 1                      | 207 576,00                              |
| Котел<br>BONGIOANNI<br>EUROBONGAS<br>1/9 I | 92,1               | 744,00                       | 6 850,53                            | 22314,42                            | 1                      | 764 709,98                              |
| Котел<br>BONGIOANNI<br>EUROBONGAS<br>1/9 I | 92,1               | 744,00                       | 6 850,53                            | 22314,42                            | 1                      | 764 709,98                              |

## ДОДАТОК Б

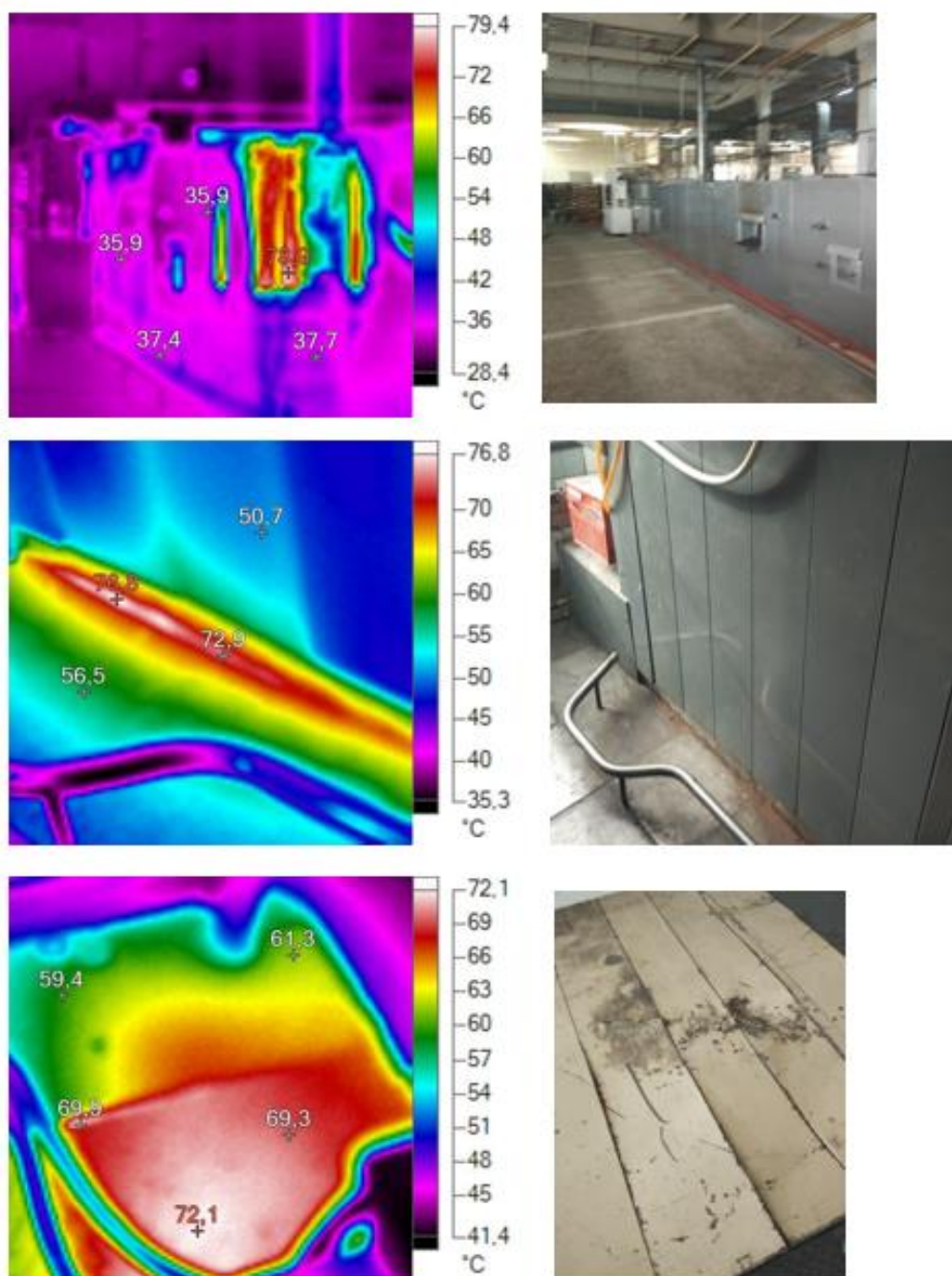


Рисунок Б1 – Тепловізійна зйомка прогару футерування печей

## ДОДАТОК В

|                          |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| ВЫВОД ИТОГОВ             |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Регрессионная статистика |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Множественный R          | 0,986137568         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| R-квадрат                | 0,972467303         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Нормированный R-квадрат  | 0,966348926         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Стандартная ошибка       | 3151,749919         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Наблюдения               | 12                  |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Дисперсионный анализ     |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          | <i>df</i>           | <i>SS</i>                 | <i>MS</i>         | <i>F</i>          | <i>Значимость F</i> |                    |                     |                      |
| Регрессия                | 2                   | 3157710116                | 1578855058        | 158,9420324       | 9,53497E-08         |                    |                     |                      |
| Остаток                  | 9                   | 89401747,99               | 9933527,555       |                   |                     |                    |                     |                      |
| Итого                    | 11                  | 3247111864                |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          | <i>Коэффициенты</i> | <i>Стандартная ошибка</i> | <i>статистика</i> | <i>P-Значение</i> | <i>Нижние 95%</i>   | <i>Верхние 95%</i> | <i>Нижние 95,0%</i> | <i>Верхние 95,0%</i> |
| Y-пересечение            | 13233,88205         | 15325,80339               | 0,863503316       | 0,410282031       | -21435,49386        | 47903,25797        | -21435,49386        | 47903,25797          |
| Переменная X 1           | -638,2192503        | 149,1627598               | -4,27867687       | 0,002053946       | -975,6488559        | -300,7896448       | -975,6488559        | -300,7896448         |
| Переменная X 2           | 34,42221851         | 4,120158628               | 8,354585738       | 1,56274E-05       | 25,10177216         | 43,74266486        | 25,10177216         | 43,74266486          |

Рисунок В1 – Результаты регресійного аналізу №1

|                          |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| ВЫВОД ИТОГОВ             |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Регрессионная статистика |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Множественный R          | 0,87117087          |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| R-квадрат                | 0,758938684         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Нормированный R-квадрат  | 0,734832552         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Стандартная ошибка       | 8847,333267         |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Наблюдения               | 12                  |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
| Дисперсионный анализ     |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          | <i>df</i>           | <i>SS</i>                 | <i>MS</i>         | <i>F</i>          | <i>Значимость F</i> |                    |                     |                      |
| Регрессия                | 1                   | 2464358805                | 2464358805        | 31,48322162       | 0,000224242         |                    |                     |                      |
| Остаток                  | 10                  | 782753059,5               | 78275305,95       |                   |                     |                    |                     |                      |
| Итого                    | 11                  | 3247111864                |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          |                     |                           |                   |                   |                     |                    |                     |                      |
|                          | <i>Коэффициенты</i> | <i>Стандартная ошибка</i> | <i>статистика</i> | <i>P-Значение</i> | <i>Нижние 95%</i>   | <i>Верхние 95%</i> | <i>Нижние 95,0%</i> | <i>Верхние 95,0%</i> |
| Y-пересечение            | 140650,9458         | 4241,059553               | 33,16410533       | 1,4669E-11        | 131201,2762         | 150100,6153        | 131201,2762         | 150100,6153          |
| Переменная X 1           | -1566,820268        | 279,2412655               | -5,610991145      | 0,000224242       | -2189,008581        | -944,6319553       | -2189,008581        | -944,6319553         |

Рисунок В2 – Результаты регресійного аналізу №2