

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ, МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-21м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

М. Дорошенко Дорошенко М.О

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ

Ю.А. Шулле Шулле Ю.А.  
«19» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., професор кафедр ЕСК

О.В. Руданенко Руданенко О.В.  
«20» 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н. професор Бурбело М.Й.

М. Бурбело  
«19» 12 2022 р.

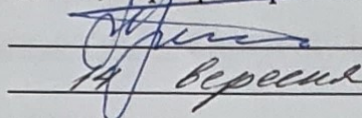
Вінниця 2022

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

 М. Й. Бурбело  
14 вересня 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**ДОРОШЕНКО МАРИНИ ОЛЕКСАНДРІВНІ**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затвердені наказом ВНТУ від «14» 09 2022 р., № 203

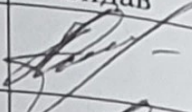
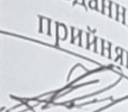
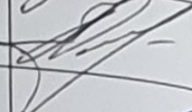
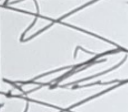
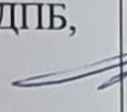
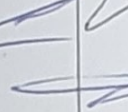
2. Термін подання студентом роботи «14» 12 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про аптечно-медичний заклад міста Вінниці. 2. Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці. 3. Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу міста Вінниці. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства.  
Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

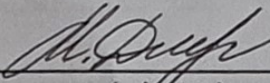
6. Консультанти розділів роботи

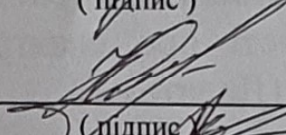
| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта                  | Підпис, дата  |   |
|---|--|---|---|
|   |  | завдання видав  | завдання прийняв  |
| Спеціальна частина                                | Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ                       |  |  |
| Економічна частина                                | Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ                       |  |  |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор |  |  |

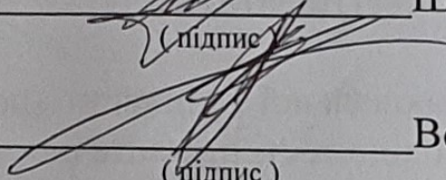
7. Дата видачі завдання «23» вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Загальні відомості про аптечно-медичний заклад міста Вінниці                              | 30.09.2022                    | вико.    |
| 2     | Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці | 14.10.2022                    | вико.    |
| 3     | Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу міста Вінниці                     | 29.10.2022                    | вико.    |
| 4     | Економічна частина  | 04.11.2022                    | вико.    |
| 5     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях   | 18.11.2022                    | вико.    |
| 6     | Графічна частина  | 06.12.2022                    | вико.    |

Студент  Дорошенко М.О.  
(підпис)

Керівник роботи  Шулле Ю.А.  
(підпис)

Нормоконтроль  Войтюк Ю. П.  
(підпис)

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ, МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-21м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
\_\_\_\_\_Дорошенко М.О

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ  
\_\_\_\_\_Шулє Ю.А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Опонент: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2022 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н. професор Бурбело М.Й.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця 2022

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

\_\_\_\_\_ М. Й. Бурбело

\_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**ДОРОШЕНКО МАРИНІ ОЛЕКСАНДРІВНІ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затверджені наказом ВНТУ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р., № \_\_\_

2. Термін подання студентом роботи «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про аптечно-медичний заклад міста Вінниці. 2. Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці. 3. Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу міста Вінниці. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта                  | Підпис, дата   |                  |
|---|--|----------------|------------------|
|   |  | завдання видав | завдання прийняв |
| Спеціальна частина                                | Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ                        |                |                  |
| Економічна частина                                | Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ                        |                |                  |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор |                |                  |

## 7. Дата видачі завдання «23» вересня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Загальні відомості про аптечно-медичний заклад міста Вінниці                              | 30.09.2022                    |          |
| 2     | Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці | 14.10.2022                    |          |
| 3     | Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу міста Вінниці                     | 29.10.2022                    |          |
| 4     | Економічна частина  | 04.11.2022                    |          |
| 5     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях   | 18.11.2022                    |          |
| 6     | Графічна частина  | 06.12.2022                    |          |

Студент \_\_\_\_\_ Дорошенко М.О.  
( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шулле Ю.А.  
( підпис )

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Войтюк Ю. П.  
( підпис )

УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Дорошенко Марина Олександрівна. Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2022. 105 с.

На укр. мові. бібліогр.: 52 назв; рис.: 10; табл.: 21.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано питання підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця.

В роботі визначено оптимальні параметри системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця. Розроблено заходи з енергозбереження. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, енергоефективність, енергозбереження, підприємство.

## ABSTRACT

Doroshenko Maryna Oleksandrivna. Increasing the efficiency of the power supply system of the pharmacy and medical facility, Vinnytsia city. Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2022. 105 p.

In Ukrainian language. bibliogr.: 52 titles; Fig. Stk.: 10; table.: 21

In this master's thesis, the issue of increasing the efficiency of the power supply system of the pharmacy and medical institution, Vinnytsia city, is resolved.

In the work, the optimal parameters of the power supply system of the pharmacy and medical institution, Vinnytsia city, are determined. Energy saving measures have been developed. The main economic indicators of the power supply system were calculated and measures for labor protection and safety in emergency situations were worked out.

Key words: power supply system, energy efficiency, energy saving, enterprise.



## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| ВСТУП   | 7   |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД   | 9   |
| 1.1 Характеристика закладу  | 9   |
| 1.2 Особливості створення і роботи аптечно-медичного закладу  | 11  |
| 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ<br>АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ МІСТА ВІННИЦІ  | 14  |
| 2.1 Оптимізація потужності КТП  | 14  |
| 2.2 Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ  | 14  |
| 2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури  | 17  |
| 2.4 Вибір потужності конденсаторної установки   | 18  |
| 2.5 Вибір вимірювальних трансформаторів струму  | 20  |
| 2.6 Облік електроенергії  | 21  |
| 2.7 Мережі 0,4 кВ   | 21  |
| 2.8 Заземлення, занулення та грозозахист  | 25  |
| 2.9 Висновки до розділу 2   | 27  |
| 3 ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО<br>ЗАКЛАДУ   | 29  |
| 3.1 Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу   | 29  |
| 3.2 Модернізації теплової схеми з встановленням теплового насосу та<br>електричних котлів аптечно-медичного закладу                           | 39  |
| 3.3 Висновки до розділу 3   | 64  |
| 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ<br>РОБОТИ  | 65  |
| 4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи   | 65  |
| 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання   | 67  |
| 4.3 Розрахунок поточних витрат  | 69  |
| 4.4 Розрахунок собівартості електроенергії  | 75  |
| 4.5 Висновки до розділу 4   | 78  |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ   | 79  |
| 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання  | 79  |
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії   | 84  |
| 5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності<br>СЕС аптечно-медичного закладу в умовах дії загрозливих чинників НС | 91  |
| 5.4 Висновки до розділу 5   | 96  |
| ВИСНОВКИ  | 97  |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| ДОДАТКИ  | 106 |
| Додаток А – Технічне завдання  | 106 |
| Додаток Б – Вихідні дані   | 109 |
| Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність<br>текстових запозичень | 110 |
| Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства                               | 111 |
| Додаток Д – Матеріали роботи   | 112 |

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Система електропостачання (СЕП) – це сукупність електроустановок пов'язаних єдиним процесом виробництва, передачі, перетворення і розподілу електричної енергії по споживачам. Основними факторами при прийнятті оптимальних рішень, які характеризують систему електропостачання є вартість і трудомісткість її спорудження, надійність і безпечність експлуатації електротехнічних установок, економічність передачі електричної енергії споживачам, а також дотримання в допустимих межах показників якості електричної енергії.

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням і структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Актуальною задачею є підвищення енергоефективності системи електропостачання аптечно-медичних закладів шляхом оптимізації самої системи електропостачання, а саме вибором:

- оптимальної кількості та потужності трансформаторів цехових ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- оптимальних заходів з енергозбереження.

*Мета і завдання дослідження.* Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП.

Для досягнення поставленої мети у роботі розв'язуються задачі:

- виконати розрахунок оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП;

- здійснити розрахунок оптимальних перерізів провідників електричних мереж;
- зробити розрахунок оптимальних потужностей конденсаторних установок;
- розробити заходи з енергозбереження.

*Об'єкт дослідження* – система електропостачання аптечно-медичного закладу.

*Предмет дослідження* – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання аптечно-медичного закладу.

*Наукова новизна одержаних результатів.* Удосконалено систему електропостачання аптечно-медичного закладу, а саме, шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів провідників електричних мереж, оптимального розміщення трансформаторних підстанцій, розрахунку оптимальних потужностей конденсаторних установок та запропоновано шляхи енергозбереження.

*Практичне значення одержаних результатів:* практична реалізація отриманих рішень дозволить оптимізувати електропостачання та підвищити енергоефективність системи електропостачання аптечно-медичного закладу: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП нормальним та аварійним електричним режимам, зменшити витрати електроенергії.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД

## 1.1 Характеристика закладу

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці.

Будемо підвищувати ефективність системи електропостачання аптечно-медичної поліклініки по вул. Князів Коратовичів, 209 в м. Вінниця.

Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії.

Напруга електричної мережі – 10 кВ. Розрахункова потужність – 364 кВт.

Електропостачання виконується від опори № 11 ЛЕП-10 кВ, Ф-37, ПС 110/35/10 «Південна».

На рис. 1.1 показано генеральний план аптечно-медичного закладу міста Вінниці.

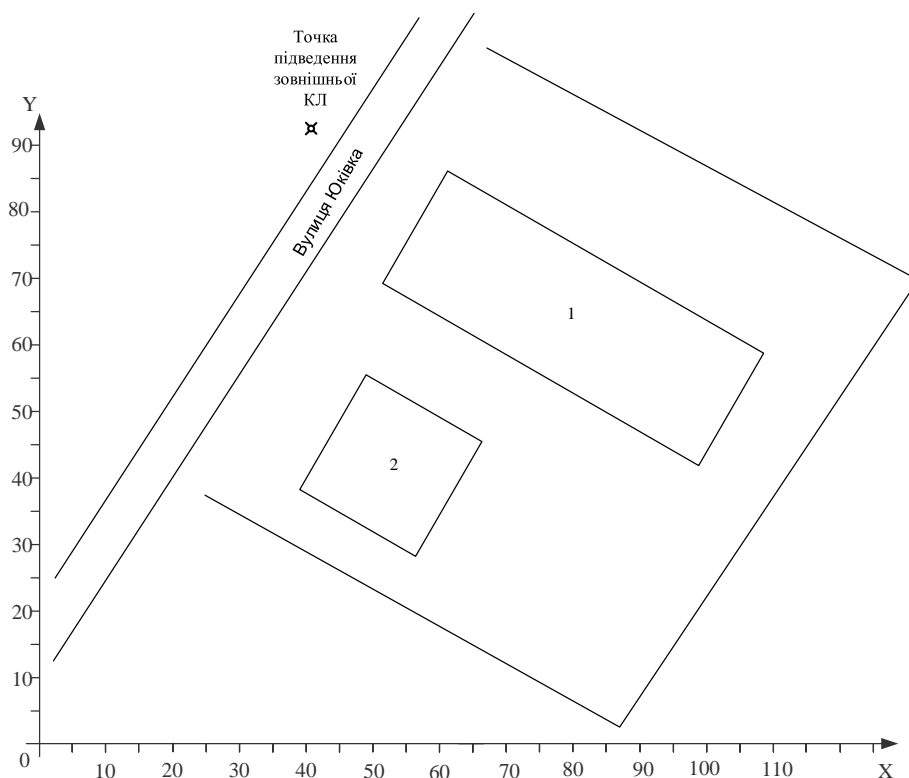


Рисунок 1.1 – Генеральний план аптечно-медичного закладу міста Вінниці, де 1- реабілітаційний центр, 2 – аптека

Основне обладнання аптечно-медичного закладу:

-фармацевтичні холодильники, які підходять для установки в аптеках, фармацевтичних компаніях, лікарнях, центрах профілактики епідемій та клініках. Фармацевтичні холодильники забезпечують кращі показники температури та мають більш зручні функції керування;

- системи рентгенівської діагностики. Забезпечують рентгенографію у всіх частинах медичного закладу завдяки компактному дизайну, мобільності та можливості універсального застосування. Легкі та зручний у транспортуванні, можуть бути швидко переміщені у потрібне відділення, щоб задовольнити клінічні потреби лікаря.

- апарати ударно-імпульсний вакуум термомасажу і кавітації. За допомогою апарату термомасажу можна проводити наступні сеанси: імпульсний ударно-вакуумний масаж; термомасаж; УЗ-кавітація. Всі процедури на обладнанні для вакуумного масажу можна проводити окремо або включати в загальний курс, спрямований на схуднення і лікування целюліту.

-апарати для ДМХ терапії «ДМВ-02 «Сонечко» призначені для місцевого впливу у лікувальних цілях на окремі ділянки людського організму і внутрішні порожнини високочастотним електромагнітним полем дециметрового діапазону. Апарат призначений для застосування у фізіотерапевтичних відділеннях лікувальних та лікувально-профілактичних установ. Перш ніж почати користуватися апаратом ДМВ-02 «Сонечко», необхідно уважно ознайомитися з керівництвом по експлуатації, що додається до виробу. Процедури проводяться під наглядом лікаря (медичної сестри).

На відміну від свого аналога ДМВ-01-1 «Сонечко» ДМВ-02 укладений у пластмасовий корпус, має вбудовану індикацію потужності випромінювання і режим зниженої потужності для лікування дітей і рекомендується при наступних захворюваннях:

- запально-дистрофічні процеси в опорно-рухового апарату;
- травматичні пошкодження кісток, суглобів, м'яких тканин;
- бронхіальна астма, гостра пневмонія;

- гінекологічні захворювання;
- запальні процеси щелепно-лицевої області;
- синдром і хвороба Паркінсона;
- аднексит;
- гіпертонія;
- виразкові хвороби;
- захворювання ЛОР-органів і ін/

## **1.2 Особливості створення і роботи аптечно-медичного закладу**

Відкрити приватний медичний заклад може будь-який підприємець й для цього не обов'язково бути особисто практикуючим лікарем, чи мати медичний диплом. Медичний бізнес – один із найбільш високорентабельних і кількість гравців приватної медицини на українському ринку зростає з кожним роком.

Для відкриття медичного закладу необхідно:

- визначитися з напрямком клініки;
- скласти бізнес-план клініки;
- розробити маркетингову стратегію зростання (план із залучення та утримання пацієнтів);
- підготувати початковий капітал.

Розташування медичного закладу дуже важливе для майбутнього успіху. Ідеальний варіант – це локація в центрі міста, поруч із транспортними магістралями, або у спальних районах. Розташування поруч з іншими лікувальними закладами також може бути плюсом і допоможе залучити пацієнтів, яким необхідна експертна думка ще одного фахівця. У випадку розглянутого аптечно-медичного закладу саме так і є, адже він межує з Вінницькою обласною клінічною психоневрологічною лікарнею ім. академіка О. І. Ющенка та з Вінницьким обласним клінічним госпіталем ветеранів війни.

Приміщення під медичний заклад необхідно вибирати у залежності від кількості послуг, які він буде надавати. Рекомендується підбирати приміщення

на 20% більше поточних вимог до площі. Згідно із вимогами протипожежної служби й санепіднагляду, обов'язково необхідно зробити спеціальну вентиляцію, освітлення та особливий ремонт приміщення медичного закладу.

При оформленні інтер'єру аптечно-медичного закладу бажано подбати про зручні дивани, ігрову зону для дітей, журнали на столику, телебачення.

Найбільш витратна частина для медичного закладу – придбання медичного обладнання. Якщо орієнтуватись на надання якісних медичних послуг за західними стандартами, то й обладнання необхідно купувати відповідне, бажано у світових виробників.

На початковому етапі можна придбати б/у техніку або лізинг. Багато часу може зайняти доставка великої техніки з-за кордону та установка обладнання.

Заклад, що надає медичні послуги, обов'язково має отримати ліцензію на медичну практику – дозвільний документ, виданий МОЗ. Для отримання ліцензії медичний заклад повинен мати підготовлене приміщення, перелік необхідного медичного обладнання і персонал із діючими сертифікатами. Дія ліцензії поширюється тільки на певну адресу медичного закладу. При плануванні витрат слід враховувати факт простоювання готового медичного закладу в період ліцензування.

Види медичної діяльності, які підлягають ліцензуванню, містять таку медичну допомогу: екстрену; первинну; вторинну або спеціалізовану; третинну або високоспеціалізовану; паліативну; медичну реабілітацію.

Медичний заклад має право надавати медичні послуги відповідно до заявлених у поданих документах лікарських та фармацевтичних спеціальностях, а також спеціальностях молодших спеціалістів.

У медичній практиці медичний заклад може використовувати виключно дозволені МОЗ України лікарські засоби, а також методи профілактики, діагностики, лікування та реабілітації.

Для організації роботи медичного закладу – адміністраторів, медсестер, лікарів, фінансового відділу, роботи із пацієнтами необхідна медична інформаційна система. Дані, що зібрані в такій системі, дозволяють керівнику



стежити за розвитком медичного закладу, прибутковістю, рентабельністю, якістю роботи фахівців, приймати стратегічні рішення що до подальшого розвитку закладу.

## 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ МІСТА ВІННИЦІ

### 2.1 Оптимізація потужності КТП

В роботі передбачається електропостачання аптечно-медичної поліклініки від РУ – 0,4 кВ, КТП № 954 (250 кВА) (на балансі ПП «Конекс»). Підключення КТП було виконано від опори № 11 існуючої ПЛ-10 кВ Ф-37 від ПС 110/35/10 «Південна». Загальна встановлена потужність становить 364 кВт. Згідно із ПУЕ силові масляні трансформатори 10/0,4 кВ допускають післяаварійне перевантаження на 40 % на період максимуму загальної добової тривалості не більше 6 год. протягом не більше 5 діб. При цьому коефіцієнт заповнення добового графіку навантаження трансформатора повинен бути не більше 0,75, тобто

$$S_{cp} \leq 0,75 * 1,4 * S_{нт} \leq 1,05 * S_{нт}.$$

На однострансформаторній підстанції без зв'язків на вторинній напрузі потужність трансформатору вибираємо по максимальному навантаженні при робочому режимі.

$$S_m = \frac{1,05 * P_H}{\cos \alpha} = \frac{1,05 * 364}{0,96} = 398,125 \text{ (кВА)}.$$

Отже, за розрахунками комплектна трансформаторна підстанція КТП № 954 на 250 кВА потребує заміни трансформатора на 630 кВА.

### 2.2 Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ

Переріз кабелю повинен прийматися найбільшим згідно з описаними умовами:

1. Кабелі повинні задовольняти вимогам у відношенні гранично допустимого нагріву з врахуванням нормальних та післяаварійних режимів роботи.

Для кабелів з паперовою просоченою ізоляцією (ААБЛУ; АСБЛ), які витримують навантаження менше номінальних та прокладених в землі, може допускатися короточасне перевантаження (КЧП), де ( $K_{\text{гран.нав.каб.}}=0,8$  , тоді  $K_{\text{ЧП}}=1,10$  протягом 3 годин), а на період ліквідації післяаварійного режиму допускається перевантаження не більше 1,20 протягом 5 діб при тривалості максимуму 6 годин на добу.

На період ліквідації післяаварійного режиму для кабелів з поліетиленовою ізоляцією допускається перевантаження до 10%, а для кабелів з ПВХ ізоляцією – до 15% на час не більше 6 годин на добу протягом 5 діб. допустима температура жили кабелю: 10 кВ (+60° С).

Для кабелів з резиною або пластмасовою ізоляцією (АВВГ; АВББШВ) допустима температура жили кабелю (+65° С) і землі (+15° С).

Для кабелів з ізоляцією із сшитого поліетилену допустима температура жили кабелю: +90° С.

2. Переріз кабелів повинно бути перевірено по економічній густині струму для нормального режиму роботи (струм в післяаварійному режимі не враховується).

3. Кабелі повинні перевірятися на умову нагрівання жил струмом короткого замикання (КЗ), тобто за термічною стійкістю струму короткого замикання. Підвищення температури жил кабелів при КЗ призводить до хімічного розкладання ізоляції та різкому зниженню її електричної та механічної міцності і, в підсумку, - до аварії.

4. Переріз кабелів перевіряється за втратою напруги.

Отже, проведемо розрахунок кабелю ААБЛ-10 кВ для нашого випадку.

1) Вибір перерізу кабелю ААБЛ-10 кВ за нагрівом в післяаварійному режимі.

Розрахунковий струм навантаження на РУ-10 кВ ТП:

$$I_p = S_p (\sqrt{3} \cdot U) = 364 / \sqrt{3} \cdot 10 = 21,04(\text{А}).$$

Попередньо вибираємо переріз кабелю 120 мм<sup>2</sup>. Допустимий струм для перерізу 120 мм<sup>2</sup> складає 240 А (ПУЕ, табл. 1.3.16)

З врахуванням наступних коефіцієнтів до I<sub>д.т.</sub>:

K<sub>1</sub>=1,10 (ПУЕ, табл. 1.3.3, п. 1.3.13).

K<sub>2</sub>=0,87 (ПУЕ, табл. 1.3.23) на питомий опір ґрунту.

K<sub>3</sub>=0,93 (ПУЕ, табл. 1.3.26) на кількість працюючих кабелів, які лежать поряд в землі.

Загальний коефіцієнт K=K<sub>1</sub>\*K<sub>2</sub>\*K<sub>3</sub>=0,89.

Таким чином, фактично допустимий струм I<sub>ф</sub> для кабелю перерізом 120 мм<sup>2</sup>, складає:

$$I_{\text{ф}}=I_{\text{д.т.}} \cdot K=240 \cdot 0,89=213,6 (\text{А});$$

$$I_p=21,04 (\text{А}).$$

Перевіряємо умову I<sub>ф</sub>≥I<sub>p</sub>, 213,6≥21,04 і бачимо, що вона виконується.

2) Вибір кабелю ААБл-10 кВ перерізом 120 мм<sup>2</sup> по економічній густині струму.

$$S_{\text{ек}}=I_p/J_{\text{ек}}=21,04/1,2= 17,5 (\text{мм}^2),$$

де S<sub>ек</sub> – переріз по економічній густині струму (мм<sup>2</sup>) по нормальному режиму;

J<sub>ек</sub> – 1,2 А/мм<sup>2</sup> – економічна густина струму (ПУЕ, табл. 1.3.36).

Умова 120 мм<sup>2</sup>≥17,5 мм<sup>2</sup> виконується.

3) Перевірка кабелю ААБл-10 кВ перерізом 3х120 мм<sup>2</sup> за термічною стійкістю.

$$I_{\text{кз}}(3\text{ф})=4,96 (\text{кА})/$$

Витримка часу максимального захисту на відхідній лінії

$t_B=0,5$  с – час вимкнення вимикача;

$t_0=0$  с.

Тоді дійсний час відключення лінії:

$$t_{Л}=0,5+0=0,5 \text{ (с)}.$$

Мінімальний переріз кабелю по термічній стійкості:

$$S_{\min} = I_{кз}(3\phi) \cdot \sqrt{t_{Л}} C,$$

де  $C=95$  – постійне значення для кабелів з алюмінієвими жилами 10 кВ

$$S_{\min} = 4960 \cdot \sqrt{0,5} / 95 = 36,91 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Умова  $120 \text{ мм}^2 \geq 50 \text{ мм}^2$  виконується.

4) Вибір кабелю за втратою напруги:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{табл.}} \cdot M (\text{МВт} \cdot \text{км}) = 0,3 \cdot 0,364 \text{ МВт} \cdot 0,7 \text{ км} = 0,08 \text{ \%}.$$

де  $\Delta U$  – таблична питома величина втрати напруги (Посібник до ВСН 97-83).

Умова за втратою напруги виконується.

### 2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури

Електрична мережа повинна мати захист від струмів короткого замикання, що забезпечить, по можливості, найменший час відключення та вимоги селективності. Апарати захисту по своїй відмикаючій здатності мають відповідати максимальному значенню струму КЗ на початку захисної ділянки електричної мережі. Номінальні струми уставок автоматичних вимикачів, які служать для захисту окремих ділянок мережі, у всіх випадках потрібно вибирати по можливості найменшими по розрахунковим струмам цих ділянок, але таким чином, щоб апарати захисту не відключали електроустановки при короткочасних навантаженнях.

В якості апаратів захисту повинні застосовуватися автоматичні вимикачі або диференційні вимикачі, які реагують на диференційний струм і служать як реле захисту від імпульсних перенапруг.

Апарати захисту потрібно розміщувати, по можливості, у доступних для обслуговування місцях таким чином, щоб була виключена можливість їх механічного пошкодження. Встановлення їх повинно бути виконано таким чином, щоб при роботі з ними або при їх дії були виключені небезпечність для обслуговуючого персоналу та можливість пошкодження предметів, що знаходяться навколо.

Апарати захисту повинні встановлюватися безпосередньо в місцях приєднання захисних провідників до живлячої лінії. Допускається у випадках необхідності приймати довжину ділянки між живлячою лінією і апаратом захисту відгалуження до 6 метрів. Не допускається встановлювати апарати захисту в місцях приєднання до живлячої мережі таких ліній управління, сигналізації та вимірювання, відключення яких може потягти за собою небезпечні наслідки (відключення пожежних насосів, вентиляторів, які запобігають утворенню вибухонебезпечних сумішей)

Електромагнітний розчіплювач автомата треба перевірити за струмом спрацювання:

$$I_{c.e} > I_p.;$$

$$630 \geq 576,77.$$

де  $I_{c.e}$  – струм спрацювання електромагнітного розчіплювача;

$I_p$  – розрахунковий робочий струм.

Отже, виконуємо заміну вимикача автоматичного згідно збільшеної потужності згідно технічних умов на ввіді в трансформаторній підстанції ВА 88-40 з розрахунковим струмом  $I_n=630$  А.

## 2.4 Вибір потужності конденсаторної установки

Для визначення ємності реактивної потужності  $Q_c$ , необхідної для досягнення заданого  $\cos \varphi$ , скористаємось формулою:

$$Q = P_{вст} * (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2),$$

де  $P_{вст}$  – встановлена потужність електроприймачів;  
 $\varphi_1, \varphi_2$  – кути здвигу фаз.

$$P_{вст}=P_{зам}=364 \text{ (кВт)}.$$

Повну потужність електроприймачів визначаємо за формулою:

$$S_{вст}= P_{вст}/\cos \varphi=364/0,75=485,33 \text{ (кВАр)};$$

$$\cos \varphi_1=0,75, \text{ тоді } \operatorname{tg}\varphi_1=0,88.$$

Приймаємо нормативний  $\cos \varphi_2=0,96$ , для нього  $\operatorname{tg}\varphi_2=0,29$ .

$$Q_k=364*(0,88-0,29)=214,76 \text{ (кВАр)}.$$

Вибираємо конденсаторну установку ККУ-0,4-220/6-20-21УЗ, потужністю 220 кВАр.

Схема електрична принципова ККУ-0,4-220/6-20-21УЗ показана на рис.2.1.

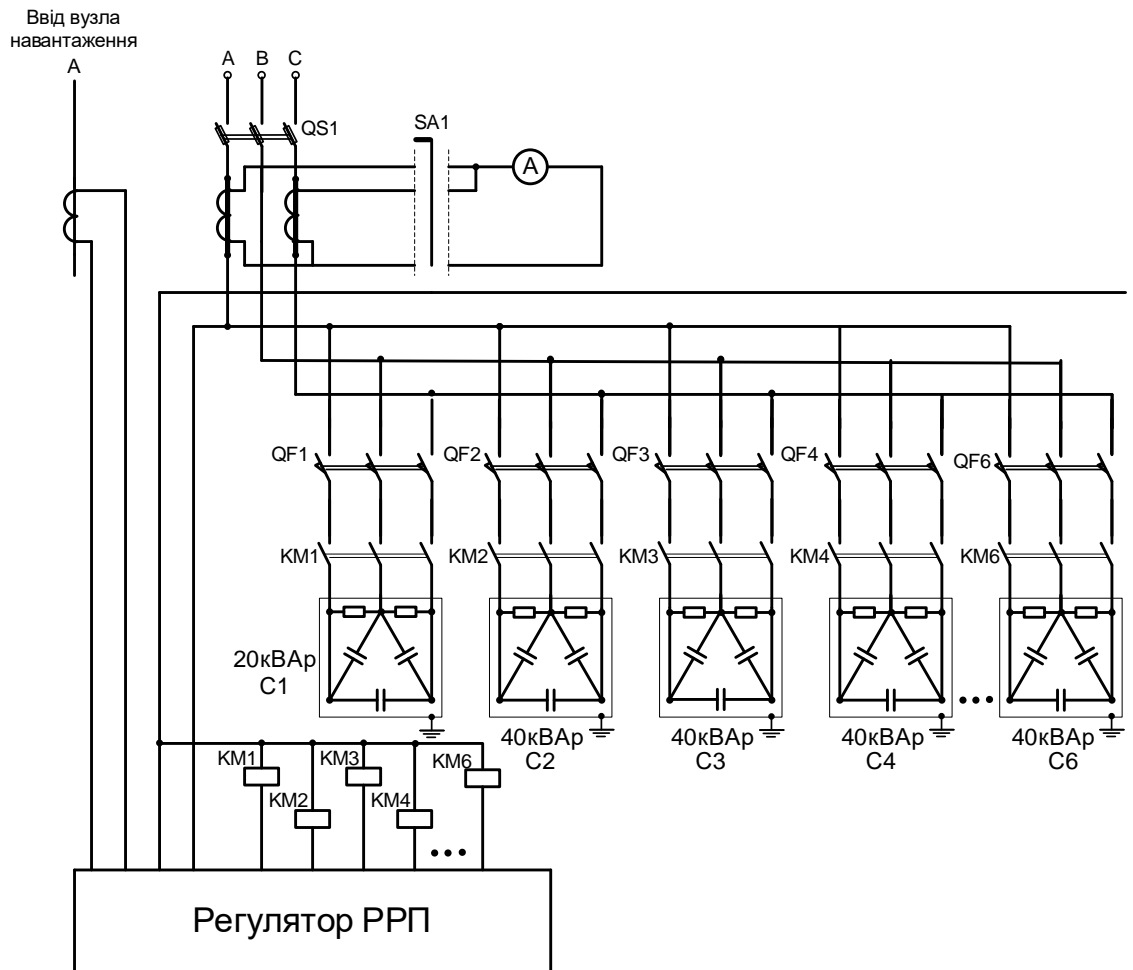


Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова ККУ-0,4-220/6-20-21У3

## 2.5 Вибір вимірювальних трансформаторів струму

Згідно ПУЕ при мінімальному навантаженні приєднання вторинний струм повинен становити не менше 5% від номінального струму лічильника. Номінальний вторинний струм дорівнює 5А.

Струм мінімального навантаження:

$$I_{1\min} = \frac{S_{\min}}{\sqrt{3}U_{ном}}$$

$$I_{1\min} = 20000 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 30,42 \text{ (А)}.$$

Вторинний струм при мінімальному навантаженні:

$$I_{2\min} = \frac{I_{1\min}}{K_1}$$

$$I_{2\min} = 30,42 \cdot 5 / 600 = 0,25 \text{ (А)}.$$



Відношення вторинного струму до номінального у відсотках складе:

$$(0,25/ 5) \cdot 100\% = 5 \geq 5\%.$$

Умова виконується.

Отже, вибраний трансформатор струму 600/5 відповідає вимогам.

## 2.6 Облік електроенергії

Облік електроенергії здійснюється існуючим електронним лічильником активної та реактивної енергії трансформаторного включення типу Itron SL7000 3x5 А, який розташовується у РУ-0,4 кВ КТП № 954.

## 2.7 Мережі 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю здійснюється по розрахунковому струму:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi,$$

де  $P$  – встановлена потужність споживача, Вт;

$U$  – номінальна напруга приєднання, В;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

Також переріз кабелю повинен бути перевірений по економічній густині струму. Економічно доцільний переріз  $S$ , мм<sup>2</sup>:

$$S = I / J_{ек},$$

де  $I$  – розрахунковий струм в години максимуму енергосистеми, А;

$J_{ек}$  – нормоване значення економічної густини струму, А/мм<sup>2</sup>.

Оскільки кабель алюмінієвий, то нормоване значення економічної густини струму приймаємо рівним 1,6 А/мм<sup>2</sup>.

Переріз, який отримаємо в результаті розрахунків, округлюємо до найближчого стандартного перерізу. Розрахунковий струм приймається для нормального режиму роботи, тобто збільшення струму в післяаварійних і ремонтних режимах мережі не враховується.

Отже, за даними формулами можна провести розрахунок вибору перерізу кабелю для даного випадку:

$$P = 134 \text{ (кВт)};$$

$$U = 380 \text{ (В)};$$

$$I = 134000 / 1,73 * 380 * 0,96 = 214,56 \text{ (А)};$$

$$S = 214,56 / 1,6 = 134,1 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, вибираємо кабель АВББШв 4х150 мм<sup>2</sup>.

Кабель, який вибраний за умовами нагріву та за економічною густиною струму, потрібно також перевірити на допустиму втрату напруги. Згідно ПУЕ для силових мереж відхилення напруги найбільш віддалених електроприймачів від номінального значення повинно складати не більше  $\pm 5\%$ .

Перевірка мереж трифазного струму за допустимою втратою напруги  $\Delta U_{\text{доп}}$ :

$$\Delta U = A * P_{\text{уст}} * L * (r_o + x_o * \text{tg}\varphi),$$

де  $A = 1 / 10 U_n^2$ ;

$U_n$  – номінальна міжфазна напруга (кВ);

$A = 0,69$  при  $U_n = 0,38$  кВ;

$A = 4,13$  при  $U_n = 0,22$  кВ;

$P_{\text{уст}}$  – установлена потужність (кВт);

$L$  – довжина ділянки мережі (км);

$r_o$  – питомий активний опір ділянки мережі (Ом/км);

$x_o$  – питомий реактивний опір ділянки мережі (Ом/км);

$\text{tg}\varphi$  – коефіцієнт потужності.

Проведемо розрахунок втрати напруги для даного випадку:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 0,69 * 134 * 0,09 * (0,21 + 0,1 * 0,251);$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 1,96.$$

Допустима втрата напруги складає 5%, тобто  $5 \geq 1,96$  то лінія має допустиме відхилення напруги. Переріз кабелю, який вибраний за економічною густиною струму – АВББШв 4x150 мм<sup>2</sup>.

При перевірці спрацювання захисту лінії по термічному струму при однофазному к.з. повинна виконуватись умова:

$$3 I_{\text{к.р.}} < I_{\text{к.з.}}$$

де  $I_{\text{к.р.}}$  – струм комбінованого розчеплювача;

$I_{\text{к.з.}}$  – однофазне к.з. ;

Однофазне коротке замикання – це вид к.з при якому значення струму найменше, а отже, якщо однофазне к.з буде задовільняти вимогу  $3 I_{\text{к.р.}} < I_{\text{к.з.}}$ , то і всі інші види к.з також.

$I_{\text{к.з.}}$  визначається за формулою:

$$I_{\text{к.з.}} = U_{\text{ф}} / (k \cdot l),$$

де  $U_{\text{ф}}$  – фазна напруга;

$k$  – коефіцієнт що враховує опори, залежить від матеріалу жил кабелю та його перерізу;

$l$  – довжина кабелю;

У випадку коли рівність не виконується, потрібно обирати більший переріз кабелю.

Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ представлена на рис. 2.2

| Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ |               |                 |                 |        |         |                     |            |                 |            |                      |                                      |      |  |                                      |  |  |
|--|---------------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------------------|------------|-----------------|------------|----------------------|--------------------------------------|------|--|--------------------------------------|--|--|
| Точка КЗ   | Трансформатор |                 |                 | Кабель |         |                     |            |                 |            |                      |                                      |      | Струм однофазного КЗ<br>( $I_k(1) = U_{фб} / (Z_{\Sigma} + Z_{TГЗ})$ ) | Струм плавної вставки<br>вимикача, А | Виконання умови<br>$I_k(1) > 3I_{уст}$ |  |
|  | Тип           | Потужність, кВа | Повний опір, Ом | Марка  | Переріз | Питомий опір, Ом/км |            |                 |            | Довжина траси,<br>км | Повний опір петлі<br>"Фаза-нуль", Ом |      |  |                                      |  |  |
|  |               |                 |                 |        |         | Фазного дроту       |            | Нульового дроту |            |                      |                                      |      |  |                                      |  |  |
|  |               |                 |                 |        |         | активний            | реактивний | активний        | реактивний |                      |                                      |      |  |                                      |  |  |
| 1  | ТМ            | 630             | 0,13            | АВББШв | 4x 150  | 0,21                | 0,1        | 0,21            | 0,1        | 0,09                 | 0,04                                 | 2582 | 250  | 2582                                 | > 750                                  |  |

Рисунок 2.2 – Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ

Оскільки, умова виконується, то переріз кабелю нам підходить і це буде АВББШв 4x150 мм<sup>2</sup>.

Мережа 380 В виконується суцільним кабелем з алюмінієвими жилами марки АВББШв 4x150 мм<sup>2</sup>.

Прийнятий переріз кабелю вибраний по довготривалому допустимому струму навантаження та перевірений на втрату напруги й спрацювання захисту при однофазних коротких замиканнях.

Кабель прокладений в траншеї 0,7 м під землею.

В якості ввідного пристрою прийнята корпусна навісна металоконструкція БМ-60 з монтажною панеллю і замками в якій розташовані:

- вимикач автоматичний ВА 88-35 3Р  $I_n=250$  А
- реле напруги РНПП-311М з контактором КТИ-5225
- вимикачі автоматичні Etimat 3Р  $I_n=100$  А
- вимикачі автоматичні Etimat 3Р  $I_n=125$  А
- вимикач автоматичний Etimat 3Р  $I_n=63$  А
- вимикач автоматичний Etimat 3Р  $I_n=40$  А
- вимикач автоматичний Etimat 3Р  $I_n=16$  А

Ввідний пристрій призначений для захисту від перенапруг, струмів розтікання, автоматичного відключення мережі споживача від живильної

мережі у разі пожежі, короткого замикання, перевищення дозволеного навантаження і захисту від крадіжок електроенергії.

Щит обліку має віконце для зняття показань електричного лічильника, а його дверка – можливість пломбування .

Перерізи запропонованих кабелів вибрані та оптимізовані для забезпечення мінімальних втрат електроенергії в мережі 10 та 0,4 кВ.

Лінії, що проектуються, споруджуються для передачі електроенергії на напрузі 0,38 кВ. Технологічний процес, що вказаний, є безвідходним і не супроводжується шкідливими викидами в оточуюче середовище (як повітряне так і водне), а рівень шуму та вібрації, що можуть створюватися обладнанням, не перевищують допустимих по ДСН 3.3.6.039-99; ДСН 3.3.6.037-99 величин. В зв'язку із цим проведення повітряно-водоохоронних заходів та заходів по зниженню рівня виробничого шуму і вібрації цим проектом не передбачається.

## **2.8. Заземлення, занулення та грозозахист**

В роботі пропонується система заземлення TN-C-S, яка передбачає прокладку нульового захисного РЕ-провідника. До РЕ-провідника приєднуються: корпуси штепсельних розеток, відкриті провідні частини світильників загального освітлення, металеві корпуси однофазних переносних електроприладів, металеві конструкції підвісних стель і перегородок.

Роботою передбачений заземлюючий пристрій вводу з опором розтіканню струму до 4 Ом, із горизонтальних і вертикальних елементів заземлювачів: горизонтальні заземлювачі – із сталі кутової 45x45x5 мм довжиною 2,5 м, які забиваються в землю у попередньо вириту траншею на відстані 2,5 м один від одного.

Схема електропостачання аптечно-медичної поліклініки по вул. Князів Коріатовичів, 209 в м. Вінниця показана на рис. 2.3.

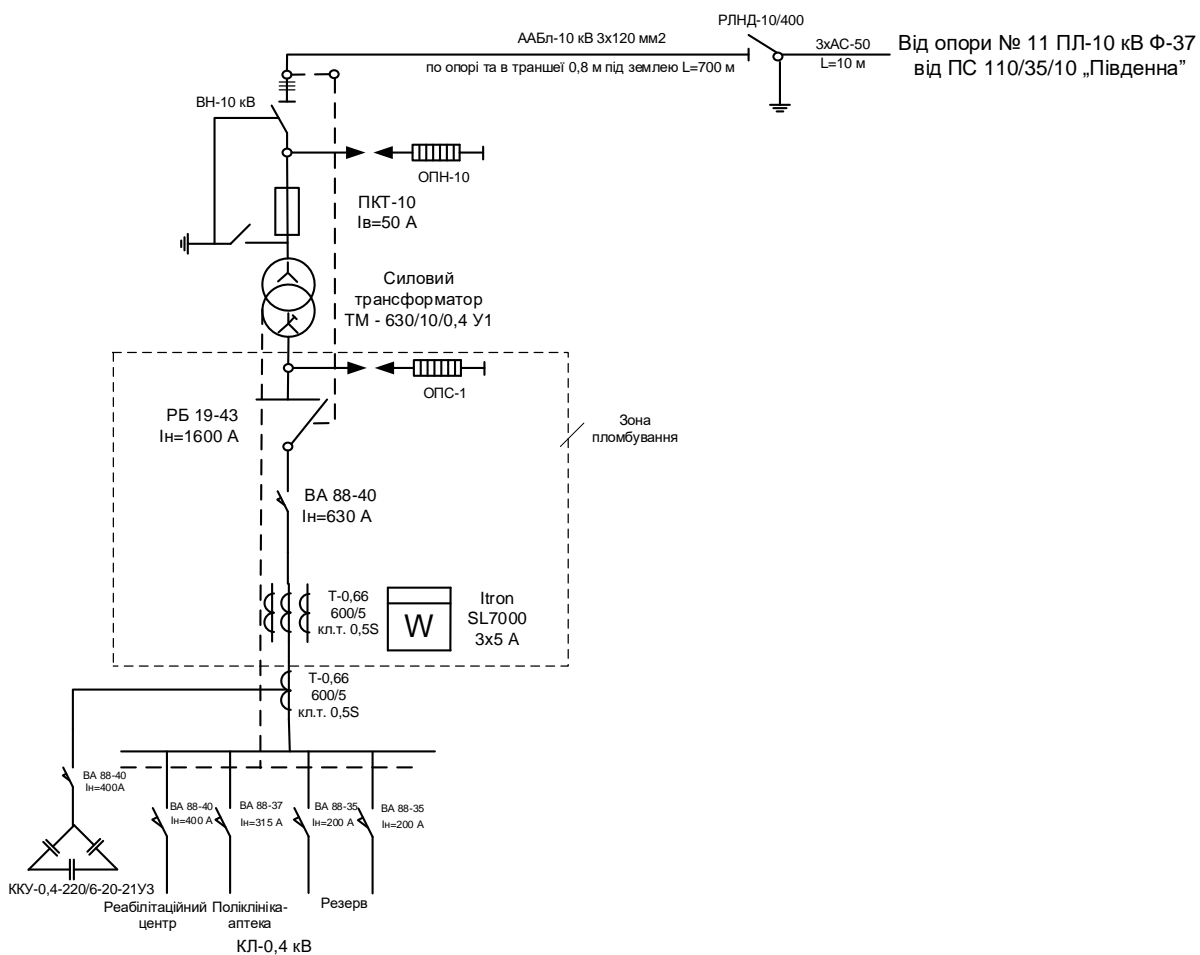


Рисунок 2.3 – Електропостачання аптечно-медичної поліклініки по вул. Князів Коріатовичів, 209 в м. Вінниця

## 2.6 Висновки до розділу 2

В цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунки і прийнято рішення по підвищенню ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці.

В роботі передбачається електропостачання аптечно-медичної поліклініки від РУ – 0,4 кВ, КТП № 954 (250 кВА) (на балансі ПП «Конекс»). Підключення КТП виконано від опори № 11 існуючої ПЛ-10 кВ Ф-37 від ПС 110/35/10 “Південна” кабелем ААБл -10 кВ 3х120 мм<sup>2</sup> та згідно розрахунків заміни не потребує. Загальна встановлена потужність становить 364 кВт.

За розрахунками комплектна трансформаторна підстанція КТП № 954 на 250 кВА потребує заміни трансформатора на 630 кВА. Мережі 0,4 кВ необхідно виконати додатково прокладеними алюмінієвими кабелями марки АВБШв 4х150 мм<sup>2</sup>, що прокласти в траншеї 0,7 м під землею. Перед прокладкою кабелю АВБШв-4х150 мм<sup>2</sup> потрібно зробити підсипку на дно траншеї, що не містить каміння, будівельного сміття і шлаку, завтовшки не менше 100 мм, а зверху прокладеного кабелю проложити цеглу та сигнальну стрічку.

Категорія надійності електропостачання – III.

Відповідно до ТУ для обліку електроенергії передбачено існуючий багатофункціональний лічильник активної та реактивної енергії трансформаторного включення типу SL7000 3х5 А, класу точності 1,0, що встановлений в РУ-0,4 кВ КТП № 954. Трансформатори струму потребують заміни згідно додаткової потужності.

На вводі та в РУ-0,4 кВ автоматичний вимикач, згідно збільшеної дозволеної потужності, потрібно замінити по проведеним розрахункам на вимикач ВА 88-40 ЗР 630 А. Для захисту електроустановки встановлено пристрій захисного відключення, що реагує на диференційний струм та реле захисту від імпульсних перенапруг РНПП-311М з магнітним пускачем. На відхідні лінії встановлені автоматичні вимикачі.

Для компенсації реактивної потужності передбачається встановлення конденсаторної установки типу ККУ-0,4-220/6-20-21УЗ на напругу 0,4 кВ потужністю 220 кВАр в РУ-0,4 кВ КТП № 954.

При монтажі електричного обладнання повинні виконуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 і інших нормативних норм й правил по охороні праці та техніки безпеки.

Всі металеві не струмоведучі частини обладнання потрібно заземлити. Зовнішній контур заземлення виконати з кутової сталі 45x45x5 мм, які з'єднані стальною полозою 40x5 мм. Вивід заземлення виконати стальною полозою 40x5 мм.

Отже, запропонована система електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці за рахунок прийняття оптимальних рішень стала більш енергоефективною й це дозволить суттєво покращити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП.



### **3 ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ**

#### **3.1 Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу**

Специфіка діяльності медичних закладів висуває особливі вимоги що до їх енергопостачання. Енергоресурси в медичних закладах спрямовуються на життєзабезпечення закладу, функціонування медичного обладнання, в тому числі підтримання необхідного мікроклімату в приміщеннях, а саме освітлення, опалення, вентиляція та охолодження, та задоволення побутових потреб, таких як харчоблоки та пральні, а також.

Суттєве зростання вартості енергоносіїв, що відбулось в Україні за останні кілька років, вимагає від адміністрацій медичних закладів шукати шляхи скорочення споживання енергетичних ресурсів. Така мета може бути досягнута завдяки впровадженню комплексу організаційно-методичних та технічних заходів.

Організаційно-методичні заходи дозволяють скоротити споживання енергетичних ресурсів шляхом управління поведінкою споживачів, тобто персоналу та пацієнтів медичних закладів.

Технічні заходи реалізуються, у залежності від їх вартості, й в рамках поточного утримання медичних закладів або енергоефективних проєктів, що гарантовано забезпечують скорочення споживання енергетичних ресурсів з дотриманням у медичних закладах встановлених санітарно-гігієнічних вимог.

Можна сформулювати цілу низку корисних рекомендацій щодо впровадження організаційних заходів, що можуть бути інтегровані у щоденну роботу медичних закладів без додаткових витрат коштів, зусиль та часу. Практичний досвід підказує, що такими заходами можна досягнути до 10% економії споживання енергетичних ресурсів.

Зважаючи на те, що понад 30% енергетичних ресурсів споживається будівлями, державою в останні роки ужито ряд важливих заходів що до

створення законодавчих умов для приведення рівня енергоспоживання в громадських та житлових будівлях у відповідність до сучасних європейських вимог.

В Україні діє закон «Про енергетичну ефективність будівель» та цілий ряд підзаконних та нормативно-технічних актів. Одночасно із цим, відповідними законодавчими актами упроваджено механізми фінансування енергоефективних проектів з залученням коштів місцевих бюджетів, державного бюджету, приватних інвесторів, кредитних й грантових ресурсів міжнародних фінансових організацій.

Особливості функціонування медичних закладів роблять їх одними з найбільших споживачів енергії у громадському секторі. Показники питомого споживання енергетичних ресурсів в українських медичних закладах значно перевищують Європейські аналогічні показники. Спричинена ця ситуація великими тепловтратами конструкцій будівель, нераціональним використанням енергетичних ресурсів та неефективним електрообладнанням.

Надмірне споживання енергетичних ресурсів в медичних закладах призводить до значних витрат коштів на їх утримання. Вирішення цієї проблеми можливо шляхом впровадження проектів із комплексної термомодернізації будівель, що можуть забезпечити до 70% скорочення споживання енергії в медичних закладах. Для багатьох медичних закладів це поки залишається перспективою, бо реалізація таких складних технічних проектів потребує значних фінансових коштів та спільних зусиль адміністрації, персоналу й пацієнтів. Але, вже сьогодні адміністрації медичних закладів здатні самостійно зробити кроки для підвищення енергетичної ефективності шляхом впровадження нескладних організаційних і маловитратних заходів, що можуть дозволити скоротити споживання енергетичних ресурсів в медичних закладах до 15% та підготувати їх до впровадження у перспективі проектів комплексної термомодернізації. Відмітимо, що реалізація таких проектів, крім підвищення комфортності перебування в медичних закладах й суттєвого

скороченнях бюджетних коштів, має позитивний вплив і на навколишнє середовище.

Структура енергоспоживання в медичних закладах включає переважно наступні ресурси: тепло, електроенергію та воду (рис. 3.1). Одне лікарняне ліжко споживає за рік в середньому таку ж саму кількість енергії як і чотири нових приватних житлових будинки.

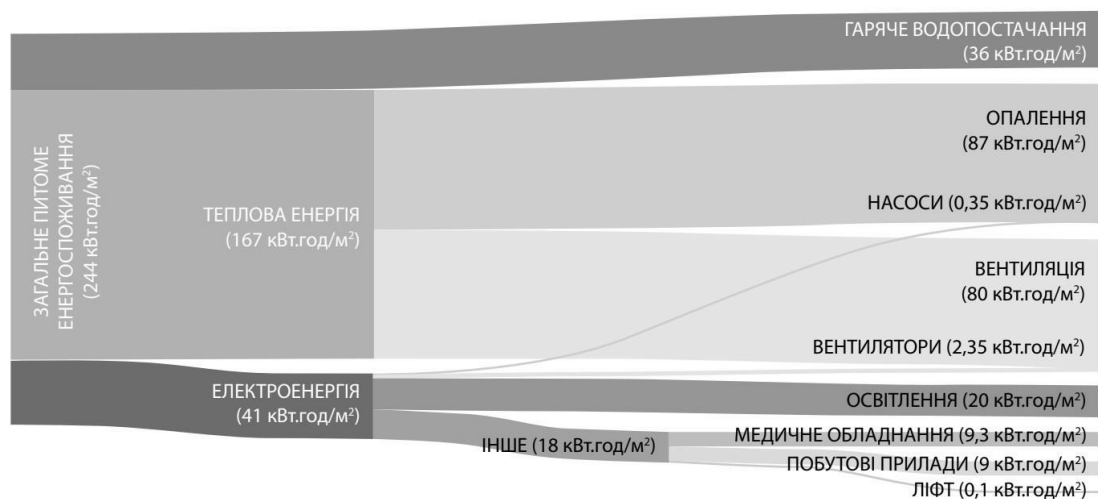


Рисунок 3.1 – Структура енергоспоживання в медичних закладах

Процес управління енергоспоживанням базується на достовірних відомостях про споживання, чи витрати кожного окремого виду ресурсів, як в цілому по медичному закладу, так і в його окремих функціональних ланках. Це вимагає доповнення медичного закладу достатньою кількістю приладів обліку:

- розподільчими – для внутрішнього контролю обсягів споживання енергетичних ресурсів у окремих функціональних ланках медичного закладу;
- комерційними – для визначення загального обсягу енергетичних ресурсів й здійснення розрахунків з їх постачальниками.

Першим елементом управління є моніторинг енергоспоживання, що здійснюється на основі аналізу відомостей про споживання окремих видів енергетичних ресурсів.

Виконання завдань моніторингу енергетичних ресурсів необхідно покласти на спеціально призначених і навчених посадових осіб, а на рівні

функціональних ланок медичного закладу призначити відповідальних за енергозбереження.

Порядок здійснення моніторингу, а також завдання і функції залучених до енергомоніторингу посадових осіб рекомендується визначити окремими розпорядчими документами керівника медичного закладу.

За допомогою моніторингу керівництво медичного закладу отримує можливість:

- володіти відомостями про фактичне споживання енергетичних ресурсів;
- відстежувати параметри мікроклімату у приміщеннях;
- виявляти випадки перевитрат енергетичних ресурсів, аварійних ситуацій, недотримання нормативних умов перебування у приміщеннях медичного закладу пацієнтів і персоналу;
- визначати фактори, які впливають на рівень споживання енергетичних ресурсів;
- контролювати ефективність експлуатації всіх інженерних систем закладу;
- вимірювати економію енергетичних ресурсів в результаті впровадження енергозберігаючих заходів.

Відомості, які збираються у процесі моніторингу, є підставою для впровадження уже другого елемента управління енергетичним споживанням закладу, а саме визначення цілей енергозбереження, планування і прийняття рішень щодо їх досягнення. При плануванні обов'язково необхідно враховувати технічний стан конструкцій будівель і їх інженерних систем, технічні характеристики електричного обладнання й режим його використання.

Повне розуміння технічних особливостей експлуатації будівель медичного закладу дозволяє визначати найбільш «проблемні» функціональні ділянки й процеси, де нераціонально використовуються енергетичні ресурси і планувати відповідні заходи з енергозбереження.

Оскільки найбільшою, в структурі загального енергоспоживання, є частка теплової енергії, що може становити 35%-50%, в першу чергу, доцільно приділити увагу збереженню тепла. Дозволить це зменшити споживання

природного газу й інших видів палива, що використовуються для опалення, а також електричної енергії для електроопалювальних приладів, які застосовують для обігріву приміщень у зимовий час.

Заходи для скорочення енергоспоживання:

- дотримання оптимального температурного режиму в приміщеннях (операційні та процедурні – 20-21°C; палати – 20-25°C; душові та санвузли – 20-23°C; приміщення загального користування – 18-20 °C);

- запобігти втратам тепла через вікна шляхом опускання жалюзей (закривати вночі жалюзі та штори);

- не перекривати батареї опалення (не розміщувати штори, меблі, декоративні екрани перед батареями, адже вони забирають до 20% теплової енергії).

Перевищення температури в приміщеннях всього на 1°C може супроводжуватися зростанням споживання теплової енергії на 6%.

Для забезпечення потрібного температурного режиму та зменшення споживання теплової енергії є ряд рекомендацій.

Необхідно своєчасно підготувати опалювальні системи медичного закладу до експлуатації:

- провести ревізію й налагодження теплових вузлів та запірно-регулюючої арматури;

- усунути з системи опалення повітряні пробки і здійснити при необхідності її балансування;

- не рідше одного разу на 5 років проводити промивання, продування та очищення системи опалення від іржі й бруду.

За умови дотримання температурного графіку теплоносія, якісно підготовлена опалювальна система виключить необхідність використання споживачами додаткових опалювальних електроприладів взимку.

Необхідно підготувати приміщення, що опалюються:

· встановити тепловідбивні екрани за радіаторами на стінах (це дозволить збільшити тепловіддачу радіаторів приблизно на 20%, підвищити середню

температуру в приміщенні біля 1,5-2°C й зменшити витрати на опалення близько 4%);

- прибрати від радіаторів декоративні панелі, довгі штори та меблі, адже тепло має безперешкодно передаватися від радіаторів у приміщення;

- рекомендується перефарбування радіаторів в темний колір, що може підвищити їх тепловіддачу на 8-10%;

- встановити на радіаторах термостати, за наявності технічних можливостей та економічної обґрунтованості, адже вони допоможуть регулювати температуру в приміщеннях протягом доби, що дозволить економити 5-15% теплової енергії;

- рекомендується використання жалюзі, чи коротких штор для зменшення взимку теплових втрат через вікна, що скоротить втрати тепла на 8-15%, яке проходить через скло, або ж наклеювання на внутрішню поверхню скла світлопрозорої тепловідбивної плівки, яка може відбивати в приміщення 90% тепла.

Необхідно усувати протяги в приміщеннях. Через них може втрачатися до 40% тепла:

- перед опалювальним періодом щорічно необхідно регулювати запірну фурнітуру на металопластикових вікнах у «зимовий режим»;

- за допомогою теплоізолюючої стрічки необхідно ущільнювати та/або заклеювати щілини у дерев'яних вікнах старих конструкцій;

- забезпечувати щільне закриття (прилягання) дверей, в першу чергу – зовнішніх;

- взимку здійснювати провітрювання приміщень у «швидкому» режимі до 10-15 хвилин, саме так можна забезпечити приміщення свіжим повітрям без значних тепловтрат й охолодження.

Такі прості заходи дозволяють суттєво зменшити споживання теплової енергії та підвищити температуру в приміщеннях на 3-4°C.

Розглянемо деякі заходи для економії електроенергії. Рекомендується провести інвентаризацію електроспоживчого обладнання в медичного закладу і

проаналізувати режими його використання. Отримана інформація дозволить визначити фактори, що призводять до нераціонального використання електричної енергії, та уявити резерви щодо скорочення енергоспоживання.

Необхідно оптимізувати використання штучного освітлення, оскільки близько 30% загального обсягу споживання електроенергії припадає саме на освітлювальні прилади:

- максимально використовувати природне освітлення;
- не вмикати та не залишати увімкненим освітлення у приміщеннях, якщо в цьому немає потреби;
- запроваджувати у випадках економічної обґрунтованості засоби автоматичного управління освітленням (датчики руху, фотоавтомати, таймери тощо);
- замінити старі лампи на світлодіодні (LED) для освітлення приміщень, де це не суперечить санітарним нормам. Такі лампи споживають до 5 разів менше електроенергії та мають значно довший термін експлуатації.

Потрібно оптимізувати використання електроприладів:

- закупаючи нове медичне електрообладнання віддавати перевагу зразкам, які мають класи енергоспоживання «А» та «А+»;
- здійснювати поступову заміну електрообладнання, що використовується в системах життєзабезпечення (ліфти, насоси, централізована вентиляція та кондиціонування) і для задоволення побутових потреб (холодильники, електричні плити, пральні машини), застарілих конструкцій на сучасні моделі із класами енергоспоживання «А», «А+» «А++», що мають показники електроспоживання на 30-50% менші;
- контролювати дотримання оптимального режиму використання медичного й побутового електрообладнання (температурний режим холодильників, експлуатація електроплит, пральних машин, бойлерів), що рекомендовані їх виробниками;
- вимикати медичне і побутове електрообладнання (комп'ютери, монітори, коли вони не використовуються). Не залишати прилади в режимі

очікування «Stand-by» – це допоможе зменшити споживання електроенергії приблизно на 8%;

- обмежувати час користування кондиціонерами для охолодження приміщень. У спекотні часи доби тримати вікна зачиненими, а в разі необхідності здійснюйте у приміщеннях вентиляцію повітря у режимі «швидкого» провітрювання протягом до 10-15 хвилин.

За умови раціонального використання електроприладів можна зменшити споживання електричної енергії на 20-25%.

Як можна зменшити споживання води?

Слід пам'ятати, що втрати води при несправній сантехніці становлять:

- 24 літри на добу або 720 літрів на місяць при неповністю закритому крані;

- 144 літри на добу або 4320 літрів на місяць при струмені води товщиною в сірник;

- до 2000 літрів на добу або 60000 літрів на місяць при несправній запірній арматурі в унітазі;

Необхідно утримувати санітарно-технічну арматуру у справному стані:

- слідкувати за технічним станом усієї водозапірної й регулюючої арматури і забезпечуйте її своєчасний ремонт;

- по можливості здійснювати поступову заміну змішувачів (кранів) застарілих конструкцій на сучасні. При цьому віддавати перевагу одно важільним змішувачам, оскільки вони є більш економічними;

- застосовувати якісні розпилювачі на змішувачах та душових установках – це дозволить комфортно користуватися водою при вдвічі меншій витраті. Рукоятка душу із вимикачем потоку води знижує її витрату ще на чверть, якщо ним користуватися;

- в разі проведення заміни сантехнічного обладнання, віддавати перевагу закупівлі бачків для унітазів з регульованим стоком води (економний режим 2-4 л /що яка використовується для санітарно-гігієнічних потреб.



Раціонально користуватись водою:

- закривати крани, коли вода не потрібна;
- мити посуд в раковинах з подальшим ополіскуванням у проточній воді – у такий спосіб можна витратити вдвічі менше води;
- у економічно обґрунтованих випадках обладнати кухні посудомийними машинами – кількість економії може становити приблизно 8-15 тис. літрів теплої води на рік.

Рекомендовані заходи можна розподілити на такі, що:

- не вимагають додаткового фінансування;
- є мало витратними, тобто не вимагають капітальних витрат та можуть впроваджуватися у межах фінансування поточного утримання медичного закладу;
- є високовитратними, тобто потребують капітальних вкладень та мають фінансуватися в межах бюджетних програм чи інвестиційних.

Ранжування енергоефективних заходів за орієнтовними показниками їх вартості та термінів окупності дозволить адміністрації медичного закладу більш якісно планувати роботу щодо підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на короткострокову та середньострокову перспективу, а також залучати для цього необхідне фінансування.

За умови такого підходу до організації роботи адміністрація медичного закладу буде мати обґрунтовані пропозиції для підготовки заявок на бюджетне фінансування чи проектних заявок для залучення кредитних й інвестиційних ресурсів.

Необхідно залучайте якомога більше людей серед персоналу та пацієнтів медичного закладу до реалізації заходів з енергоефективності.

Просувайте усіма доступними засобами принципи свідомого ставлення до раціонального використання енергетичних ресурсів.

Мотивуйте персонал та пацієнтів медичного закладу до енергозбереження шляхом:

- підвищення обізнаності щодо екологічних, економічних та соціальних

перевагах ефективного використання енергетичних ресурсів;

- морального заохочення свідомого ставлення до енергозбереження;
- матеріального стимулювання посадових осіб, що є відповідальними за впровадження енергозберігаючих заходів у всіх функціональних ланках медичного закладу, за результатами досягнутої економії енергетичних ресурсів.

Перевіряти та вимірювати результативність впроваджених заходів – це є третім елементом управління енергоспоживанням.

Аналіз й оцінка досягнутих результатів дозволить визначити:

- фактори успіху й невдач;
- проблеми та шляхи їх вирішення;
- нові цілі і заходи для їх досягнення.

Необхідно взяти на озброєння отримані уроки й внести коригування в план дії щодо підвищення енергоефективності медичного закладу і організувати його виконання.

Діяти із метою подальшого покращення результативності в сфері енергоефективності – є четвертим елементом управління енергоспоживанням.

### 3.2 Модернізації теплової схеми з встановленням теплового насосу та електричних котлів аптечно-медичного закладу

Парова котельня постачає споживачам насичену пару тиском 0,8 МПа в кількості 2 т/год. Цією ж парою заживлений теплофікаційний обмінник. Конденсат від промислових споживачів повертається з температурою 80 °С в кількості 75% від споживаної пари. В деаератор атмосферного тиску ( $P_d = 0,12$  МПа) конденсат надходить в кількості 65% з температурою 60 °С. Конденсат від теплофікаційних теплообмінників потужністю 350 кВт повертається в деаератор повністю з температурою 75 °С. Температурний графік системи теплофікації 120/70 °С. Втрати мережної води складають 2,5 %. Для покриття втрат мережної води частина води після деаератора спрямовується в зворотній трубопровод тепломережі. Вода безперервної продувки відводиться в розширник безперервної продувки (РБП), тиск в якому вище тиску в деаераторі. Утворена насичена пара з РПБ відводиться в деаератор. Теплота зливної води використовується для нагріву додаткової води перед деаератором в охолоднику продувальної води (ОПВ). Потужність промислових споживачів залежить від сезону року. Перший сезон включає в себе опалювальний період. В перший сезон потужність опалення дорівнює 72 кВт. Другий сезон включає в себе неопалювальний період з потужністю опалення 50 кВт.

За допомогою таблиць теплофізичних властивостей води і водяної пари визначимо ентальпії пари, конденсату і води у вузлових точках схеми:

1. Ентальпія пари після парових колів, перед технологічними споживачами і перед сітьовим підігрівником опалення  $h_0 = h_{cn} = h_{mf} = 2770$ .

2. Ентальпія конденсату від промислових споживачів  $h'_{k1}{}^{cn} = 502,8$  та  $h'_{k2}{}^{cn} = 419$ .

3. Ентальпія зворотнього конденсату після сітьового підігрівника  $h'_{k1}{}^{mf} = h'_{k2}{}^{mf} = 398$ .

4. Ентальпія живильної води  $h'_{жв} = 561,4$ .

5. Ентальпія хімоводоочищеної води  $h'_{\text{дв}} = 84$ .
6. Ентальпія води перед РБП  $h'_{\text{кв}} = 719,3$ .
7. Ентальпія води після РБП на підігрів хімоводоочищеної води  $h'_{\text{рбп}} = 604,7$  та води, що надходить в деаератор  $h''_{\text{рбп}} = 2739$ .
8. Ентальпія зливної води  $h'_{\text{зл}} = 168$ .
9. Ентальпія холодної сирі води  $h_{\text{хв}} = 21$  кДж/кг - взимку і  $h_{\text{хв}} = 63$  кДж/кг – влітку.

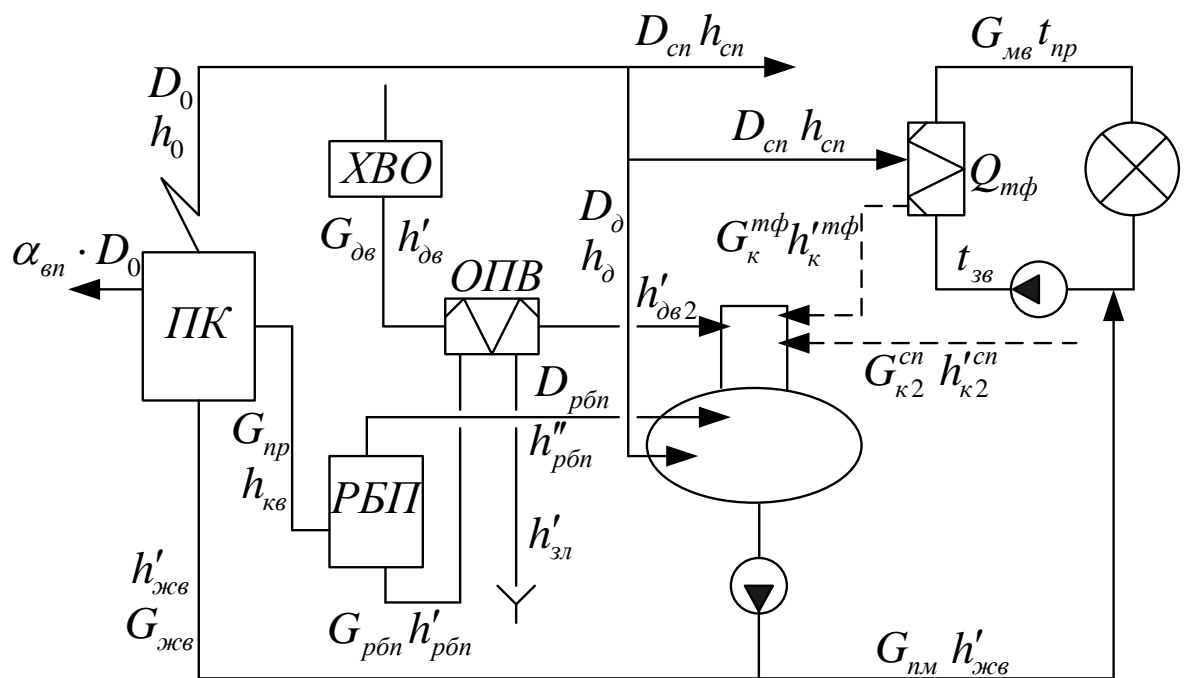


Рисунок 3.2 – Існуюча принципова теплова схема

Позначення: ПК – паровий котел; ХВО – хімоводоочистка; РБП – розширник безперервної продувки; ОПВ – охолодник підігрівної води.

На рисунку 3.2 показана існуюча принципова теплова схема, для якої проводяться розрахунки для опалювального і неопалювального проміжків часу.

### 3.2.1 Розрахунок теплової схеми для опалювального періоду

Теплофікаційна потужність  $Q_{\text{мф}} = 350$  кВт включає в себе потужність, необхідну для гарячого водопостачання і для технологічних потреб. Зворотній

конденсат повертається від споживачів з температурою  $t_{cn} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  і від теплофікації з  $t_{TO} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Витрата пари на теплофікаційний теплообмінник:

$$D_{m\phi} = \frac{Q_{m\phi}}{\left[ (h_{m\phi} - h'_{\kappa 1}) + (1 - \alpha_{\kappa}^{m\phi}) \cdot (h'_{\kappa 1} - h'_{x\phi}) \right]}, \quad (3.1)$$

$$D_{m\phi} = \frac{350}{\left[ (2770 - 398) + (1 - 1) \cdot (398 - 21) \right]} = 0,14 \text{ [кг/с]}.$$

Потужність промислового споживача:

$$Q_{cn} = D_{cn} \cdot \left[ (h_{m\phi} - h'_{\kappa 1}) + (1 - \alpha_{\kappa}^{cn}) \cdot (h'_{\kappa 1} - h'_{x\phi}) \right] \cdot 10^{-3}, \quad (3.2)$$

$$Q_{cn} = \frac{1,5}{3,6} \cdot \left[ (2770 - 502,8) + (1 - 0,75) \cdot (502,8 - 21) \right] \cdot 10^{-3} = 0,998 \text{ [МВт]}.$$

Витрати конденсатів, що надходять в деаератор:

Від споживача:

$$G_{\kappa 2}^{cn} = D_{cn} \cdot \beta_{\kappa}^{cn}, \quad (3.3)$$

$$G_{\kappa 2}^{cn} = \frac{1,3}{3,6} \cdot 0,65 = 0,24 \text{ [кг/с]}.$$

Від теплофікаційного підігрівника:

$$G_{\kappa 2}^{m\phi} = G_{\kappa 1}^{m\phi} = G_{\kappa}^{m\phi} = D_{m\phi} \cdot \beta_{\kappa}^{m\phi}, \quad (3.4)$$

$$G_{\kappa 2}^{m\phi} = G_{\kappa 1}^{m\phi} = G_{\kappa}^{m\phi} = 0,14 \cdot 1 = 0,14 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата мережної води:

$$G_{mv} = \frac{Q_{mf} \cdot \eta_{mo}}{[c_e (t_{np} - t_{ze})]}, \quad (3.5)$$

$$G_{mv} = \frac{350 \cdot 0,98}{[4,187(120 - 60)]} = 1,37 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата води на підживлення мережі:

$$G_{nm} = \alpha_{впр} \cdot G_{mv}, \quad (3.6)$$

$$G_{ni} = 0,025 \cdot 1,37 = 0,034 \text{ [кг/с]}.$$

Паровидатність:

$$D_0 = D_{cn} + D_{mf} + D_\delta, \quad (3.7)$$

$$D_0 = \frac{1,3}{3,6} + 0,14 + D_\delta = D_\delta + 0,49 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата живильної води:

$$G_{жсв} = D_0 + \alpha_{вн} \cdot D_0 + p \cdot D_0, \quad (3.7)$$

$$G_{жсв} = D_0 \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 0,52 + 1,04 \cdot D_0 \text{ [кг/с]}.$$

Кількість продувальної води:

$$G_{np} = 0,02 \cdot D_0 = 0,02 \cdot D_0 + 0,01 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата насиченої пари вторинного закипання з РБП:

$$D_{p\bar{o}n} = G_{np} \cdot (h'_{кв} - h'_{p\bar{o}n}) / (h''_{p\bar{o}n} - h'_{p\bar{o}n}), \quad (3.9)$$

$$D_{p\bar{o}n} = (0,02 \cdot D_{\delta} + 0,01) \cdot (719,3 - 604,7) / (2739 - 604,7) = 0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата насиченої води з РБП:

$$G_{p\bar{o}n} = G_{np} - D_{p\bar{o}n}, \quad (3.10)$$

$$G_{p\bar{o}n} = (0,02 \cdot D_{\delta} + 0,01) - (0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005) = 0,0189 \cdot D_{\delta} + 0,01 \text{ [кг/с]}.$$

Ентальпія додаткової води після підігріву в ОПВ:

$$h'_{\delta\bar{o}2} = h'_{\delta\bar{o}} + G_{p\bar{o}n} \cdot (h'_{p\bar{o}n} - h'_{зл}) / G_{\delta\bar{o}}, \quad (3.11)$$

$$h'_{\delta\bar{o}2} = 84 + (0,0189 \cdot D_{\delta} + 0,01) \cdot (604,7 - 168) / G_{\delta\bar{o}} = 84 + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) / G_{\delta\bar{o}} \text{ [кДж/кг]}.$$

Оскільки в даному рівнянні в чисельнику величина, виражена через  $D_{\delta}$ , і в знаменнику величина, виражена через  $D_{\delta}$ , то далі задачу можна розв'язувати як систему рівнянь, ітераціями або залишити вираз у такому вигляді. Останній варіант найпростіший.

Матеріальний баланс деаератора:

$$D_{\delta} + G_{к2}^{cn} + G_{к2}^{mf} + G_{\delta\bar{o}} + D_{p\bar{o}n} = G_{жс} + G_{лм}, \quad (3.12)$$

$$\text{або } D_{\delta} + 0,24 + 0,14 + G_{\delta\bar{o}} + 0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005 = 1,04 \cdot D_{\delta} + 0,52 + 0,034,$$

$$\text{звідки } G_{\delta\bar{o}} = 0,17 + 0,04 \cdot D_{\delta} \text{ [кг/с]}.$$

Теплота, що вноситься в деаератор з додатковою водою визначається таким чином:

$$G_{\delta\epsilon} \cdot h'_{\delta\epsilon 2} = G_{\delta\epsilon} \left[ 84 + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) / G_{\delta\epsilon} \right] = 84 \cdot G_{\delta\epsilon} + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) \text{ [кВт]}.$$

Тепловий баланс деаератора:

$$D_{\delta} \cdot h_{\delta} + G_{\kappa 2}^{cn} \cdot h'_{\kappa 2}^{cn} + G_{\kappa 2}^{mf} \cdot h'_{\kappa 2}^{mf} + G_{\delta\epsilon} \cdot h'_{\delta\epsilon 2} + D_{p\delta n} \cdot h''_{p\delta n} = (G_{\text{жсв}} + G_{\text{нм}}) \cdot h'_{\text{жсв}}, \quad (3.13)$$

тоді

$$D_{\delta} \cdot 2770 + 0,24 \cdot 419 + 0,14 \cdot 398 + 84 \cdot (0,17 + 0,04 \cdot D_{\delta}) + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) + (0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005) \cdot 2739 = (1,04 \cdot D_{\delta} + 0,52 + 0,034) \cdot 561,4 \text{ [кВт]},$$

звідки  $D_{\delta} = 0,061 \text{ [кг/с]}$ .

Витрати теплоносіїв:

$$D_0 = 0,494 + D_{\delta} = 0,494 + 0,061 = 0,555 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{\text{жсв}} = 0,52 + 1,04 \cdot D_{\delta} = 0,58 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{\delta\epsilon} = 0,17 + 0,04 \cdot D_{\delta} = 0,172 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{np} = 0,02 \cdot D_{\delta} + 0,01 = 0,011 \text{ [кг/с];}$$

$$D_{p\delta n} = 0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005 = 0,0006 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{p\delta n} = 0,0189 \cdot D_{\delta} + 0,01 = 0,021 \text{ [кг/с]}.$$

Ентальпія додаткової води на вході в деаератор:

$$h'_{\delta\epsilon 2} = 84 + (8,25 \cdot D_{\delta} + 5,24) / G_{\delta\epsilon} = 112,28 \text{ [кДж/кг]}.$$

Теплова потужність охолодника продувальної води:



$$Q_{онв} = G_{p\delta n} \cdot (h'_{p\delta n} - h'_{3л}) \cdot \eta_{мо} = 0,021 \cdot (604,7 - 168) \cdot 0,98 = 8,99 \text{ [кВт]}.$$

Теплова потужність котельні:

$$Q_{\kappa} = [(D_0 + D_0 \cdot \alpha_{ен}) \cdot (h_0 - h'_{жсв}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{квб} - h'_{жсв})] \cdot 10^{-3}, \quad (3.14)$$

$$Q_{\kappa} = [0,55 \cdot (1 + 0,02) \cdot (2770 - 561,4) + 0,55 \cdot 0,02 \cdot (719,3 - 561,4)] \cdot 10^{-3} = 1,241 \text{ [кВт]}.$$

Витрата умовного і робочого палива:

$$B_y = Q_{\kappa} / (Q_{ny}^p \cdot \eta_{\kappa}) = 1,241 / (29,33 \cdot 0,92) = 0,048 \text{ [кг / с]},$$

$$B_p = Q_{\kappa} / (Q_n^c \cdot \eta_{\kappa}) = 1,241 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,04 \text{ [м}^3 \text{ / с]}.$$

ККД:

$$\eta_{кот} = (Q_{ен} + Q_{мф}) / (B_y \cdot Q_{ny}^p), \quad (3.15)$$

$$\eta_{кот} = (0,998 + 0,35) / (0,048 \cdot 29,33) = 0,95.$$

Еквівалентна витрата умовного палива на власні електричні потреби котельні:

$$B_y^e = \frac{N_{ен}}{(\eta_{ес} \cdot \eta_{ем} \cdot Q_{н.у.}^p)}, \quad (3.16)$$

де  $N_{ен} = 120$  кВт– електрична потужність власних потреб котельні.

$$B_y^e = \frac{120}{(0,36 \cdot 0,9 \cdot 29,33 \cdot 10^3)} = 0,013 \text{ [кг/с]}.$$

### 3.2.2 Розрахунок теплової схеми для неопалювального періоду

Теплова потужність теплофікаційного обмінника  $Q_{m\phi} = 175$  кВт використовується тільки для власних потреб на гаряче водопостачання, оскільки це неопалювальний період. Витрати пари на теплове опалення не буде. Зворотній конденсат повертається від споживачів з температурою  $t_{cn} = 80$  °С, від теплофікації з  $t_{TO} = 70$  °С.

Витрата пари на теплофікаційний теплообмінник:

$$D_{m\phi} = \frac{Q_{m\phi}}{\left[ (h_{m\phi} - h'_{\kappa 1}) + (1 - \alpha_{\kappa}^{m\phi}) \cdot (h'_{\kappa 1} - h'_{x\phi}) \right]}, \quad (3.17)$$

$$D_{m\phi} = \frac{175}{\left[ (2770 - 398) + (1 - 1) \cdot (398 - 21) \right]} = 0,073 \text{ [кг/с]}.$$

Потужність промислового споживача залишається такою самою, як і для опалювального періоду:

$$Q_{cn} = 0,998 \text{ [МВт]}.$$

Витрати конденсатів, що надходять в деаератор:

Від споживача:

$$G_{\kappa 2}^{cn} = 0,24 \text{ [кг/с]}.$$

Від теплофікаційного підігрівника:

$$G_{\kappa 2}^{m\phi} = G_{\kappa 1}^{m\phi} = G_{\kappa}^{m\phi} = D_{m\phi} \cdot \beta_{\kappa}^{m\phi}, \quad (3.18)$$

$$G_{\kappa 2}^{m\phi} = G_{\kappa 1}^{m\phi} = G_{\kappa}^{m\phi} = 0,073 \cdot 1 = 0,073 [\text{кг/с}].$$

Витрата мережної води:

$$G_{\text{мв}} = \frac{Q_{m\phi} \cdot \eta_{\text{мо}}}{\left[ c_6 (t_{\text{нр}} - t_{\text{зв}}) \right]}, \quad (3.19)$$

$$G_{\text{мв}} = \frac{175 \cdot 0,98}{\left[ 4,187(120 - 80) \right]} = 1,02 [\text{кг/с}].$$

Витрата води на підживлення мережі:

$$G_{\text{нм}} = \alpha_{\text{втр}} \cdot G_{\text{мв}}, \quad (3.20)$$

$$G_{\text{нм}} = 0,025 \cdot 1,02 = 0,025 [\text{кг/с}].$$

Паровидатність котельні:

$$D_0 = D_{\text{сн}} + D_{m\phi} + D_{\delta}, \quad (3.21)$$

$$D_0 = \frac{1,3}{3,6} + 0,073 + D_{\delta} = D_{\delta} + 0,483 [\text{кг/с}].$$

Витрата живильної води:

$$G_{\text{жв}} = D_0 + \alpha_{\text{вн}} \cdot D_0 + p \cdot D_0, \quad (3.22)$$

$$G_{\text{жв}} = D_0 \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 0,5 + 1,04 \cdot D_{\delta} [\text{кг/с}].$$

Кількість продувальної води:

$$G_{np} = 0,02 \cdot D_0 = 0,02 \cdot D_\delta + 0,01 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата насиченої пари вторинного закипання з РБП:

$$D_{p\delta n} = G_{np} \cdot (h'_{кв} - h'_{p\delta n}) / (h''_{p\delta n} - h'_{p\delta n}), \quad (3.23)$$

$$D_{p\delta n} = (0,02 \cdot D_\delta + 0,01) \cdot (719,3 - 604,7) / (2739 - 604,7) = 0,0011 \cdot D_\delta + 0,0005 \text{ [кг/с]}.$$

Витрата насиченої води з РБП:

$$G_{p\delta n} = G_{np} - D_{p\delta n}, \quad (3.24)$$

$$G_{p\delta n} = (0,02 \cdot D_\delta + 0,01) - (0,0011 \cdot D_\delta + 0,0005) = 0,0189 \cdot D_\delta + 0,01 \text{ [кг/с]}.$$

Ентальпія додаткової води після підігріву в ОПВ:

$$h'_{\delta 2} = h'_{\delta 1} + G_{p\delta n} \cdot (h'_{p\delta n} - h'_{3л}) / G_{\delta 1}, \quad (3.25)$$

$$h'_{\delta 2} = 84 + (0,0189 \cdot D_\delta + 0,01) \cdot (604,7 - 168) / G_{\delta 1} = 84 + (8,25 \cdot D_\delta + 4,37) / G_{\delta 1} \text{ [кДж / кг]}.$$

Оскільки в даному рівнянні в чисельнику величина, виражена через  $D_{\delta 1}$ , і в знаменнику величина, виражена через  $D_{\delta 1}$ , то далі задачу можна розв'язувати як систему рівнянь, ітераціями або залишити вираз у такому вигляді. Останній варіант найпростіший.

Матеріальний баланс деаератора:

$$D_{\delta} + G_{\kappa 2}^{cn} + G_{\kappa 2}^{mf} + G_{\delta\delta} + D_{p\delta n} = G_{жсв} + G_{пл}, \quad (3.26)$$

Або

$$D_{\delta} + 0,24 + 0,073 + G_{\delta\delta} + 0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005 = 1,04 \cdot D_{\delta} + 0,5 + 0,025 \text{ [кг/с]},$$

$$\text{звідки } G_{\delta\delta} = 0,21 + 0,04 \cdot D_{\delta} \text{ [кВт]}.$$

Теплота, що вноситься в деаератор з додатковою водою визначається таким чином:

$$G_{\delta\delta} \cdot h'_{\delta\delta 2} = G_{\delta\delta} [84 + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) / G_{\delta\delta}] = 84 \cdot G_{\delta\delta} + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) \text{ [кВт]}. \quad (3.27)$$

Тепловий баланс деаератора:

$$D_{\delta} \cdot h_{\delta} + G_{\kappa 2}^{cn} \cdot h'_{\kappa 2}^{cn} + G_{\kappa 2}^{mf} \cdot h'_{\kappa 2}^{mf} + G_{\delta\delta} \cdot h'_{\delta\delta 2} + D_{p\delta n} \cdot h''_{p\delta n} = (G_{жсв} + G_{пл}) \cdot h'_{жсв}, \quad (3.28)$$

тоді

$$D_{\delta} \cdot 2770 + 0,24 \cdot 419 + 0,073 \cdot 398 + 84 \cdot (0,21 + 0,04 \cdot D_{\delta}) + (8,25 \cdot D_{\delta} + 4,37) + (0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005) \cdot 2739 = (0,5 + 1,04 \cdot D_{\delta} + 0,025) \cdot 561,4 \text{ [кВт]},$$

$$\text{звідки } D_{\delta} = 0,064 \text{ [кг/с]}$$

Витрати теплоносіїв:

$$D_0 = 0,483 + D_{\delta} = 0,483 + 0,064 = 0,547 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{жсв} = 0,5 + 1,04 \cdot D_{\delta} = 0,567 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{\delta\delta} = 0,21 + 0,04 \cdot D_{\delta} = 0,213 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{np} = 0,02 \cdot D_{\delta} + 0,01 = 0,011 \text{ [кг/с];}$$

$$D_{p\delta n} = 0,0011 \cdot D_{\delta} + 0,0005 = 0,0006 \text{ [кг/с];}$$

$$G_{p\delta n} = 0,0189 \cdot D_0 + 0,01 = 0,011 [\text{кг/с}].$$

Ентальпія додаткової води на вході в деаератор:

$$h'_{\delta e2} = 84 + (8,25 \cdot D_0 + 4,37) / G_{\delta e} = 107 \left[ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right].$$

Теплова потужність охолодника продувальної води:

$$Q_{оов} = G_{p\delta n} \cdot (h'_{p\delta n} - h'_{зл}) \cdot \eta_{то} = 0,012 \cdot (604,7 - 168) \cdot 0,98 = 5,14 [\text{кВт}].$$

Теплова потужність котельні:

$$Q_{\kappa} = \left[ (D_0 + D_0 \cdot \alpha_{вн}) \cdot (h_0 - h'_{жсв}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{кв} - h'_{жсв}) \right] \cdot 10^{-3}, \quad (3.29)$$

$$Q_{\kappa} = \left[ 0,547 \cdot (1 + 0,02) \cdot (2770 - 561,4) + 0,547 \cdot 0,02 \cdot (719,3 - 561,4) \right] \cdot 10^{-3} = 1,234 [\text{кВт}].$$

Витрата умовного і робочого палива:

$$B_y = Q_{\kappa} / (Q_{Hy}^p \cdot \eta_{\kappa}) = 1,234 / (29,33 \cdot 0,92) = 0,047 [\text{кг/с}],$$

$$B_p = Q_{\kappa} / (Q_H^c \cdot \eta_{\kappa}) = 1,234 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,039 [\text{м}^3/\text{с}].$$

ККД котельні:

$$\eta_{кот} = (Q_{сн} + Q_{тф}) / (B_y \cdot Q_{Hy}^p), \quad (3.30)$$

$$\eta_{кот} = (0,998 + 0,175) / (0,046 \cdot 29,33) = 0,87.$$

Еквівалентна витрата умовного палива на власні електричні потреби котельні:

$$B_y^e = \frac{N_{en}}{(\eta_{ec} \cdot \eta_{em} \cdot Q_{н.у.}^p)}, \quad (3.31)$$

де  $N_{en} = 90$  кВт– електрична потужність власних потреб котельні.

$$B_y^e = \frac{90}{(0,36 \cdot 0,9 \cdot 29,33 \cdot 10^3)} = 0,009 \text{ [кг/с]}.$$

### 3.2.3 Розрахунок модернізованої схеми

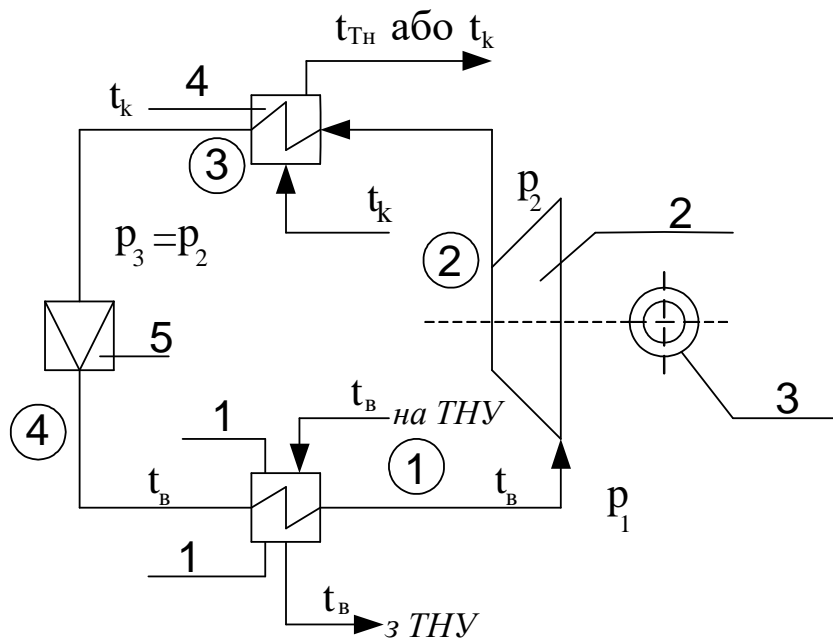
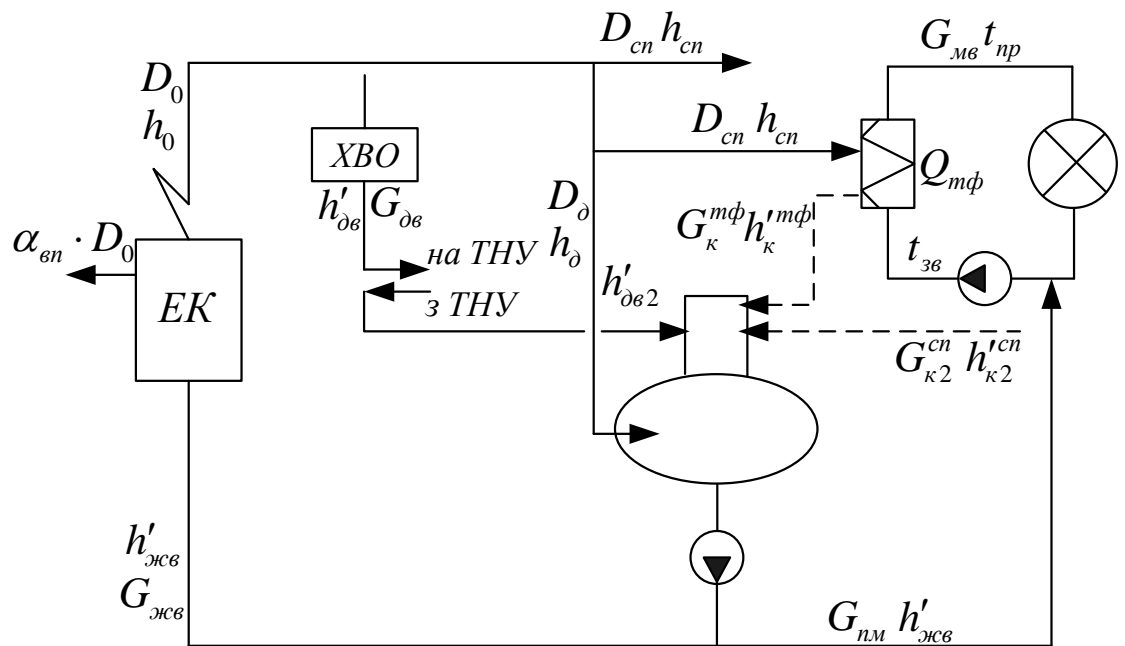


Рисунок 3.3 – Модернізована схема котельні

Існуючий котел працює на органічному паливі – вугіллі. Доцільним є розглянути варіант з парогенераторами, які працюють на електричній енергії [11]. Крім того є ймовірність доцільності використання для отримання теплової енергії теплонасосної установки. Для перевірки цих припущень розглянуто варіант модернізації котельні шляхом заміни обох парових котлів електричними парогенераторами такої ж парової продуктивності. Для



підготування води для них, використаємо існуючу систему хімоводоочистки та деаератор. З схеми виключено розширник безперервної продувки (РБП), конденсат з якого підігрівав хімоводоочищену воду. В модернізованій схемі для підігріву хімоводоочищеної води застосуємо ТНУ.

Для модернізації пропонується встановити електричні котли марки КЕПР – 250/0,4. Схема ввімкнення котла в систему живлення водою показана на рис. 3.4.

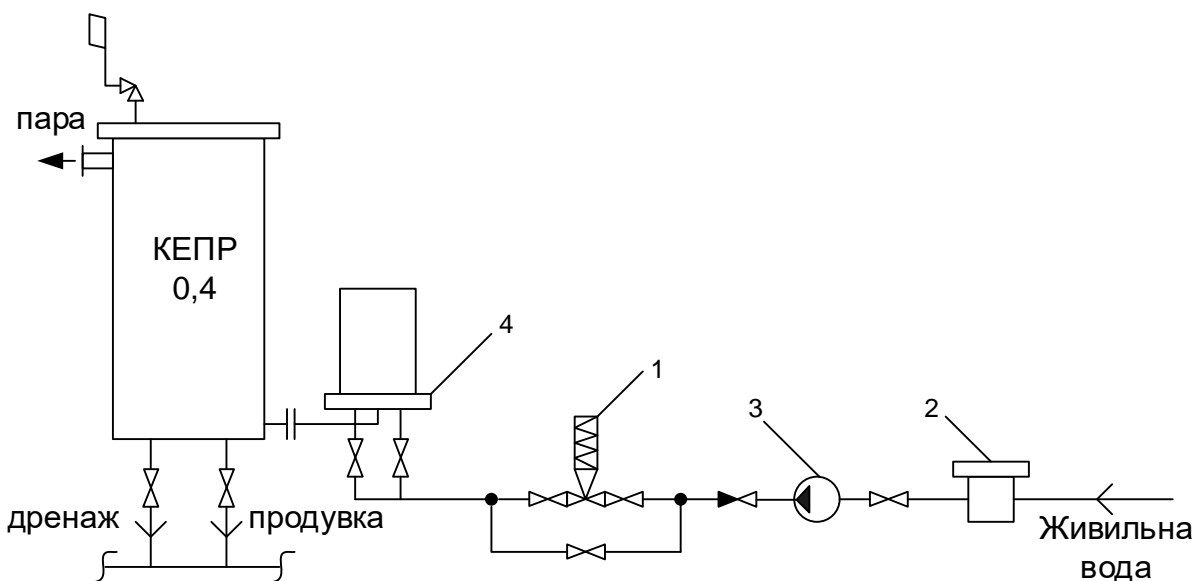


Рисунок 3.4 – Схема ввімкнення котла в систему живлення водою

На рис. 3.4. використані наступні позначення: 1 – електромагнітний клапан; 2 – фільтр-відстійник; 3 – живильний насос; 4 – регулятор рівня.

Характеристики електричного котла занесено до таблиці 3.1. Даний котел – електродно-паровий. Принцип роботи базується на створенні електричної дуги, яка проходить в котлі через воду, і тим самим нагріває її й утворює пару, через доведення води до температури кипіння. Для регулювання температури в котлі є відповідний регулятор РТ-40. Завдяки розміщенню в корпусі котла двох камер, регулятор в автоматичному режимі слідкує за підтриманням температури й тиску в котлі. Якщо тиск зменшується, відкривається клапан на витискуючій камері, що призводить до підвищення тиску пари.

Живильна вода потрапляє в витискуючу камеру через поплавковий регулятор рівня води. Відбір пару проводиться через патрубок в парогенеруючій камері.

Таблиця 3.1 – Характеристики котла КЕПР – 250/0,4

| Назва                                | Марка котла    |
|--------------------------------------|----------------|
|                                      | КЕПР – 250/0,4 |
| Споживана номінальна потужність, кВт | 250            |
| Номінальна напруга, кВ               | 0,4            |
| Номінальний струм, А                 | 375            |
| Число фаз                            | 3              |
| Паропродуктивність, кг/год           | 320            |
| Максимальний робочий тиск, МПа       | 0,6            |
| Опір живильної води при 20 °С, Ом·см | 1000 – 12000   |
| Маса, кг                             | 500            |
| Об'єм, л                             | 200            |
| К.К.Д., %                            | 98             |

Розрахунок теплонасосної установки. Початкові дані для розрахунку теплонасосної установки:

- температура вхідної води для зимового періоду  $t_{в}^3 = 10$  °С;
- температура вхідної води для літнього періоду  $t_{в}^л = 15$  °С;
- середня температура води для зимового і літнього періодів  $t_{в} = 12$  °С;
- температура конденсації холодоагента  $t_{к} = 55$  °С.

На рис. 3.5 показано схему парокompресорної ТНУ, яка встановлюється в процесі модернізації існуючої котельні.

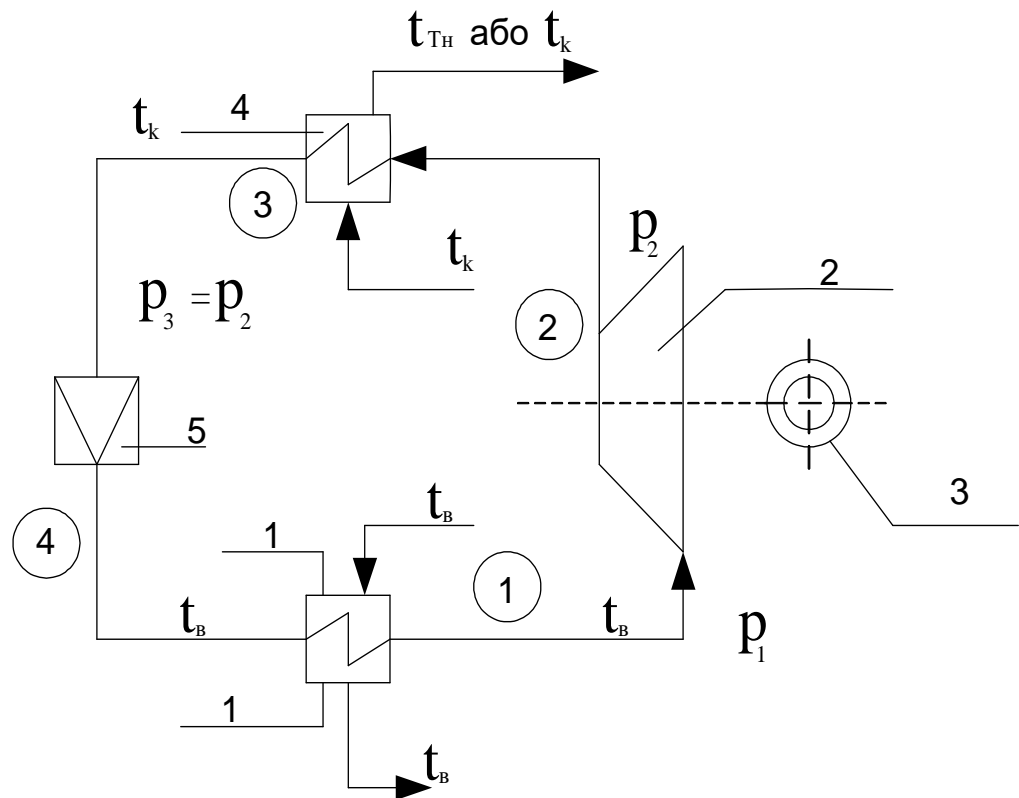


Рисунок 3.5 – Схема парокompресорної ТНУ

Основними елементами парокompресорної установки є: 1 – випарник, 2 – компресор, 3 – електродвигун, 4 – конденсатор, 5 – дросель.

Принцип роботи компресорного теплового насоса полягає у використанні властивостей робочого тіла – спеціальної рідини, яка заповнює внутрішній контур насоса. Дана рідина, проходячи через теплообмінник (випарник) поглинає низькопотенціальну теплоту (так званого нижнього джерела) й, випаровуючись, перетворюється з рідкого стану в газ. Потім компресор підвищує тиск пари, що зростанням температури газу. Завдяки правильному вибору робочого тіла і регулюванню тиску можна впливати на величину температури випаровування та конденсації. Пара з високою температурою, віддаючи тепло в другому теплообміннику (конденсаторі) переходить в рідкий стан. Тоді відбувається прийом тепла приймальною системою (верхнім джерелом тепла). Потім робоче тіло, проходячи через редукційний клапан, в якому відбувається зменшення високого тиску і зниження температури, потрапляє у випарник і процес повторюється знову.

Процес обміну теплом протікає за принципом його подачі в процесі фазових змін робочого тіла в конденсаторі й випарнику. Для даного тиску при однорідному робочому тілі ці процеси протікають в ізотермічних умовах.

Розрахунок теплонасосної установки для ХВО

Температура випаровування (зима):

$$t_B = t''_B - \theta, \quad (3.32)$$

$$(t''_B)_3 = 10 - 12 = -2 \text{ [}^\circ\text{C]},$$

$$t_B = -2 - 5 = -7 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

Температура випаровування (літо):

$$t_B = t''_B - \theta, \quad (3.33)$$

$$(t''_B)_L = 15 - 12 = 3 \text{ [}^\circ\text{C]},$$

$$t_B = 3 - 5 = -2 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

Будуємо цикл на P-h діаграмі і визначаємо ентальпії всіх точок (рис.3.6).

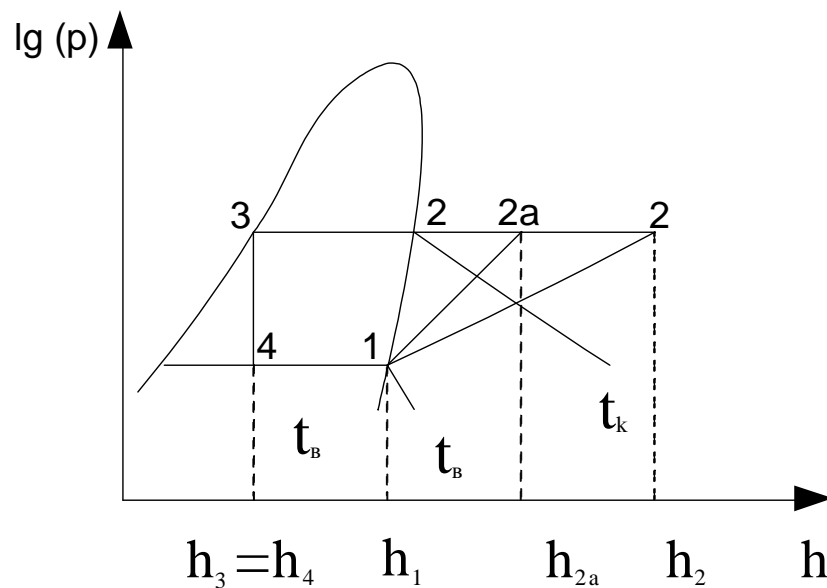


Рисунок 3.6– P-h діаграма

Зима:  $h_1 = 1690$  [кДж/кг],

$h_{2a} = 1960$  [кДж/кг],

$h_3 = h_4 = 650$  [кДж/кг].

Літо:  $h_1 = 1695$  [кДж/кг],

$h_{2a} = 1940$  [кДж/кг],

$h_3 = h_4 = 650$  [кДж/кг].

1. Температура води на виході з конденсатора:

$$t_{\text{TH}} = t_{\text{к}} - \theta, \quad (3.34)$$

$$t_{\text{TH}} = 55 - 5 = 50 \text{ [}^{\circ}\text{C]}.$$

2. Питома теплова видатність випарника:

$$q_{\text{в}} = h_1 - h_4, \quad (3.35)$$

де  $h_1$ ,  $h_4$  – ентальпії холодоагрегату в т.1 та т.4 відповідно.

зима:  $q_{\text{в}} = 1690 - 650 = 1040 \text{ [кДж/кг]},$

літо:  $q_{\text{в}} = 1695 - 650 = 1045 \text{ [кДж/кг]}.$

3. Адіабатний теплоперепад в компресорі:

$$H_a = h_{2a} - h_1, \quad (3.36)$$

зима:  $H_a = 1960 - 1660 = 300 \text{ [кДж/кг]},$

літо:  $H_a = 1940 - 1665 = 275 \text{ [кДж/кг]}.$

4. Дійсний робочий теплоперепад в компресорі:

$$H_p = H_a / \eta_{oi}, \quad (3.37)$$

де  $\eta_{oi} = 0,75$ .

зима:  $H_p = 300 / 0,75 = 400 \text{ [кДж/кг]},$

літо:  $H_p = 275 / 0,75 = 366 \text{ [кДж/кг]}.$

5. Ентальпія холодоагента в т.2:

$$h_2 = h_1 + H_p, \quad (3.38)$$

зима:  $h_2 = 1690 + 400 = 2090$  [кДж/кг],

літо:  $h_2 = 1695 + 366 = 2061$  [кДж/кг].

6. Питома теплова видатність конденсатора:

$$q_k = h_2 - h_3, \quad (3.39)$$

зима:  $q_k = 2090 - 650 = 1440$  [кДж/кг],

літо:  $q_k = 2061 - 650 = 1411$  [кДж/кг].

7. Масова витрата холодоагенту:

$$G_{xa} = Q_{вип} \cdot 10^3 / q_v \quad (3.40)$$

$$G_{xa} = Q_k \cdot 10^3 / q_k \quad (3.41)$$

$$Q_k = G_{дв} \cdot c \cdot (h'_{дв2} - h'_{дв}) = 0,253 \cdot 4,19 \cdot (107,55 - 84) = 25,14$$
 [кВт],

зима:  $G_{xa} = 0,025 \cdot 10^3 / 1440 = 0,017$  [кг/с],

літо:  $G_{xa} = 0,025 \cdot 10^3 / 1411 = 0,018$  [кг/с].

8. Потужність, яка витрачається на компресор:

$$N_k = (G_{xa} \cdot H_p) / (\eta_{ем} \cdot 10^3), \quad (3.42)$$

де  $\eta_{ем} = 0,95$ .

зима:  $N_k = 0,017 \cdot 400 / 0,95 \cdot 10^3 = 0,007$  [МВт],

літо:  $N_k = 0,018 \cdot 366 / 0,95 \cdot 10^3 = 0,006$  [МВт].

9. Коефіцієнт перетворення реального циклу:

$$\varphi = Q_k / N_k, \quad (3.43)$$

зима:  $\varphi = 0,025 / 0,007 = 3,57,$

літо:  $\varphi = 0,025 / 0,006 = 4,16.$

10. Теплова потужність випарника:

$$Q_B = Q_k - N_k, \quad (3.44)$$

зима:  $Q_B = 0,025 - 0,007 = 0,018$  [МВт],

літо:  $Q_B = 0,025 - 0,006 = 0,019$  [МВт].

11. Витрата енергії на компресор:

$$E = N_{K_{оп}} \cdot \tau_{оп} + N_{K_{мп}} \cdot \tau_{мп}, \quad (3.45)$$

$$E = 0,018 \cdot 4500 + 0,019 \cdot 4260 = 161,94$$
 [МВт·год/рік].

12. Витрата умовного палива на ТНУ:

$$B_y^{ТНУ} = \frac{N_k}{Q_{нy}^p \cdot \eta_{ес} \cdot \eta_{ем}}, \quad (3.46)$$

зима:  $B_y^{ТНУ} = \frac{0,007}{35,9 \cdot 0,36 \cdot 0,95} = 0,00059$  [кг/с],

літо:  $B_y^{ТНУ} = \frac{0,006}{35,9 \cdot 0,36 \cdot 0,95} = 0,00049$  [кг/с].

13. Витрата робочого палива на ТНУ:

$$B_p = \frac{B_y^{ТНУ} \cdot Q_{нy}^p}{Q_p}, \quad (3.47)$$

$$\text{зима:} \quad V_p = \frac{0,00059 \cdot 35,9}{34} = 0,0006 \quad [\text{кг/с}],$$

$$\text{літо:} \quad V_p = \frac{0,00049 \cdot 35,9}{34} = 0,0005 \quad [\text{кг/с}].$$

### 2.2.3 Техніко-економічні показники роботи опалювальної котельні

#### 1. Річні витрати коштів на паливо

$$Z_{\Pi} = V_{\text{річ}} \cdot C_{\Pi} \cdot 10^{-6}, \quad (3.48)$$

де  $V_{\text{річ}}$  – річна витрата палива, т/рік

$C_{\Pi}$  – ціна на паливо [4].

Для того, щоб отримати річну витрату палива переведемо загальну витрату палива з (0,048) кг/сек в т/рік:

$$V_{\text{річ}} = V_{\text{заг}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 0,048 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 1476,4 \quad [\text{т/рік}].$$

Затрати електроенергії на власні потреби котельні:

$$Z_{\text{ВП кот}} = 90 \cdot 0,75 \cdot 6000 = 0,405 \quad [\text{млн.грн./рік}].$$

Тоді підставивши значення річних витрат палива у (2.67) маємо

$$Z_{\Pi} = 1476,4 \cdot 1050 \cdot 10^{-6} + Z_{\text{ВП кот}} = 1,55 + 0,405 = 1,955 \quad [\text{млн.грн./рік}].$$

2. Річні витрати на власні потреби котельні складають від 5% до 10% річних витрат на паливо, що використовується в котельні

$$Z_{\text{ВП}} = 0,075 \cdot Z_{\Pi} = 0,075 \cdot 1,55 = 0,116 \quad [\text{млн.грн./рік}].$$



### 3. Загальні річні витрати котельні

$$Z_K = Z_{\Pi} + Z_{В\Pi} = 1,55 + 0,116 = 1,666 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

### 4. Річні витрати коштів на електроенергію в модернізованій схемі (2.67):

Знайдемо річну витрату електроенергії, з урахуванням того часу, який працюватиме котел:

$$B_{\text{РІЧ}} = B_{\text{ЗАГ}} \cdot 10 \cdot 365 = 2 \cdot 10 \cdot 365 = 7300 \text{ [МВт/год]}.$$

Тоді підставивши значення річних витрат палива у (2.67), маємо:

$$Z_{\Pi} = 7300 \cdot 210 \cdot 10^{-6} = 1,533 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

5. Річні витрати на власні потреби котельні складають від 5% до 10% річних витрат на електроенергію, що використовується в модернізованій котельні:

$$Z_{В\Pi} = 0,075 \cdot Z_{\Pi} = 0,075 \cdot 1,533 = 0,114 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

### 6. Загальні річні витрати котельні в модернізованій схемі:

$$Z_K = Z_{\Pi} + Z_{В\Pi} = 1,533 + 0,114 = 1,647 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

7. Проведемо розрахунок витрат на встановлення нового і модернізацію існуючого обладнання. Для цього складемо відповідну таблицю 3.2:

Таблиця 3.2 – обладнання необхідне для модернізації

| Обладнання           | Кількість | Вартість, грн |
|----------------------|-----------|---------------|
| Котли КЕПР – 250/0,4 | 8         | 335857        |
| Тепловий насос       | 1         | 155882        |
| Всього               |           | 2842738       |

Вартість додаткового обладнання та витрата коштів на монтаж обладнання складає 30% від вартості витрат на основне устаткування:

$$K_{\text{дод}} = K_{\text{осн}} \cdot 0,3 = 2842738 \cdot 0,3 = 852821,4 \text{ [грн.]}$$

Сумарне капіталовкладення на нове та допоміжне обладнання, монтаж:

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{дод}} = 2842738 + 852821,4 = 3695559,4 \text{ [грн.]}$$

8. Амортизаційні відрахування нове обладнання:

$$Z_{\text{ам}} = K \cdot N_A \cdot 10^{-6} = 3695559,4 \cdot 0,07 \cdot 10^{-6} = 0,258 \text{ [млн.грн./рік]}$$

де  $N_A$  – нормативний коефіцієнт амортизаційного відрахування.

9. Витрата на поточний ремонт обладнання складає 20% витрат на амортизацію:

$$Z_{\text{пр}} = 0,2 \cdot Z_{\text{ам}} = 0,2 \cdot 0,258 = 0,0516 \text{ [млн.грн./рік]}$$

10. Витрати на воду в існуючій схемі:

$$Z_B = G_{\text{річ}} \cdot C_B \cdot 10^{-6} \quad (3.49)$$

де  $G_{\text{річ}}$  – річна витрата води, тис.м<sup>3</sup>/рік

$C_B$  – ціна на воду, 3500 грн/тис.м<sup>3</sup>.

Для того, щоб отримати річну витрату використаємо витрату води на підживлення системи:

$$G_{\text{річ}} = (G_{\text{підж}} \cdot \tau_{\text{оп}} + G_{\text{підж}} \cdot \tau_{\text{мо}}) \cdot 3600 = (0,034 \cdot 0,6 + 0,034 \cdot 0,15) \cdot 3600 = 91,8 \text{ [тис.м}^3\text{/рік]}$$

Тоді підставивши значення річних витрат сирієї води у (2.68), маємо:

$$Z_B = 91,8 \cdot 3500 \cdot 10^{-6} = 0,321 \text{ [млн.грн./рік]}$$

11. Витрати на воду в модернізованій схемі:

Для того, щоб отримати річну витрату використаємо витрату води на підживлення системи, але виключимо з неї витрату води, яка зливалась після РБП :

$$G_{\text{РГЧ}} = (G_{\text{ПДЖ}} \cdot \tau_{\text{ОП}} + G_{\text{ПДЖ}} \cdot \tau_{\text{МО}}) \cdot 3600 = (0,023 \cdot 0,6 + 0,023 \cdot 0,15) \cdot 3600 = 62,1$$

$$[\text{тис.м}^3/\text{рік}].$$

Тоді підставивши значення річних витрат сирової води у (2.68), маємо:

$$Z_B = 62,1 \cdot 3500 \cdot 10^{-6} = 0,217 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

12. Інші витрати в існуючій схемі:

$$Z_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (Z_{\text{П}} + Z_{\text{ВП}} + Z_{\text{ІР}} + Z_B) = 0,06 \cdot (1,55 + 0,116 + 0,0516 + 0,321) =$$

$$= 0,122 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

13. Інші витрати в модернізованій схемі:

$$Z_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (Z_{\text{П}} + Z_{\text{ВП}} + Z_{\text{АМ}} + Z_B) = 0,06 \cdot (1,533 + 0,114 + 0,258 + 0,217) =$$

$$= 0,127 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

14. Загальні експлуатаційні витрати в існуючій схемі:

$$Z_{\text{ЕКСП}} = Z_{\text{П}} + Z_{\text{ВП}} + Z_{\text{ІР}} + Z_B + Z_{\text{ІН}} = 1,955 + 0,116 + 0,0516 + 0,321 + 0,122 =$$

$$= 2,565 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

15. Загальні експлуатаційні витрати в модернізованій схемі:

$$Z_{\text{ЕКСП}} = Z_{\text{П}} + Z_{\text{ВП}} + Z_{\text{АМ}} + Z_B + Z_{\text{ІН}} = 1,533 + 0,114 + 0,258 + 0,217 + 0,127 =$$

$$= 2,24 \text{ [млн.грн./рік]}.$$

16. Собівартість відпущеної теплоти з котельні для існуючої схеми:

$$Ц_{\text{СТ}} = Z_{\text{ЕКСП}} \cdot 10^6 / Q_{\text{ПП}} = 2,565 \cdot 10^6 / 1,241 = 2066882 \text{ [грн./МВт]}.$$

17. Собівартість відпущеної теплоти з котельні для модернізованої схеми, з урахуванням підвищення ефективності роботи існуючого обладнання на 30 %:

$$Ц_{\text{СТ}} = Z_{\text{ЕКСП}} \cdot 10^6 / Q_{\text{ПП}} = 2,24 \cdot 10^6 / 1,61 = 1391304 \text{ [грн./МВт]}.$$

18. Термін окупності використання модернізованої схеми:

$$T = K / (Ц_{\text{СТ}}^{\text{і}} - Ц_{\text{СТ}}^{\text{м}}) = 3,69 / (2,07 - 1,39) = 5,51 \text{ [року]}.$$

Занесемо дані в порівняльну таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця затрат до і після модернізації

| Вид затрат | До модернізації | Після модернізації |
|------------|-----------------|--------------------|
|------------|-----------------|--------------------|

|                                 |                      |                      |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| На тверде паливо (вугілля)      | 1,55 млн. грн./ рік  | 0 млн. грн./ рік     |
| На електроенергію               | 0,405 млн. грн./ рік | 1,533 млн. грн./ рік |
| На воду                         | 0,321 млн. грн./ рік | 0,217 млн. грн./ рік |
| Собівартість відпущеної енергії | 1,74 млн. грн./ рік  | 1,39 млн. грн./ рік  |
| Капіталовкладення               | 0 млн. грн.          | 3,69 млн. грн.       |
| Термін окупності                |                      | 5,51 року            |

### 3.3. Висновки до розділу 3

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи були проведені розрахунки існуючої теплової схеми котельні і визначена витрата умовного і робочого палива, що становить 0,065 кг/с і 0,057 кг/с відповідно. Розрахований варіант модернізації теплової схеми з встановленням теплового насоса та електричних котлів. Було виконане економічне порівняння запропонованої модернізації. Термін окупності основного та додаткового обладнання становить 5,51 років. Собівартість виробленої енергії на існуючій схемі становить 2,07 млн. грн./рік, а на модернізованій – 1,39 млн. грн./рік. Отже, було доведено економічну вигідність використання модернізованої схеми. При впровадженні запропонованого варіанту збільшується ККД котельні, зменшуються експлуатаційні витрати і забезпечується економічна ефективність.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Техніко-економічне обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний об'єкт [22].

Доцільність реалізації роботи обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції  $V = 500$  (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу  $Ч = 50$ ;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби  $З_{\text{ПІ}}$ , грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції  $d = 12\%$ ;
- первісна або балансова вартість основних фондів  $\Phi = 1000$  млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень:  $E_{\text{Н}} = 0,1$ ;
- нормований термін окупності, років:  $T_{\text{ок}} = 10$ .
- середньомісячна зарплата одного працівника  $З = 6700$  грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\text{ПІ}} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0804 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{\text{ПІ}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 50 \cdot 0,0804}{0,12} = 46,23 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 500 - 46,23 = 453,77 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{1000}{453,77} = 2,2 \text{ (роки)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 2,2 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

| Підстанція | Тип трансформатора | Кількість трансформаторів | Потужність підстанції, кВт |
|------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|
| КТП        | ТМ-630             | 1                         | 364                        |

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

| Найменування ліній | Довжина лінії від ТП до ГПП, км | Марка кабелю | К-сть |
|--------------------|---------------------------------|--------------|-------|
| ГПП-ТП1            | 0,3                             | АВББШВ 4х150 | 1     |
| ПС-ГПП             | 0,7                             | ААБл 3х120   | 1     |

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 4,7 грн/кВт·год

2. Прийняти норму амортизації – 6%,

### 3. Нарахування:

- в пенсійний фонд – 33,3%,
- у фонд зайнятості – 1,5%,
- на соціальне страхування – 1,5%.

## 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де  $K_{пит}$  – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{прок}$  – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

| Назва лінії | Марка кабелю | Кількість | Довжина, км | $K_{пит}$ , тис.грн | $K_{прок}$ , тис.грн | $K_{л}$ , тис.грн |
|-------------|--------------|-----------|-------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| ГПП-ТП      | АВБШв 4x150  | 1         | 0,3         | 550                 | 25                   | 172,5             |
| ПС-ГПП      | ААБл 3x120   | 1         | 0,7         | 900                 | 25                   | 647,5             |
| Разом       |              |           |             |                     |                      | 820               |

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^1 K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.6)$$

де  $K_{псі}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{пост}}$  – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

| №  | Тип т-ра | Кількість | Код, тис.грн | Кпост, тис.грн | Кпс, тис.грн |
|--|----------|-----------|--------------|----------------|--------------|
| КТП-1  | ТМ-630   | 1         | 505          | 101            | 606          |
| Трансформатор струму                                 |          | 1         | 7            | 1,4            | 8,4          |
| Лічильник електронний активної та реактивної енергії |          | 1         | 15           | 3              | 18           |
| ККУ-0,4-220/6-20-21УЗ                                |          | 1         | 300          | 60             | 360          |
| Разом  |          |           |              |                | 992,4        |

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів та роз'єднувачів. Відповідно до схеми електропостачання кількість вимикачів 10 кВ – 6 шт., кількість роз'єднувачів 10 кВ – 1 шт. Вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн. Вартість роз'єднувачів 10 кВ рівною 10 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів та роз'єднувачів:

$$K_B = 6 \cdot 50 + 1 \cdot 10 = 310 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами та роз'єднувачами:

$$K_{\text{пс}} = 992,4 + 310 = 1302,4 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 820 + 1302,4 = 2122,4 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$



### 4.3 Розрахунок поточних витрат

#### 4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

$h$  – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$  – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс,  $K_{\text{с.р}} = 0,1$ .

$h$  – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

| Обладнання                    | К-ть | Поточний ремонт                 |                               |                              | Огляд                           |                               |                              |
|-------------------------------|------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|                               |      | К-сть на одиницю облад. рем/рік | Норма трудомісткості люд.год. | Заг. трудомісткість люд.год. | К-сть на одиницю облад. огл/рік | Норма трудомісткості люд.год. | Заг. трудомісткість люд.год. |
| Роз'єднувач 10 кВ             | 1    | 1                               | 12                            | 12                           | 12                              | 2                             | 24                           |
| Вимикач 10 кВ                 | 6    | 1                               | 16                            | 96                           | 12                              | 2                             | 144                          |
| ТМ-630                        | 1    | 0,33                            | 300                           | 99                           | 12                              | 20                            | 240                          |
| Трансформатор струму          | 1    | 1                               | 16                            | 16                           | 12                              | 1                             | 12                           |
| Конденсаторна установка       | 1    | 1                               | 16                            | 16                           | 12                              | 1                             | 12                           |
| Кабельна лінія АВБШв 4x150,км | 0,3  | 1                               | 72                            | 21,6                         | 1                               | 18                            | 5,4                          |
| Кабельна лінія ААБл 3x120,км  | 0,7  | 1                               | 203                           | 142,1                        | 1                               | 49                            | 34,3                         |
| Разом                         |      |                                 |                               | 402,7                        |                                 |                               | 471,7                        |

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

| Обладнання                    | К-ть | Технічне обслуговування |                  |              |                                | Загальна трудомісткість обслуговування люд.год. |
|-------------------------------|------|-------------------------|------------------|--------------|--------------------------------|---|
|                               |      | Змінність роботи        | Коеф. складності | К-ть місяців | Загал. трудомісткість люд.год. |   |
| Роз'єднувач 10 кВ             | 1    | 2                       | 0,1              | 12           | 28,8                           | 52,8  |
| Вимикач 10 кВ                 | 6    | 2                       | 0,1              | 12           | 230,4                          | 374,4   |
| ТМ-630                        | 1    | 2                       | 0,1              | 12           | 720                            | 960   |
| Трансформатор струму          | 1    | 2                       | 0,1              | 12           | 38,4                           | 50,4  |
| Конденсаторна установка       | 1    | 2                       | 0,1              | 12           | 38,4                           | 50,4  |
| Кабельна лінія АВБШв 4x150,км | 0,3  | 2                       | 0,1              | 12           | 51,84                          | 57,24   |
| Кабельна лінія ААБл 3x120,км  | 0,7  | 2                       | 0,1              | 12           | 341,04                         | 375,34  |
| Разом                         |      |                         |                  |              | 1448,88                        | 1920,58   |

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{1920,58}{1900 \cdot 1,05} = 0,92, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{402,7}{1900 \cdot 1,1} = 0,2. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1]  $N_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $N_{\text{обс}} = 2$  чол.

#### 4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де  $K3, K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

$C_I$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1 / 176 = 38,06 \text{ (грн./год.)}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 38,06 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1, \quad (4.20)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 38,06 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 402,7 \cdot 50,06 = 20159,025 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200953,17 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 20159,025 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 26408,32 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 200953,17 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 26408,32 \cdot 1,15 = 30369,57 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ( $C_{зп}$ ) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left( 1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де  $\beta_{п}$  - нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 33\%$  ;

$\beta_{з}$  - нарахування у фонд зайнятості,  $\beta_{з} = 1,5\%$  ;

$\beta_{с}$  - нарахування на соціальне страхування,  $\beta_{с} = 1,5\%$ .

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 231096,15 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 311979,81 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 30369,57 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 40998,92 \text{ (грн./рік)}.$$

#### 4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

| Вартість матеріалу    | Грн   |
|-----------------------|-------|
| ТМ-1000               | 15000 |
| Трансформатор струму  | 2000  |
| Трансформатор напруги | 2000  |
| КЛ-10кВ               | 5000  |

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_M = 0,01 \cdot \left( \sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{ЛЮ}} \right), \quad (4.26)$$

де  $C_{0i}$  – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$T_i$  – трудомісткість обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{ЛЮ}}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт:  $C_{\text{мпр}} = 23675$  (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:  $C_{\text{мто}} = 167645$  (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 311979,806 + 167645 = 479624,806 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 40998,92049 + 23675 = 64673,92 \text{ (грн/рік).}$$

#### 4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 2122400 = 127344 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іпр}} = \beta_{\text{іпр}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

де  $\beta_{ip}$  - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip}=0,25 \cdot (479624,806 + 64673,92 + 127344) = 167910,6816 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

| Стаття витрат                                   | Величина витрат, грн | Структура, % до підсумку |
|---|----------------------|--------------------------|
| Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж | 479624,806           | 57,13                    |
| Витрати на поточний ремонт                      | 64673,92             | 7,70                     |
| Витрати на амортизацію                          | 127344               | 15,17                    |
| Інші витрати                                    | 167910,68            | 20                       |
| Разом   | 839553,4081          | 100                      |

#### 4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{п}$  – коефіцієнт попиту.

Визначаємо річні витрати активної електроенергії (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії

| Назва цеху                  | К-сть змін | Т <sub>м</sub> , год. | cos φ | Р <sub>p</sub> , кВт | Е <sub>a</sub> , кВт·год./рік |
|-----------------------------|------------|-----------------------|-------|----------------------|-------------------------------|
| Аптечно-медична поліклініка | 1          | 2500                  | 0,7   | 364                  | 910000                        |

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де  $I_{\text{м}}$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год./рік.

$R$  – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де  $r_0$  – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

| Лінія  | Марка кабелю | К-сть ліній | Довжина, км | $I_{\text{м}}$ , А | $R$ , Ом | $\tau$ , год./рік | $\Delta E_{\text{л}}$ , кВт·год. |
|--------|--------------|-------------|-------------|--------------------|----------|-------------------|----------------------------------|
| ГПП-ТП | АВБбШв 4x150 | 1           | 0,3         | 30,02              | 0,0768   | 1225,31           | 254,46                           |
| ПС-ГПП | ААБл 3x120   | 1           | 0,7         | 30,02              | 0,224    | 1225,31           | 742,17                           |
| Разом  |              |             |             |                    |          |                   | 996,63                           |

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left( \frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$  і  $\Delta P_{\text{хх}}$  – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;



$T_p$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_f$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_n$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

| №     | Тип    | шт | $\Delta P_x$ , кВт | $\Delta P_k$ , кВт | $S_p$ , кВА | $S_n$ , кВА | $\Delta E_T$ , кВт·год./рік |
|-------|--------|----|--------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| КТП-1 | ТМ-630 | 1  | 2,5                | 10,7               | 485         | 630         | 30832,16                    |

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.36)$$

$$E = 910000 + 996,63 + 30832,16 = 941828,79 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 4,7 \cdot 910000 = 4277000 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

#### 4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де  $C_{\text{сум}}$  – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

$E_a$  – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.39)$$

де  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\Pi}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де  $C_{\text{обс}}$  – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$  – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_a$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 479624,806 + 64673,92 + 127344 + 167910,6816 = 839553,4081 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 4277000 + 839553,4081 = 5116553,408 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{5116553,408 \cdot 100}{910000} = 5,62 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

| Показники                                     | Позначення       | Величина показників | Одиниця вимірювання |
|---|------------------|---------------------|---------------------|
| Кількість корисно спожитої електроенергії     | $E_a$            | 910000              | кВт·год             |
| Річне споживання електроенергії із втратами   | $E$              | 941828,79           | кВт·год             |
| Плата за електроенергію                       | $\Pi$            | 4277000             | грн                 |
| Витрати на передачу і розподіл електроенергії | $C_{\pi}$        | 839553,4081         | грн                 |
| Сумарні витрати підприємства                  | $C_{\text{сум}}$ | 5116553,408         | грн                 |
| Собівартість електроенергії                   | $S$              | 562,26              | коп/кВт·год         |

#### 4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 562,26 коп/кВт·год.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, м. Вінниця. На електротехнічний персонал, що виконує ці роботи з модернізації та подальшої експлуатації системи електропостачання, впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому важливо розглянути питання з охорони праці, що передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів зі зниження їхнього впливу, з промислової безпеки, з безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### **5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання**

5.1.1 Вимоги до безпечної організації робочих місць оперативно-ремонтного персоналу

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах струмопровідної підлоги.

Оперативно-ремонтний персонал, який обслуговування, ремонт і реконструкцію обладнання підприємства, під час використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці.

Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I

повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможливлувати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються

працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I і II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати. Забороняється підключати електроінструмент напругою до 12 В до електричної мережі загального користування через автотрансформатор, резистор або потенціометр.

#### 5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

## **5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії**

### **5.2.1 Мікроклімат**

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату під час виконання персоналом електромонтажних робіт наведено в таблиці 5.1.



Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | Відносна вологість | Швидкість руху |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Теплий      | Пб              | 15-29           | 70 при 25°С        | 0,2-0,5        |
| Холодний    | Пб              | 13-23           | не більш 75        | не більш 0,4   |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу передбачається [7]:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

#### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) шкідливих речовин в мг/м<sup>3</sup> [6]. ГДК цих речовин наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

| Найменування речовини     | ГДК, мг/куб.м      |                | Клас безпеки |
|---------------------------|--------------------|----------------|--------------|
|                           | Максимально разова | середньодобова |              |
| Окис вуглецю              |                    | 20             | 4            |
| Спирт етиловий            | 5                  | 5              | 4            |
| Пил рослинного походження | 4                  | 4              | 4            |

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації шкідливих речовин необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

#### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $e_n$ ). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

#### Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8], роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік),

використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

| Харак-ка зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону     | Штучне при системі комбінованого освітлення |                        | Природне Ен пр | Сумісне Е сум |
|-------------------------|--|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---|------------------------|----------------|---------------|
|                         |  |                       |                           |                          |                         | всього                                      | у т. ч. від загального |                |               |
| Високої точності        | Від 0,3 до 0,5 включно                                     | III                   | в                         | малий середній великий   | світлий середній темний | 600   | 200                    | -              | 3,0           |

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85 [9] і наведені в таблиці 5.4.

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання з переробки деревини), слід розташовувати поза межами приміщень, де встановлені ПК. Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками. Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об'ємні поглинаючі тіла довільної форми.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

| Вид трудової діяльності, робочі місця  | Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      |
|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|  | 31,5   | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства | 107  | 95 | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |

Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший.

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

| Вид вібрації   | Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц |                   |                   |                  |                  |                  |     |     |     |      |
|--|--|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|------|
|  | 2  | 4                 | 8                 | 16               | 31,5             | 63               | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Загальна вібрація:<br>На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях | $\frac{1,3}{108}$                                  | $\frac{0,45}{99}$ | $\frac{0,22}{93}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | -   | -   | -   | -    |

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних

конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

#### 5.2.6 Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичнє динамічнє навантаженнє, вираженє в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичнє навантаженнє (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичнє перебуваннє в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручнним розташуваннєм кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташуваннє різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебуваннє у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни;нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщеннє у просторі (переходи через виконаннє технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаженнє: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприйманнє інформації та їх оцінка – сприйманнє інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завданнє – обробка, контроль, перевірка завданнє; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуваннєм під час діяльності

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) - більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

### **5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП аптечно-медичного закладу в умовах дії загрозливих чинників НС.**

СЕП аптечно-медичного закладу може використовуватися різними організаціями у різних частинах України для постачання електроенергії, тому існує ймовірність впливу на пристрій електромагнітних та іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на електро радіоелементи викликає зворотні та незворотні процеси, внаслідок яких може бути порушена робота елементів схеми, що призводить до виходу з ладу апаратури.

Надзвичайна ситуація є наслідком сукупності виняткових обставин, що склалися у відповідній зоні в результаті надзвичайної події техногенного, природного, антропогенного та воєнного характеру, а також під впливом можливих надзвичайних умов.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України і здійснювати негативний вплив на функціонування об'єктів економіки та життєдіяльність населення, поділяються за такими основними ознаками: за сферою виникнення; за галузевою ознакою; за масштабами можливих наслідків.

Проникаюча радіація - це гамма-випромінювання і потік нейтронів. Ступінь тяжкості променевого ураження головним чином залежить від поглиненої дози.

При дії проникаючої радіації на людей може виникнути променева хвороба різного ступеня. Матеріали, що володіють захисними властивостями, активно використовуються в будівництві захисних споруд.

Радіоактивне забруднення є четвертим фактором, на який припадає близько 10 % енергії ядерного вибуху. Під час ядерного вибуху утворюється велика кількість радіоактивних речовин, які, осідаючи з димової хмари на поверхню землі, забруднюють повітря, місцевість, воду, а також всі предмети, що знаходяться на ній, споруди, лісові насадження, сільськогосподарські культури, урожай, незахищених людей і тварин.

При проходженні потоку гамма-опромінення через елементи РЕА, в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до збою в роботі пристрою.

Особливо чутливими до радіації елементами є елементи з високим вмістом металів, яким в свою чергу властива висока концентрація вільних носіїв зарядів.

Таким чином радіація в РЕА викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, що залежать від проходження процесів іонізації, порушення структури матеріалів, що призводить до пошкодження апаратури.

Під час дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ) у тілах, що проводять електричний струм на частку секунди (час дії ЕМІ) виникає імпульс електричного струму і з'являється різниця потенціалів відносно землі. Під дією цих напруг може відбутись пошкодження РЕА, ліній зв'язку, вихід з ладу запобіжників і т.д.

5.3.1 Визначення області працездатності СЕП аптечно-медичного закладу в умовах дії іонізуючого випромінювання

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та інші). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.



Визначаємо потужність експозиційної дози для кожного елементу і знаходимо елемент, який найбільш чуттєвий до дії іонізуючого випромінювання.

Таблиця 5.6 - Стійкість елементів до радіації.

| № | Блоки елементів   | Елементи РЕА СЕП | Найменування         | $P_{гр.i}$ , р/год | $P_{гр}$ , р/год |
|---|-------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Основний пристрій | Конденсатори     | K50-35, K10-17       | $10^5$             | $10^4$           |
|   |                   | Резистори        | C2-23                | $10^6$             |                  |
|   |                   | Транзистори      | КТ3102А              | $10^5$             |                  |
|   |                   | Мікросхеми       | FT232RL,<br>AT24C512 | $10^4$             |                  |
| 2 | Система керування | Діоди            | АЛ307                | $10^5$             | $10^5$           |
|   |                   | Сенсорна панель  | SBL6                 | $10^5$             |                  |

Аналізуючи дані таблиці, визначаємо, що найбільшого впливу зазнають мікросхеми та діелектричні матеріали. В них незворотні дії виникають при рівні  $p_i$ , яка для пристрою в цілому є граничною, отже,  $p_{гран}=10^4$  Рад/с.

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовують значення рівня радіації гамма-випромінювання, яке розраховується за формулою:

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [P / год], \quad (5.1)$$

де  $p_{гран}$  – межа стійкості роботи СЕП аптечно-медичного закладу, Рад/с;

$K_H$  – коефіцієнт надійності елементної бази,  $K_H = 0,9 \dots 0,95$ ,

приймаємо  $K_H = 0,92$ ;

$K_{посл}$  – коефіцієнт послаблення радіації, із завдання:  $K_{посл} = 2$ .

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 (P / год).$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{\text{доп}} = \frac{D_{\text{сп}} \cdot K_{\text{посл}} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.2)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{10^4 \cdot 7 + 2 \cdot 17,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 17,8} = 1967,2921 \text{ год}$$

5.3.2 Визначення області працездатності в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи пристрою в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки [38], який визначається за формулою:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де  $U_\Gamma$  – напруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань горизонтальних струмопровідних частин плати, В;

$U_\partial$  – допустиме коливання напруги живлення, В.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_\partial = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot \Delta \quad (5.4)$$

де  $U_{\text{ж}}$  – напруга живлення СЕП аптечно-медичного закладу ( $U_{\text{ж}} = 30\text{В}$ );

$N$  - допустиме коливання напруги живлення ( $N \pm 5\%$ ).

$$U_\partial = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Плата пристрою розташована в горизонтальній площині. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях з рівності:

$$20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\Gamma}} = 40 \quad (5.5)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\partial}}{100} [\text{кВ}], \quad (5.6)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{31,5}{100} = 0,315 \text{ (кВ)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma}, \quad (5.7)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} [\text{кВ} / \text{м}], \quad (5.8)$$

де  $l_{\Gamma}$  – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми, м ( $l_{\Gamma} = 0,1\text{м}$ ).

$$E_B = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 \text{ (кВ} / \text{м)}.$$

Згідно з розрахунками СЕП аптечно-медичного закладу здатний працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при напруженості вертикальної складової електричного поля  $E_B \leq 3,15 \text{ кВ/м}$ .

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що даний СЕП аптечно-медичного закладу здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до  $1,84 \cdot 10^4 \text{ Р /год}$ .

Також в даному розділі було визначено область працездатності СЕП аптечно-медичного закладу в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елемента, яка в цілому для пристрою є граничною і складає:  $p_{гран}=10^4$  Р/год.

#### 5.4 Висновки до розділу 5

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи на заводі.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що даний СЕП аптечно-медичного закладу здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до  $1,84 \cdot 10^4$  Р /год.

Також в даному розділі було визначено область працездатності СЕП аптечно-медичного закладу в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елемента, яка в цілому для пристрою є граничною і складає:  $p_{гран}=10^4$  Р/год.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунки і прийнято рішення по підвищенню ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці.

В роботі передбачається електропостачання аптечно-медичної поліклініки від РУ – 0,4 кВ, КТП № 954 (250 кВА) (на балансі ПП «Конекс»). Підключення КТП виконано від опори № 11 існуючої ПЛ-10 кВ Ф-37 від ПС 110/35/10 “Південна” кабелем ААБл -10 кВ 3x120 мм<sup>2</sup> та згідно розрахунків заміни не потребує. Загальна встановлена потужність становить 364 кВт.

За розрахунками комплектна трансформаторна підстанція КТП № 954 на 250 кВА потребує заміни трансформатора на 630 кВА. Мережі 0,4 кВ необхідно виконати додатково прокладеними алюмінієвими кабелями марки АВБШв 4x150 мм<sup>2</sup>, що прокласти в траншеї 0,7 м під землею. Перед прокладкою кабелю АВБШв-4x150 мм<sup>2</sup> потрібно зробити підсипку на дно траншеї, що не містить каміння, будівельного сміття і шлаку, завтовшки не менше 100 мм, а зверху прокладеного кабелю проложити цеглу та сигнальну стрічку.

Категорія надійності електропостачання – III.

Відповідно до ТУ для обліку електроенергії передбачено існуючий багатофункціональний лічильник активної та реактивної енергії трансформаторного включення типу SL7000 3x5 А, класу точності 1,0, що встановлений в РУ-0,4 кВ КТП № 954. Трансформатори струму потребують заміни згідно додаткової потужності.

На вводі та в РУ-0,4 кВ автоматичний вимикач, згідно збільшеної дозволеної потужності, потрібно замінити по проведеним розрахункам на вимикач ВА 88-40 ЗР 630 А. Для захисту електроустановки встановлено пристрій захисного відключення, що реагує на диференційний струм та реле захисту від імпульсних перенапруг РНПП-311М з магнітним пускачем. На відхідні лінії встановлені автоматичні вимикачі.

Для компенсації реактивної потужності передбачається встановлення конденсаторної установки типу ККУ-0,4-220/6-20-21У3 на напругу 0,4 кВ потужністю 220 кВАр в РУ-0,4 кВ КТП № 954.

При монтажі електричного обладнання повинні виконуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 і інших нормативних норм й правил по охороні праці та техніки безпеки.

Всі металеві не струмоведучі частини обладнання потрібно заземлити. Зовнішній контур заземлення виконати з кутової сталі 45x45x5 мм, які з'єднані сталюююю половоюю 40x5 мм. Вивід заземлення виконати сталюююю половоюю 40x5 мм.

Отже, запропонована система електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці за рахунок прийняття оптимальних рішень стала більш енергоефективною й це дозволить суттєво покращити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП.

В роботі запропоновані шляхи підвищення енергоефективності аптечно-медичної поліклініки. Також були проведені розрахунки існуючої теплової схеми котельні аптечно-медичного закладу і визначена витрата умовного і робочого палива, що становить 0,065 кг/с і 0,057 кг/с відповідно. Розрахований варіант модернізації теплової схеми з встановленням теплового насосу та електричних котлів. Було виконане економічне порівняння запропонованої модернізації. Термін окупності основного та додаткового обладнання становить 5,51 років. Собівартість виробленої енергії на існуючій схемі становить 2,07 млн. грн./рік , а на модернізованій – 1,39 млн. грн./рік. Отже, було доведено економічну вигідність використання модернізованої схеми. При впровадженні запропонованого варіанту збільшується ККД котельні, зменшуються експлуатаційні витрати і забезпечується економічна ефективність.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП аптечно-медичного закладу, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 562 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце в аптечно-медичному закладі та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. Харків: Міненерговугілля України, 2017. 617с.
2. ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77094](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77094) (дата звернення 01.06.2022)
3. ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення»: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=25837](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=25837) (дата звернення 01.06.2022)
4. РД 153-34.0-15.501-00 «Методичні вказівки по контролю і аналізу якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Частина 1. Контроль якості електричної енергії»: веб-сайт. URL: [https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94\\_153-34.0-15.501-00](https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94_153-34.0-15.501-00) (дата звернення 01.06.2022)
5. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 122 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних завантажень». веб-сайт. URL: <https://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf> (дата звернення 01.06.2022)
7. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
8. Камінський А. В., Мокін Б. І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія. Вінниця: Універсум Вінниця, 2005. 122с.
9. Каталог конденсаторних установок: веб-сайт. URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 01.06.2022)
10. Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 01.06.2022)
11. Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення 01.06.2022)
12. Експлуатація освітлювальних установок: веб-сайт. URL: <http://life->



prog.ru/ukr/1\_954\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html (дата звернення 01.06.2022)

13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / за ред. Ю.Г.Барыбин. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 464 с.

14. Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу Електричні системи і мережі: веб-сайт. URL: [http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi\\_11.html](http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html) (дата звернення 01.06.2022)

15. Барыбин Ю.Г., Бабаханян И.С., Бейдер А.А. Справочник по проектированию электроснабжения: довідник. Москва, 1990. 576 с.

16. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: навч. посіб. Москва, 1989. 607 с.

17. Правила установки электроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.

18. Власов Б. В., Ковалев А. П. Автоматизированные системы управления предприятиями массового производства: навч. посіб. Москва, 1987. 423 с.

19. Гельман Г. А. Автоматизированные системы управления электроснабжением промышленных предприятий: навч. посіб. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 255 с.

20. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. Экономия топлива и электроэнергии: навч. посіб. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 184 с.

21. Все про Excel: створення і редагування таблиць: веб-сайт. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8C-e81aa349-b006-4f8a-9806-5af9df0ac664> (дата звернення 01.06.2022)

22. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.

23. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки относительно опрацювання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. В.: ВНТУ, 2003. 46 с.

24. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / Ткачук К.Н., Иванчук Д.Ф., Сабарно Р.В., Степанов А.Г. Киев: Техника, 1991. 285 с.
25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: веб-сайт. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 01.06.2022)
26. ГОСТ 12.0.003 - 74. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=48127](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=48127) (дата звернення 01.06.2022)
27. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=6264](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=6264) (дата звернення 01.06.2022)
28. ДНАОП 0.03-3.01-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=22186](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=22186) (дата звернення 01.06.2022)
29. Борьба с шумом на производстве / за ред. Е. Я. Юдина. Москва: Машиностроение, 1985. 400 с.
30. ГОСТ 12.1.008-83. Шум. Загальні вимоги безпеки: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=48130](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48130) (дата звернення 01.06.2022)
31. СН 32.23-85. Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях: веб-сайт. URL: [https://dnaop.com/html/43077/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_3223-85](https://dnaop.com/html/43077/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_3223-85) (дата звернення 01.06.2022)
32. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=48132](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48132) (дата звернення 03.06.2022)
33. ГОСТ 12.1.012.-90. Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=48132](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48132) (дата звернення 01.06.2022)
34. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. : веб-сайт. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/95.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-28->

2006.%20%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%20%D1%96%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf (дата звернення 01.06.2022)

35. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности: веб-сайт. URL: [https://dnaop.com/html/2590/doc-%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F\\_24-86](https://dnaop.com/html/2590/doc-%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F_24-86) (дата звернення 01.06.2022)

36. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення: веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885) (дата звернення 01.06.2022)

37. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125> (дата звернення 02.06.2022)

38. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: веб-сайт. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 02.06.2022)

39. ДСТУ Б В.1.1-36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек: веб-сайт. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення 01.06.2022)

40. ДБН В.1.1-7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf) (дата звернення 04.06.2022)

41. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 03.06.2022)

42. ГОСТ 12.1.030-81. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення : веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=7051](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=7051) (дата звернення 03.06.2022)

43. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).

44. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

45. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

46. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

47. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

48. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

49. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

50. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

51. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

52. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

# Додатки

**Додаток А**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

\_\_\_\_\_  
“    ”    \_\_\_\_\_ 2022р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.  
“    ”    \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ, МІСТО ВІННИЦЯ**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-21м

Дорошенко М.О

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2022 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 203 від 14.09.2022р.

Дата початку роботи 23.09.2022р.

Дата закінчення роботи 12.12.2022р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета: підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проєктів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

3.3. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2005 р.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. X : Міненерговугілля України, 2017 р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

| Зміст етапу  | Термін виконання |        |
|--|------------------|--------|
|  | початок          | кінець |
| 4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження                             |                  |        |
| 4.2 Проведення дослідних розрахунків   |                  |        |
| 4.3 Розробка робочих креслень  |                  |        |
| 4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи |                  |        |

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається



# Додаток Б

## Вихідні дані

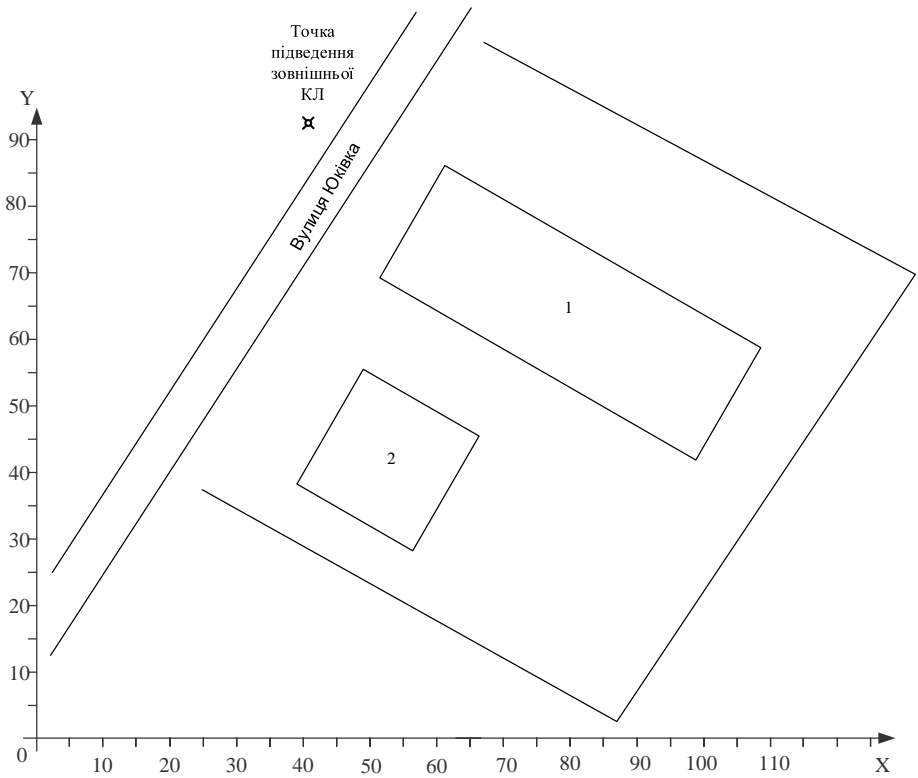


Рисунок Б.1 – Генеральний план

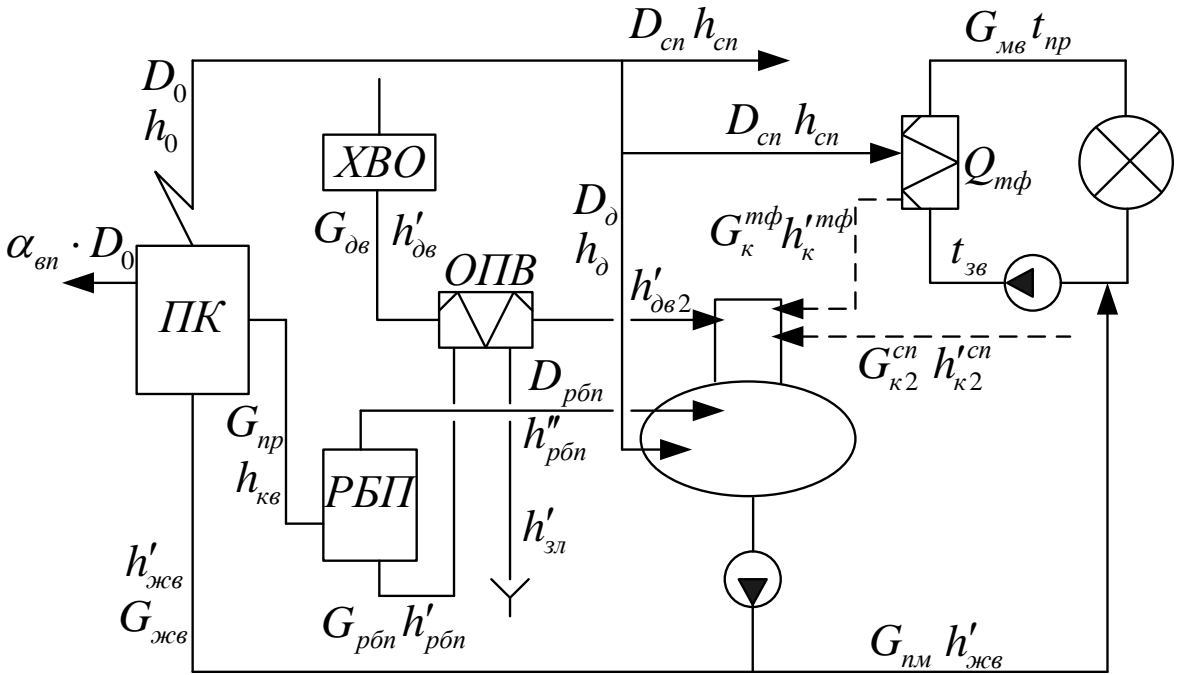


Рисунок Б.2 – Існуюча принципова теплова схема

**Додаток В**  
**ПРОТОКОЛ**  
**ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу, місто Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unichesk**

Оригінальність 88,4 Схожість 11.6%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

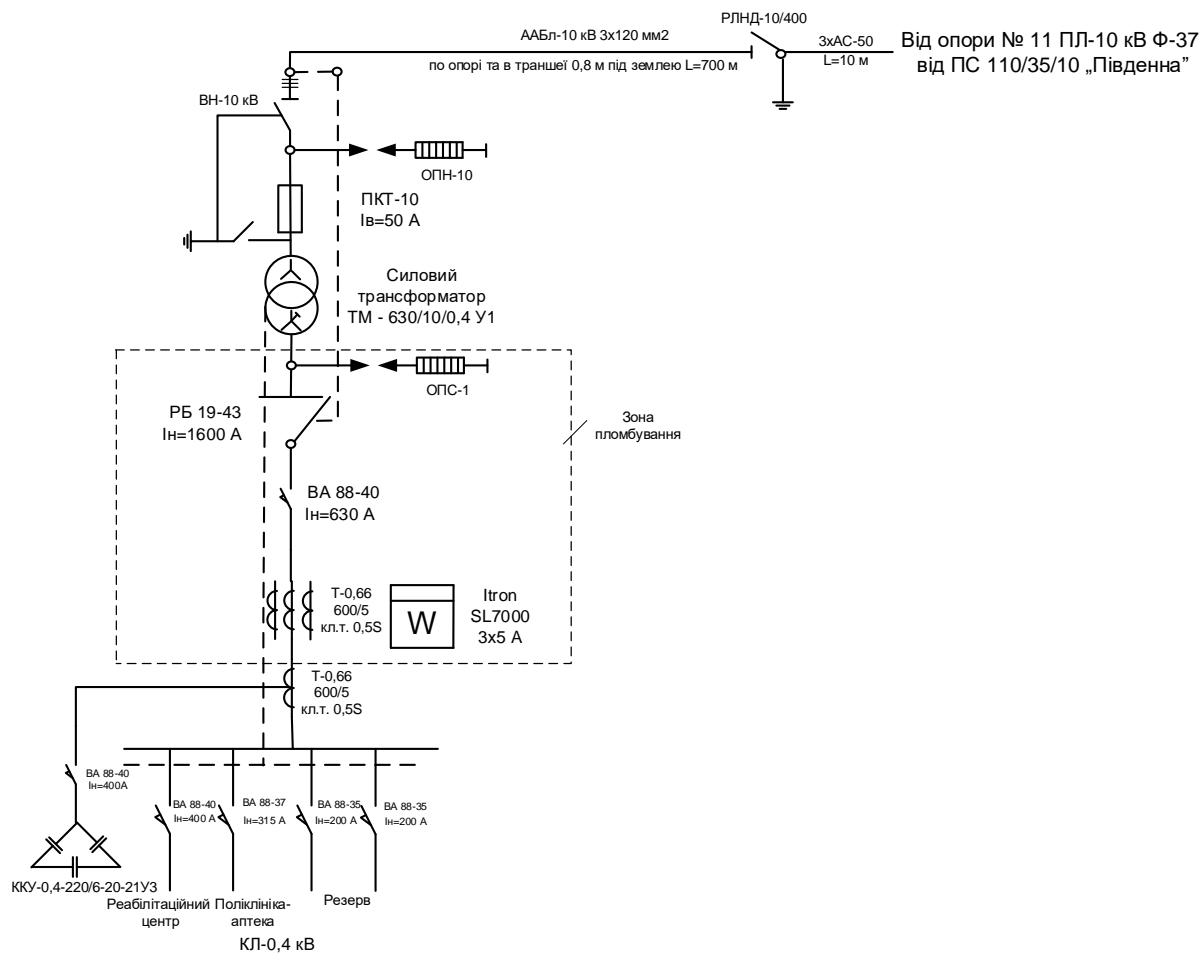
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_ Дорошенко М.О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шулле Ю.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## Додаток Г

### Однолінійна схема електропостачання



# Додаток Д

## Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
(повне найменування факультету)  
Кафедра електротехнічних систем електропостачання та енергетичного менеджменту  
(повна назва кафедри)

### МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АПТЕЧНО-МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ, МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-21м

Дорошенко М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Шульє Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2022

*Актуальність теми.* Система електропостачання (СЕП) – це сукупність електроустановок пов'язаних єдиним процесом виробництва, передачі, перетворення і розподілу електричної енергії по споживачам. Основними факторами при прийнятті оптимальних рішень, які характеризують систему електропостачання є вартість і трудомісткість її спорудження, надійність і безпека експлуатації електротехнічних установок, економічність передачі електричної енергії споживачам, а також дотримання в допустимих межах показників якості електричної енергії.

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідності електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням і структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Актуальною задачею є підвищення енергоефективності системи електропостачання аптечно-медичних закладів шляхом оптимізації самої системи електропостачання, а саме вибором:

- оптимальної кількості та потужності трансформаторів цехових ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- оптимальних заходів з енергозбереження.

*Мета і завдання дослідження.* Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП.

Для досягнення поставленої мети у роботі розв'язуються задачі:

- виконати розрахунок оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП;
- здійснити розрахунок оптимальних перерізів провідників електричних мереж;
- зробити розрахунок оптимальних потужностей конденсаторних установок;
- розробити заходи з енергозбереження.

*Об'єкт дослідження* – система електропостачання аптечно-медичного закладу.

*Предмет дослідження* – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання аптечно-медичного закладу.

*Наукова новизна одержаних результатів.* Удосконалено систему електропостачання аптечно-медичного закладу, а саме, шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів провідників електричних мереж, оптимального розміщення трансформаторних підстанцій, розрахунку оптимальних потужностей конденсаторних установок та запропоновано шляхи енергозбереження.

*Практичне значення одержаних результатів:* практична реалізація отриманих рішень дозволить оптимізувати електропостачання та підвищити енергоефективність системи електропостачання аптечно-медичного закладу: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП нормальним та аварійним електричним режимам, зменшити витрати електроенергії.

## Загальні відомості про підприємство

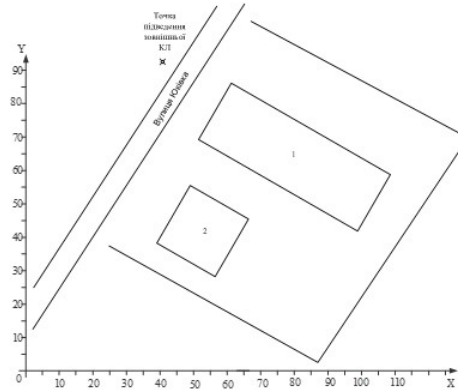
Магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності системи електропостачання аптечно-медичного закладу міста Вінниці.

Будемо підвищувати ефективність системи електропостачання аптечно-медичної поліклініки по вул.Князів Коратовичів, 209 в м. Вінниця.

Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії.

Напруга електричної мережі – 10 кВ. Розрахункова потужність – 364 кВт.

Електропостачання виконується від опори № 11 ЛЕП-10 кВ, Ф-37, ПС 110/35/10 «Південна».



Генеральний план аптечно-медичного закладу міста  
Вінниці, де 1- реабілітаційний центр, 2 - аптека

3

### Оптимізація потужності КТП

В роботі передбачається електропостачання аптечно-медичної поліклініки від РУ – 0,4 кВ, КТП № 954 (250 кВА) (на балансі ПП «Конекс»). Підключення КТП було виконано від опори № 11 існуючої ЛЛ-10 кВ Ф-37 від ПС 110/35/10 «Південна». Загальна встановлена потужність становить 364 кВт. Згідно із ПУЕ силові масляні трансформатори 10/0,4 кВ допускають післяаварійне перевантаження на 40 % на період максимуму загальної добової тривалості не більше 6 год. протягом не більше 5 діб. При цьому коефіцієнт заповнення добового графіку навантаження трансформатора повинен бути не більше 0,75, тобто

$$S_{cp} \leq 0,75 * 1,4 * S_{нт} \leq 1,05 * S_{нт}.$$

На однострансформаторній підстанції без зв'язків на вторинній напрузі потужність трансформатору вибираємо по максимальному навантаженні при робочому режимі.

$$S_{нт} = \frac{1,05 * P_{н}}{\cos \alpha} = \frac{1,05 * 364}{0,96} = 398,125 \text{ кВА}$$

Отже, за розрахунками комплектна трансформаторна підстанція КТП № 954 на 250 кВА потребує заміни трансформатора на 630 кВА.

4

### Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ

Отже, проведемо розрахунок кабелю ААБл-10 кВ для нашого випадку.

1) Вибір перерізу кабелю ААБл-10 кВ за нагрівом в післяварійному режимі.

Розрахунковий струм навантаження на РУ-10 кВ ТП:

$$I_p = S / (\sqrt{3} \cdot U) = 364 / \sqrt{3} \cdot 10 = 21,04 \text{ А.}$$

Попередньо вибираємо переріз кабелю 120 мм<sup>2</sup>. Допустимий струм для перерізу 120 мм<sup>2</sup> складає 240 А (ПУЕ, табл. 1.3.16)

З врахуванням наступних коефіцієнтів до I<sub>д.н.</sub>:

K<sub>1</sub>=1,10 (ПУЕ, табл. 1.3.3, п. 1.3.13).

K<sub>2</sub>=0,87 (ПУЕ, табл. 1.3.23) на питомий опір ґрунту.

K<sub>3</sub>=0,93 (ПУЕ, табл. 1.3.26) на кількість працюючих кабелів, які лежать разом в землі.

Загальний коефіцієнт K=K<sub>1</sub>\*K<sub>2</sub>\*K<sub>3</sub>=0,89.

Таким чином, фактично допустимий струм I<sub>ф</sub> для кабелю перерізом 120 мм<sup>2</sup>, складає:

$$I_{ф} = I_{д.н.} * K = 240 * 0,89 = 213,6 \text{ А};$$

$$I_p = 21,04 \text{ А.}$$

Перевіряємо умову I<sub>ф</sub> ≥ I<sub>п</sub>, 213,6 ≥ 21,04 і бачимо, що вона виконується.

2) Вибір кабелю ААБл-10 кВ перерізом 120 мм<sup>2</sup> по економічній густині струму.

$$S_{ec} = I_p / J_{ec} = 21,04 / 1,2 = 17,5 \text{ мм}^2,$$

де S<sub>ec</sub> – переріз по економічній густині струму (мм<sup>2</sup>) по нормальному режиму;

J<sub>ec</sub> – 1,2 А/мм<sup>2</sup> – економічна густина струму (ПУЕ, табл. 1.3.36).

Умова 120 мм<sup>2</sup> ≥ 17,5 мм<sup>2</sup> виконується.

3) Перевірка кабелю ААБл-10 кВ перерізом 3х120 мм<sup>2</sup> за термічною стійкістю.

$$I_{sc}(3\phi) = 4,96 \text{ кА}$$

Витримка часу максимального захисту на відхідній лінії

t<sub>н</sub>=0,5 с – час вимкнення вилкача;

t<sub>в</sub>=0 с.

Тоді дійсний час відключення лінії:

$$t_{д} = 0,5 + 0 = 0,5 \text{ с.}$$

Мінімальний переріз кабелю по термічній стійкості:

$$S_{min} = I_{sc}(3\phi) \cdot \sqrt{t_{д} / C},$$

де C=95 – постійне значення для кабелів з алюмінієвими жилами 10 кВ

$$S_{min} = 4960 \cdot \sqrt{0,5 / 95} = 36,91 \text{ мм}^2.$$

Умова 120 мм<sup>2</sup> ≥ 36,91 мм<sup>2</sup> виконується.

4) Вибір кабелю за втратою напруги:

$$\Delta U = \Delta U_{tabl} * M(\text{МВт} \cdot \text{км}) = 0,3 * 0,364 \text{ МВт} * 0,7 \text{ км} = 0,08 \text{ \%}.$$

де ΔU – таблична питома величина втрати напруги (Посібник до ВСН 97-83).

Умова за втратою напруги виконується.

5

### Вибір потужності конденсаторної установки

Для визначення ємності реактивної потужності Q<sub>c</sub>, необхідної для досягнення заданого cos φ, скористаємось формулою:

$$Q_c = P_{вст} * (tg\phi_1 - tg\phi_2),$$

де P<sub>вст</sub> – встановлена потужність електроприймачів;

φ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub> – кути зсунгу фаз.

$$P_{вст} = P_{зам} = 364 \text{ кВт.}$$

Повну потужність електроприймачів визначаємо за формулою:

$$S_{вст} = P_{вст} / \cos \phi = 364 / 0,75 = 485,33 \text{ кВАр};$$

$$\cos \phi_1 = 0,75, \text{ тоді } tg\phi_1 = 0,88.$$

Приймаємо нормативний cos φ<sub>2</sub>=0,96, для нього tgφ<sub>2</sub>=0,29.

$$Q_c = 364 * (0,88 - 0,29) = 214,76 \text{ кВАр.}$$

Вибираємо конденсаторну установку ККУ-0,4-220/6-20-21У3, потужністю 220 кВАр.

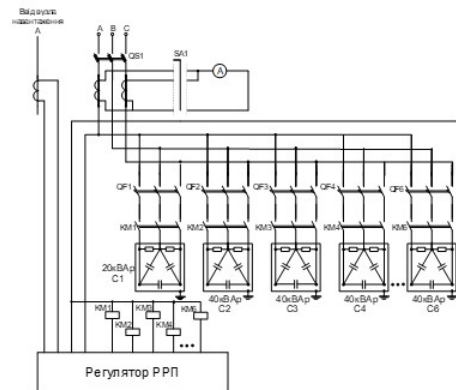


Схема електрична принципова ККУ-0,4-220/6-20-21У3

6

### Вибір вимірювальних трансформаторів струму

Згідно ПУЕ при мінімальному навантаженні приєднання вторинний струм повинен становити не менше 5% від номінального струму лічильника. Номінальний вторинний струм дорівнює 5А.

Струм мінімального навантаження:

$$I_{\text{min}} = \frac{S_{\text{nan}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}$$

$$I_{\text{min}} = 20000 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 30,42 \text{ A}$$

Вторинний струм при мінімальному навантаженні:

$$I_{2\text{min}} = \frac{I_{\text{min}}}{K_1}$$

$$I_{2\text{min}} = 30,42 \cdot 5 / 600 = 0,25 \text{ A}$$

Відношення вторинного струму до номінального у відсотках складе:

$$(0,25 / 5) \cdot 100\% = 5 \geq 5\%$$

Умова виконується.

Отже, вибраний трансформатор струму 600/5 відповідає вимогам.

7

### Мережі 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю здійснюється по розрахунковому струму:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi,$$

де P – встановлена потужність споживача, Вт;

U – номінальна напруга приєднання, В;

cos φ – коефіцієнт потужності.

Також переріз кабелю повинен бути перевірений по економічній густині струму. Економічно доцільний переріз S, мм<sup>2</sup>:

$$S = I \cdot J_{\text{ек}},$$

де I – розрахунковий струм в години максимуму енергосистеми, А;

J<sub>ек</sub> – нормоване значення економічної густини струму, А/мм<sup>2</sup>.

Оскільки кабель алюмінієвий, то нормоване значення економічної густини струму приймаємо рівним 1,6 А/мм<sup>2</sup>.

Переріз, який отримаємо в результаті розрахунків, округлюємо до найближчого стандартного перерізу. Розрахунковий струм приймається для нормального режиму роботи, тобто збільшення струму в післяварійних і ремонтних режимах мережі не враховується.

Отже, за даними формулами можна провести розрахунок вибору перерізу кабелю для даного випадку:

$$P = 134 \text{ кВт};$$

$$U = 380 \text{ В};$$

$$I = 134000 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,96) = 214,56 \text{ А};$$

$$S = 214,56 \cdot 1,6 = 343,3 \text{ мм}^2.$$

Отже, вибираємо кабель АBB6Шв 4x150 мм<sup>2</sup>.

Кабель, який вибраний за умовами нагріву та за економічною густиною струму, потрібно також перевірити на допустиму втрату напруги. Згідно ПУЕ для силових мереж відхилення напруги найбільш віддалених електроприймачів від номінального значення повинно складати не більше ±5%.

Перевірка мереж трифазного струму за допустимою втратою напруги ΔU<sub>доп</sub>:

$$\Delta U = A \cdot P_{\text{вт}} \cdot L \cdot (\tau_a + \tau_x \cdot \text{tg}\varphi),$$

де A = 1/10U<sup>2</sup>;

U<sub>н</sub> – номінальна міжфазна напруга (кВ);

A = 0,69 при U<sub>н</sub> = 0,38 кВ;

A = 4,13 при U<sub>н</sub> = 0,22 кВ;

P<sub>вт</sub> – встановлена потужність (кВт);

L – довжина ділянки мережі (км);

τ<sub>a</sub> – питомий активний опір ділянки мережі (Ом/км);

τ<sub>x</sub> – питомий реактивний опір ділянки мережі (Ом/км);

tgφ – коефіцієнт потужності.

8

Проведемо розрахунок втрати напруги для даного випадку:  
 $\Delta U_{доп} \geq 0,69 * 134 * 0,09 * (0,21 + 0,1 * 0,251);$

$$\Delta U_{доп} \geq 1,96.$$

Допустима втрата напруги складе 5%, тобто  $\geq 1,96$  то лінія має допустиме відхилення напруги. Переріз кабелю, який вибраний за економічною густиною струму – АВБШВ 4х150 мм<sup>2</sup>.

При перевірці спрацювання захисту лінії по термічному струму при однофазному к.з. повинна виконуватись умова:

$$3 I_{к.р.} < I_{к.з.},$$

де  $I_{к.р.}$  – струм комбінованого розщеплювача;

$I_{к.з.}$  – однофазне к.з.;

Однофазне коротке замикання – це вид к.з при якому значення струму найменше, а отже, якщо однофазне к.з буде задовільняти вимогу  $3 I_{к.р.} < I_{к.з.}$ , то і всі інші види к.з також.

$I_{к.з.}$  визначається за формулою:

$$I_{к.з.} = U_{ф} / (k \cdot l),$$

де  $U_{ф}$  – фазна напруга;

$k$  – коефіцієнт що враховує опори, залежить від матеріалу жил кабелю та його перерізу;

$l$  – довжина кабелю;

У випадку коли рівність не виконується, потрібно обирати більший переріз кабелю.

Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ представлена на рис. 2.2

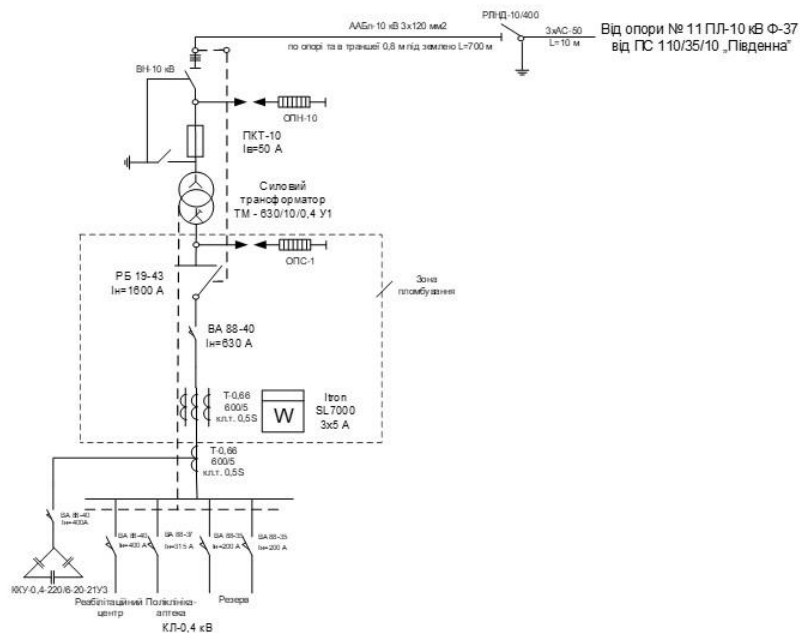
Рисунок 2.2 – Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ

| № | Тривалість, с | Трансформатор |                 | Вид   | Переріз жил, мм <sup>2</sup> | Кабель              |                     |                    |                      |                      |                      | Відстань між опорами, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м | Висота опори над землею, м |
|---|---------------|---------------|-----------------|-------|------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   |               | Тип           | Потужність, кВт |       |                              | Питомий опір, Ом/км |                     | Фазний опір, Ом/км |                      | Нульовий опір, Ом/км |                      |                         |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|   |               |               |                 |       |                              | Довжина, км         | Питомий опір, Ом/км | Фазний опір, Ом/км | Нульовий опір, Ом/км | Фазний опір, Ом/км   | Нульовий опір, Ом/км |                         |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| 1 | TM            | 630           | 0,13            | АВБШВ | 4х150                        | 0,21                | 0,1                 | 0,21               | 0,1                  | 0,08                 | 0,4                  | 2,0                     | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                        |

Оскільки, умова виконується, то переріз кабелю нам підходить і це буде АВБШВ 4х150 мм<sup>2</sup>.

Мережа 380 В виконується суцільним кабелем з алюмінієвими жилами марки АВБШВ 4х150 мм<sup>2</sup>.

## Однолінійна схема електропостачання аптечно-медичної поліклініки





## Підвищення енергоефективності аптечно-медичного закладу

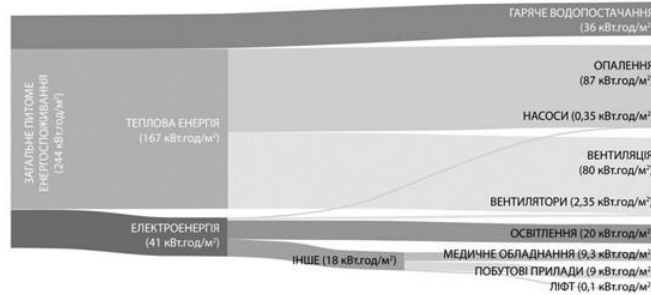
Специфіка діяльності медичних закладів висуває особливі вимоги що до їх енергопостачання. Енергоресурси в медичних закладах спрямовуються на життєзабезпечення закладу, функціонування медичного обладнання, в тому числі підтримання необхідного мікроклімату в приміщеннях, а саме освітлення, опалення, вентиляція та охолодження, та задоволення побутових потреб, таких як харчоблоки та пральні.

Суттєве зростання вартості енергоносіїв, що відбулось в Україні за останні кілька років, вимагає від адміністрацій медичних закладів шукати шляхи скорочення споживання енергетичних ресурсів. Така мета може бути досягнута завдяки впровадженню комплексу організаційно-методичних та технічних заходів.

Організаційно-методичні заходи дозволяють скоротити споживання енергетичних ресурсів шляхом управління поведінкою споживачів, тобто персоналу та пацієнтів медичних закладів.

Технічні заходи реалізуються, у залежності від їх вартості, й в рамках поточного утримання медичних закладів або енергоефективних проектів, що гарантовано забезпечують скорочення споживання енергетичних ресурсів з дотриманням у медичних закладах встановлених санітарно-гігієнічних вимог.

Структура енергоспоживання в медичних закладах включає переважно наступні ресурси: тепло, електроенергію та воду. Одне лікарняне ліжко споживає за рік в середньому таку ж саму кількість енергії як і чотири нових приватних житлових будинки.



Структура енергоспоживання в медичних закладах

11

## Модернізації теплової схеми з встановленням теплового насосу та електричних котлів аптечно-медичного закладу

В роботі були проведені розрахунки існуючої теплової схеми котельні аптечно-медичного закладу і визначена витрата умовного і робочого палива, що становить 0,065 кг/с і 0,057 кг/с відповідно. Розрахований варіант модернізації теплової схеми з встановленням теплового насосу та електричних котлів. Було виконане економічне порівняння запропонованої модернізації. Термін окупності основного та додаткового обладнання становить 5,51 років. Собівартість виробленої енергії на існуючій схемі становить 2,07 млн. грн./рік, а на модернізованій – 1,39 млн. грн./рік. Отже, було доведено економічну вигідність використання модернізованої схеми. При впровадженні запропонованого варіанту збільшується ККД котельні, зменшуються експлуатаційні витрати і забезпечується економічна ефективність.

Порівняльна таблиця затрат до і після модернізації

| Вид затрат                      | До модернізації     | Після модернізації  |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| На тверде паливо (вугілля)      | 1,55 млн. грн./рік  | 0 млн. грн./рік     |
| На електроенергію               | 0,405 млн. грн./рік | 1,533 млн. грн./рік |
| На воду                         | 0,321 млн. грн./рік | 0,217 млн. грн./рік |
| Собівартість відпущеної енергії | 1,74 млн. грн./рік  | 1,39 млн. грн./рік  |
| Капіталовкладення               | 0 млн. грн.         | 3,69 млн. грн.      |
| Термін окупності                |                     | 5,51 року           |

12

