

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

_____ Петро ПЛЕСШКОВ

« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розроблення системи енергопостачання
підприємства з виробництва молочної продукції»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕНМ-20-ЗСК

ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

_____ Владислав ТРЕТЯК

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук,

_____ Катерина ПЕТРОВА

« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Петро ПЛЄШКОВ

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Третяка Владислава Вадимовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розроблення системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції. Development of an energy supply system for a dairy production enterprise

2. Керівник роботи Петрова Катерина Григорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є проектування сучасної системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції з мінімальними втратами в елементах мережі з дослідженням можливостей впровадження на підприємстві відновлювальних джерел енергії

Завдання: 1. Електричні навантаження в системі електропостачання. 2. Теплові навантаження в системі теплопостачання. 3. Теплові мережі. 4. Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування ЦРП) та джерел теплопостачання 5. Техніко-економічне обґрунтування схем електропостачання підприємства 6. Компенсація реактивної потужності. 7. Трансформаторні підстанції 8. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання. 9. Спеціальний розділ. 10. Висновки. Перелік посилань

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів валіфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Електричні навантаження в системі електропостачання</i>	14.04.23	
2	<i>Теплові навантаження в системі теплопостачання</i>	17.04.23	
3	<i>Теплові мережі системи теплопостачання</i>	21.04.23	
4	<i>Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання</i>	24.04.23	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	28.04.23	
6	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	04.05.23	
7	<i>Трансформаторні підстанції</i>	10.05.23	
8	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	15.05.23	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	29.05.23	
10	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	02.06.23	
11	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	02.06.23	

Дата видачі завдання
«10» квітня 2023 р.

Підпис керівника _____

Катерина ПЕТРОВА

Завдання прийнято до виконання
«10» квітня 2023 р.

Підпис здобувача _____

Владислав ТРЕТЯК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 82 с.; 15 рис.; 30 табл.; 15 джерел

Третяк В. В. Розроблення системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Метою роботи є проектування сучасної системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції з мінімальними втратами в елементах мережі з дослідженням можливостей впровадження на підприємстві відновлювальних джерел енергії.

У роботі розглядають питання вибору альтернативних варіантів електропостачання підприємства, проводяться розрахунки навантажень на електричні силові та освітлювальні мережі, теплові навантаження, вибір компенсуючих пристроїв, перевірка устаткування на струми короткого замикання, вибір комутаційного обладнання, засобів обліку тощо. У спеціальному розділі виконані дослідження можливостей впровадження відновлювальних джерел енергії - геліоколекторних систем для отримання гарячої води.

Результати досліджень, виконаних в даній роботі, можуть бути впроваджені під час проектування систем енергопостачання промислових підприємств, які займаються виробництвом молочних продуктів. Запропонована методика розрахунку геліоколекторних систем може бути використана для будь-якого промислового об'єкту.

Ключові слова: електричне навантаження, теплове навантаження, енергопостачання, енергоефективність, відновлювальні джерела енергії, геліоколектори

ABSTRACT

Qualification work: 82 p.; 15 fig.; 30 tables; 15 sources

Tretiak V. V. Development of an energy supply system for a dairy production enterprise. – Manuscript.

Bachelor's thesis on speciality 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The aim of this work is to create a modern energy supply system for a dairy production enterprise with minimal losses in network elements, while exploring the possibilities of introducing renewable energy sources.

The work examines alternative options for the enterprise's power supply, calculations of electric power and lighting network loads, thermal loads, selection of compensating devices, equipment testing for short circuit currents, selection of switching equipment, and accounting tools, among others. A special section is dedicated to research on the potential implementation of renewable energy sources, specifically, solar collector systems for hot water production.

The results of the research in this work can be utilized during the design of energy supply systems for industrial enterprises engaged in dairy product manufacturing. The proposed methodology for analyzing the possibilities of using renewable energy sources and implementing solar collector systems can be applied to any industrial facility.

Key words: electric load, thermal load, energy supply, energy efficiency, renewable energy sources, solar collectors.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1. Електричні навантаження в системі електропостачання	10
1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В	10
1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень	12
1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В	14
1.4. Графіки електричних навантажень.....	19
2. Теплові навантаження в системі теплопостачання	25
2.1. Визначення теплових навантажень на опалення	25
2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію	26
2.3. Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання	27
2.4. Графіки теплових навантажень.....	29
3. Теплові мережі системи теплопостачання.....	32
3.1. Гідравлічний розрахунок теплової мережі.....	32
3.2. Визначення теплової ізоляції	33
4. Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання	34
5. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.....	37
5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	37
5.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.....	41

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	В. Третяк				Розроблення системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції Development of an energy supply system for a dairy production enterprise			Літ.	Аркуш
Перевір.	К. Петрова							5	80
Н.контр.	К. Петрова				ЦНТУ гр. ЕНМ-20-3СК				
Затв.	П. Плєшков								

6.	Компенсація реактивної потужності	41
6.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	41
6.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності	42
7.	Трансформаторні підстанції	49
7.1.	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій.....	49
7.2.	Компоновка та місце розташування трансформаторних підстанцій.....	49
8.	Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електро-установок та силових мереж системи електропостачання	52
8.1.	Розрахунок струмів КЗ.....	52
8.2.	Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж	57
8.3.	Вибір електрообладнання	59
9.	Дослідження можливостей використання відновлювальних джерел енергії на підприємстві.....	63
9.1.	Опис можливостей використання відновлюваних джерел енергії..	63
9.2.	Розрахунок оптимального нахилу для встановлення панелей геліоколекторів.....	66
9.3.	Визначення теплових навантажень та нормативної витрати води на ГВП.....	67
9.4.	Розрахунок параметрів та вибір геліоколектору.....	69
9.5.	Техніко-економічне обґрунтування доцільності встановлення геліоколекторів	71
	ВИСНОВКИ.....	77
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

БК	– батарея конденсаторів
ВДЕ	– відновлювальні джерела енергії
ВП	– власні потреби
ГЕН	– графік електричних навантажень
ГВП	– гаряче водопостачання
ГЗП	– головна знижувальна підстанція
ЕЕ	– електрична енергія
ЕН	– електричне навантаження
КЗ	– коротке замикання
КЛ	– кабельна лінія
КП	– компенсуючий пристрій
ПЛ	– повітряна лінія
ПП	– промислове підприємство
ПС	– підстанція
ТЕ	– теплова енергія
ТН	– теплове навантаження
ЦЕН	– центр електричних навантажень
ЦТН	– центр теплових навантажень
ЦРП	– центральний розподільний пункт

ВСТУП

У роботі розглянуто проектування оптимальної системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції. Досліджено питання вибору альтернативних варіантів електропостачання ПП, виконано розрахунки навантажень для електричних силових та освітлювальних мереж, теплових навантажень, здійснено вибір компенсуючих пристроїв, перевірено устаткування на струми короткого замикання, обрано комутаційне обладнання. У спеціальному розділі виконані дослідження можливостей впровадження відновлювальних джерел енергії, запропоновано встановлення геліоколекторних систем для отримання гарячої води.

Коротка характеристика технологічного процесу підприємства

ПП спеціалізується на виробництві пастеризованого молока, вершкового масла та твердих сирів. Щоденно воно переробляє в середньому 180 тонн сировини, а пікова продуктивність досягає 275 тонн на добу. Проектна продуктивність за дві зміни становить 400 тонн на добу, але є обмеження залежно від наявності сировини та часткової реалізації продукції. Схема виробництва класична для виробництва твердих сирів, включає приймання та оброблення молока, варіння сиру, формування, дозрівання та зберігання продукції. При цьому знежирене рідке молоко та сироватка використовуються як середовище для переносу продукції на наступний день виробництва. Для виробництва енергії використовуються електроенергія та газ, які закуповуються від сторонніх організацій. На підприємстві є парова котельня, яка працює на газовому паливі. Наразі з двох доступних парових котлів використовується лише один, що забезпечує достатню паропроductивність. Структура підприємства:

- цех з виробництва молока;
- цех виготовлення сирів;
- цех виробництва масла;
- насосна станція;
- адміністративно-побутова будівля;

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- майстерня електроцеху;
- цех компресорної та конденсаційної установок;
- пакувальне відділення;
- матеріальний склад;
- апаратний цех;
- котельня;
- очисна;
- тарний цех;
- прохідна.

Підприємство належить до II категорії за рівнем надійності електропостачання. У таблиці 1.1 наведено річні дані виробництва твердих сирів, вершкового масла та пастеризованого молока за 2019-2022 роки.

Таблиця 1.1. Обсяги виробництва молочної продукції

Найменування продукції	Річний обсяг виробництва продукції, т			
	2019	2020	2021	2022
Сир твердий	7 689,56	7 734,09	8 174,04	7 941,01
Масло вершкове	1 190,67	821,12	741,87	826,46
Пастеризоване молоко	4 427,82	4 216,67	4 054,59	4 555,52
Всього	13 308,05	8 555,21	12 970,50	13 322,99

Метою роботи є створення сучасної системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції з мінімальними втратами в елементах мережі з дослідженням можливостей впровадження на підприємстві відновлювальних джерел енергії.

Результати досліджень, проведених в даній кваліфікаційній роботі, можуть бути використані під час проєктування систем енергопостачання промислових підприємств, які займаються виробництвом молочних продуктів. Запропонована методика розрахунку геліоколекторних систем може бути використана для будь-якого промислового об'єкту.

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В

Розраховуємо значення ЕН відповідно до настанови з проектування систем електропостачання ПП [2].

Наприклад, для цеху з виробництва молока (як показано в табл.1.1): кількість встановленого обладнання 198 загальною потужністю 1989 кВт. За допомогою даних з джерела [2] ми можемо визначити коефіцієнти використання та потужності, зокрема: $K_B = 0,4$, $\cos \varphi = 0,6$ ($\operatorname{tg} \varphi = 1,33$).

Щоб розрахувати значення середнього активного та реактивного навантажень скористаємось виразами:

$$P_{CM} = K_B \cdot \sum P_H = 0,4 \cdot 1989 = 796 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 796 \cdot 1,33 = 1061 \text{ кВар}.$$

Розраховуємо показники для вузла (цех з виробництва молока):

- кількість споживачів $n = 198$ шт.;
- сумарна номінальна потужність $\sum P_H = 1989$ кВт;
- середнє значення активного та реактивного навантажень: $\sum P_{CM} = 796$ кВт,

$$\sum Q_{CM} = 1061 \text{ кВар}.$$

Значення n_E становитиме:

$$n_E = 2 \cdot \sum P_H / P_{H,MAX} = 2 \cdot 1989 / 64 = 62.$$

Відповідно за значенням n_E визначаємо $K_M = 1,17$.

Розрахункові навантаження відповідно:

$$P_P = \sum P_{CM} \cdot K_M = 796 \cdot 1,17 = 927 \text{ кВт};$$

$$Q_P = \sum Q_{CM} = 1061 \sum Q_{CM} \text{ кВар};$$

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = 1409 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших цехів та заводу взагалом. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.1.

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

Назва групи споживачів	n	Р одного		P_{Σ}	m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє		n_E	K_M	Розрахункове навантаження		
		min	max						P_{CM} , кВт	Q_{CM} , квар			P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Цех з виробництва пастеризованого молока	198	1,2	64,0	1989	53	0,40	0,60	1,33	796	1061	62	1,17	927	1061	1409
Цех виготовлення сирів	58	0,8	114,0	804	143	0,40	0,80	0,75	322	241	14	1,39	446	241	507
Цех виробництва масла	84	0,1	15,0	367	150	0,40	0,70	1,02	147	150	49	1,19	175	150	230
Насосна станція	44	1,2	90,0	592	75	0,70	0,80	0,75	414	311	13	1,00	414	311	518
Адміністративно-побутова будівля	130	0,1	2,0	254	20	0,70	0,80	0,75	178	133	130	1,00	178	133	222
Майстерня електроцеху	43	0,5	20,0	309	40	0,20	0,50	1,73	62	107	31	1,42	88	107	138
Цех компресорної та конденсаційної установок	66	0,9	37,0	497	44	0,60	0,70	1,02	298	304	27	1,16	345	304	460
Пакувальне відділення	8	1,0	3,0	19	3	0,70	0,80	0,75	13	10	8	1,00	13	11	17
Матеріальний склад	42	1,1	9,2	142	8	0,50	0,70	1,02	71	72	31	1,19	85	72	111
Апаратний цех	18	2,1	10,1	116	5	0,60	0,80	0,75	70	52	18	1,20	83	52	98
Котельня	32	0,6	17,0	232	28	0,60	0,70	1,02	139	142	27	1,16	161	142	215
Очисна	12	1,8	44,0	208	24	0,50	0,80	0,75	104	78	9	1,38	144	86	168
Тарний цех	5	3,2	15,1	48	5	0,70	0,90	0,48	34	16	5	1,00	34	18	38
Прохідна	4	1,1	1,1	4	1	0,40	0,60	1,22	2	2	4	1,87	3	2	4
Всього по підприємству	744	0,1	114	5581	1140	0,47	0,70	1,01	2649	2680	98	1,11	2933	2680	3973

1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень

Наведемо детальний розрахунок освітлення цеху з виробництва пастеризованого молока. Встановлена потужність освітлювальних приймачів становить:

$$P_B = p_0 \cdot 10^{-3} = 12 \cdot 6800 \cdot 10^{-3} = 81,6 \text{ кВт},$$

де $p_0 = 12 \text{ кВт/м}^2$ – питома потужність освітлювального навантаження цеху з виробництва пастеризованого молока; $F = 6800 \text{ м}^2$ – площа цеху з виробництва пастеризованого молока.

Значення активної потужності освітлювальних електроприймачів:

$$P_p = K_C \cdot K_1 \cdot P_B = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 81,6 = 78,3 \text{ кВт}$$

Значення реактивної потужності визначаємо:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 78,3 \cdot 0,48 = 37,6 \text{ кВар}$$

Повна розрахункова потужність визначена:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{78,3^2 + 37,6^2} = 87 \text{ кВА}.$$

Визначення освітлювальних навантажень для інших будівель підприємства з виробництва молочної продукції подано у таблиці 1.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Найменування	F , м ²	P_0 , Вт/м ²	P_B , кВт	Q_B , квар	K_{II}	K_1	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
Цех з виробництва пастеризованого молока	6800,0	12,0	81,6	39,5	0,8	1,20	0,90	0,48	78,3	37,9	87,0
Цех виготовлення сирів	2100,0	12,0	25,2	12,2	0,8	1,20	0,90	0,48	24,2	11,7	26,9
Цех виробництва масла	2700,0	12,0	32,4	15,7	0,8	1,20	0,90	0,48	31,1	15,1	34,6
Насосна станція	390,0	6,0	2,3	1,1	0,9	1,12	0,90	0,48	2,4	1,1	2,6
Адміністративно-побутова будівля	2200,0	14,0	30,8	14,9	0,8	1,20	0,90	0,48	29,6	14,3	32,9
Майстерня електроцеху	780,0	12,0	9,4	4,5	0,9	1,20	0,90	0,48	9,5	4,6	10,6
Цех компресорної та конденсаційної установок	590,0	8,0	4,7	8,2	0,9	1,20	0,50	1,73	4,8	8,3	9,6
Пакувальне відділення	980,0	6,0	5,9	10,2	0,9	1,20	0,50	1,73	6,0	10,4	12,0
Матеріальний склад	1100,0	6,0	6,6	11,4	0,9	1,20	0,50	1,73	6,7	11,7	13,5
Апаратний цех	520,0	8,0	4,2	7,2	0,9	1,00	0,50	1,73	3,5	6,1	7,1
Котельня	750,0	8,0	6,0	10,4	0,8	1,20	0,50	1,73	5,8	10,0	11,5
Очисна	250,0	6,0	1,5	0,7	0,6	1,12	0,90	0,48	1,0	0,5	1,1
Тарний цех	350,0	12,0	4,2	2,0	0,8	1,20	0,90	0,48	4,0	2,0	4,5
Прохідна	102,0	6,0	0,6	0,3	0,6	1,12	0,90	0,48	0,4	0,2	0,5
Освітлення території підприємства	69350,0	0,2	13,9	24,0	0,5	1,12	0,50	1,73	7,8	13,5	15,5
Всього по підприємству			229	162					215	147	270

											Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В

Детальний розрахунок втрат наведено для трансформаторів ТП № 1,2.

Для ТП № 1,2 встановлюємо 3 трансформатори потужністю 630 кВА типу ТМ з номінальними даними:

S_H , кВА	U_K , %	ΔP_K , кВт	ΔP_X , кВт	I_X , %
630	5,5	7,60	1,31	2,00

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 3 \cdot (1,31 + 7,6 \cdot 0,9^2) = 22,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_X}{100} \cdot S_H + \frac{U_K}{100} \cdot S_H \cdot K_3^2 \right) = 3 \cdot \left(\frac{2,0}{100} \cdot 630 + \frac{5,5}{100} \cdot 630 \cdot 0,9^2 \right) = 122 \text{ кВар}$$

Розрахунки для інших ТП виконуємо аналогічно, результати наведено у таблиці 1.3.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 1.3. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі вище 1000 В

№	Назва групи споживачів	Кількість ЕС	Р одного			Р сума рна	m	K _и	cosφ	tgφ	Середнє		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
			mi n	...	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ТП №1,2 (3х630)																	
1	Цех з виробництва пастеризованого молока																
	Силове навантаження	198	1	-	64	1989	53	0,4	0,6	1,3	796	1061	62	1	927	1061	1409
	Освітлювальне навантаження										81,6	39,5			78,3	37,9	87,0
	Всього по цеху										877,2	1100,3			1005,6	1098,7	1489,5
2	Апаратний цех																
	Силове навантаження	18	2	-	10	116	5	0,6	0,8	0,8	70	52	18	1	83	52	98
	Освітлювальне навантаження										4,2	7,2			3,5	6,1	7,1
	Всього по цеху										73,8	59,4			87,0	58,3	104,7
3	Очисна																
	Силове навантаження	12	2	-	44	208	24	0,5	0,8	0,8	104	78	9	1	144	86	168
	Освітлювальне навантаження										1,5	0,7			1,0	0,5	1,1
	Всього по очисній										105,5	78,7			145,0	86,3	168,7
Всього силова по ТП 1,2		228	1	...	64	2313	53	0,42	0,63	1,23	969,2	1191,0	72	1,15	1110,0	1191,0	1628,1
Всього освітлювальна по ТП 1,2											87,3	47,5			82,9	44,6	94,1
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 1,2											1056,5	1238,5			1192,9	1235,6	1717,4
Втрати в тр-рах ТП 1,2 (3х630), Kз=0,9															22,4	122,0	124,0
Всього на шинах 10 кВ по ТП 1,2															1215,3	1357,6	1822,1
ТП №3 (2х630)																	
1	Цех виготовлення сирів																
	Силове навантаження	58	1	-	114	804	143	0,40	0,80	0,75	322	241	14	1	446	241	507
	Освітлювальне навантаження										25,2	12,2			24,2	11,7	26,9
	Всього по цеху										346,8	253,4			470,0	252,9	533,7

Зм																		
Арк																		
№ док.м.																		
Підпис																		
Дата																		
Арк.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	2	Цех виробництва масла																
		Силове навантаження	84	0	-	15	367	150	0,40	0,70	1,02	147	150	49	1	175	150	230
		Освітлювальне навантаження										32,4	15,7			31,1	15,1	34,6
		Всього по цеху										179,2	165,5			205,7	164,8	263,6
	3	Адміністративно-побутова будівля																
		Силове навантаження	130	0	-	2	254	20	0,7	0,8	0,8	178	133	130	1	178	133	222
		Освітлювальне навантаження										30,8	14,9			29,6	14,3	32,9
		Всього по АПБ										208,6	148,3			207,4	147,7	254,6
	4	Прохідна																
		Силове навантаження	1	1	-	9	142	8	0,5	0,7	1,0	71	72	31	1	85	72	111
		Освітлювальне навантаження										0,6	0,3			0,4	0,2	0,5
		Всього по прохідній										71,6	72,7			85,1	72,6	111,8
	Всього силова по ТП 3		273	0	...	114	1567	1140	0,46	0,77	0,83	717,2	596,8	27	1,23	880,7	596,8	1063,8
	Всього освітлювальна по ТП 3											89,0	43,1			85,3	41,3	94,8
	Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 3											806,2	639,9			966,0	638,1	1157,7
	Втрати в тр-рах ТП 3 (2х630), Кз=0,914															9,7	72,6	73,2
	Всього на шинах 10 кВ по ТП 3															975,7	710,7	1207,1
	ТП №4 (1х630)																	
	1	Насосна станція																
		Силове навантаження	44	1	-	90	592	75	0,7	0,8	0,8	414	311	13	1	414	311	518
		Освітлювальне навантаження										2,3	1,1			2,4	1,1	2,6
		Всього по станції										416,7	311,9			416,8	311,9	520,6
	Всього силова по ТП 4		44	1	...	90	592	75	0,70	0,80	0,75	414,4	310,8	13	1,00	414,4	310,8	518,0
	Всього освітлювальна по ТП 4											2,3	1,1			2,4	1,1	2,6
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 4											416,7	311,9			416,8	311,9	520,6	
Втрати в тр-рах ТП 4 (1х630), Кз=0,82															5,0	36,8	37,1	
Всього на шинах 10 кВ по ТП 4															421,8	348,7	547,3	

Зм					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
Арк					ТП №5(2х630)																				
№ докум.					1	Цех компресорної та конденсаційної установок																			
						Силове навантаження				66	0,9	-	37	497	44	0,6	0,7	1,0	298	304	27	1	345	304	460
Освітлювальне навантаження														4,7	8,2			4,8	8,3	9,6					
Всього по цеху														302,9	312,4			350,2	312,6	469,4					
Підпис					2	Котельня																			
						Силове навантаження				32	0,6	-	17	232	28	0,6	0,7	1,0	139	142	27	1	161	142	215
						Освітлювальне навантаження													6,0	10,4			5,8	10,0	11,5
						Всього по													145,2	152,4			166,8	152,0	225,6
Дата					3	Майстерня електроцеху																			
						Силове навантаження				43	0,5	-	20	309	40	0,2	0,5	1,7	62	107	31	1	88	107	138
						Освітлювальне навантаження													9,4	4,5			9,5	4,6	10,6
						Всього по майстерні													71,2	111,6			97,3	111,7	148,1
					4	Пакувальне відділення																			
						Силове навантаження				8	1,0	-	3	19	3	0,7	0,8	0,8	13	10	8	1	13	11	17
						Освітлювальне навантаження													5,9	10,2			6,0	10,4	12,0
						Всього по відділенню													19,2	20,2			19,3	21,4	28,8
					5	Матеріальний склад																			
						Силове навантаження				42	1,1	-	9,20	142	8	0,5	0,7	1,0	71	72	31	1	85	72	111
						Освітлювальне навантаження													6,6	11,4			6,7	11,7	13,5
						Всього по складу													77,6	83,9			91,4	84,1	124,2
					Всього силова по ТП 5				191	1	...	37	1199	74	0,49	0,68	1,09	584	636	65	1,13	659,9	635,7	916,2	
					Всього освітлювальна по ТП 5										816	45			32,9	45,0	55,7				
					Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 5										1399,2	680,4			692,7	680,7	971,2				
					Втрати в тр. ТП 5 (2х630), Кз=0,769														7,4	63,9	64,3				
					Всього на шинах 10 кВ по ТП 5														700,1	744,6	1022,0				
Арк.																									

			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Зм			Всього по підприємству на стороні 0,4 кВ													2932,5	2680,2	3972,8	
Арк				Загальні втрати в тр-рах ТП 1-5													44,5	295,3	298,6
№ докум.				Всього по підприємству на стороні 10 кВ													2977,0	2975,5	4209,1
Підпис				Всього по підприємству													2977,0	2975,5	4209,1
Дата																	tgφ1 =	0,9995	

1.4. Графіки електричних навантажень

Побудова графіків електричних навантажень (ГЕН) виконувалась з використанням пакету Microsoft Excel.

Таблиця 1.4. Дані для побудови ГЕН активного навантаження

Години доби	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	2232,8	446,6	2232,8	446,6
2	2232,8	357,2	2232,8	446,6
3	2232,8	357,2	2232,8	446,6
4	2232,8	357,2	2232,8	446,6
5	1935,1	297,7	1935,1	387,0
6	2381,6	416,8	2381,6	476,3
7	2977,0	535,9	2977,0	595,4
8	2977,0	595,4	2977,0	595,4
9	2977,0	595,4	2679,3	535,9
10	2828,2	565,6	2679,3	535,9
11	2679,3	535,9	2679,3	535,9
12	2441,1	488,2	2381,6	476,3
13	2232,8	446,6	1339,7	267,9
14	2441,1	488,2	1339,7	267,9
15	2530,5	506,1	1339,7	267,9
16	2530,5	506,1	1339,7	267,9
19	2977,0	595,4	1339,7	267,9
18	2977,0	595,4	1339,7	267,9
19	2977,0	595,4	1339,7	267,9
20	2738,8	547,8	1339,7	267,9
21	2738,8	547,8	1339,7	267,9
22	2232,8	446,6	1339,7	267,9
23	2232,8	446,6	1339,7	267,9
24	2232,8	446,6	1339,7	267,9
W_{Σ}	60969,0	11717,5	45697,0	9139,4

Таблиця 1.5. Дані для побудови ГЕН реактивного навантаження

Години доби	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1785,3	357,1	1487,8	297,6
2	1785,3	357,1	1487,8	297,6
3	1785,3	357,1	1487,8	297,6
4	1785,3	357,1	1487,8	297,6
5	1487,8	297,6	1487,8	297,6
6	2082,9	416,6	1785,3	357,1
7	2678,0	535,6	2678,0	535,6
8	2975,5	595,1	2975,5	595,1
9	2975,5	595,1	2678,0	535,6
10	2826,7	565,3	2678,0	535,6
11	2678,0	535,6	2678,0	535,6
12	2439,9	488,0	2380,4	476,1
13	2231,6	446,3	1339,0	267,8
14	2439,9	488,0	1339,0	267,8
15	2529,2	505,8	1339,0	267,8
16	2529,2	505,8	1339,0	267,8
19	2975,5	595,1	1339,0	267,8
18	2975,5	595,1	1339,0	267,8
19	2975,5	595,1	1339,0	267,8
20	2737,5	547,5	1339,0	267,8
21	2737,5	547,5	1339,0	267,8
22	2231,6	446,3	1339,0	267,8
23	2231,6	446,3	1339,0	267,8
24	2231,6	446,3	1339,0	267,8
V_{Σ}	58111,515	11622,303	41359,45	8271,89

$$P = 2977 \text{ кВт}$$

$$Q = 2975,5 \text{ кВар}$$

$$S = 4209,1 \text{ кВА}$$

Кількість робочих днів:

147 днів (зима)

105 днів (літо)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

Кількість вихідних днів:

65 днів (зима)

48 днів (літо)

Робочі дні:

Річне значення витрат активної ЕЕ (зима):

$$W_{3P} = 8962437 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат реактивної ЕЕ (зима):

$$V_{3P} = 8542393 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат активної ЕЕ (літо):

$$W_{LP} = 1230335 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат реактивної ЕЕ (літо):

$$V_{LP} = 1220342 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вихідні дні:

Річне значення витрат активної ЕЕ (зима):

$$W_{3B} = 2970302 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат реактивної ЕЕ (зима):

$$V_{3B} = 2688364 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат активної ЕЕ (літо):

$$W_{LB} = 438691 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрат реактивної ЕЕ (літо):

$$V_{LP} = 397051 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрати активної ЕЕ:

$$W_P = W_{3P} + W_{LP} + W_{3B} + W_{LB} = 13601764,15 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річне значення витрати реактивної ЕЕ:

$$V_P = V_{3P} + V_{LP} + V_{3B} + V_{LB} = 112848149,49 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

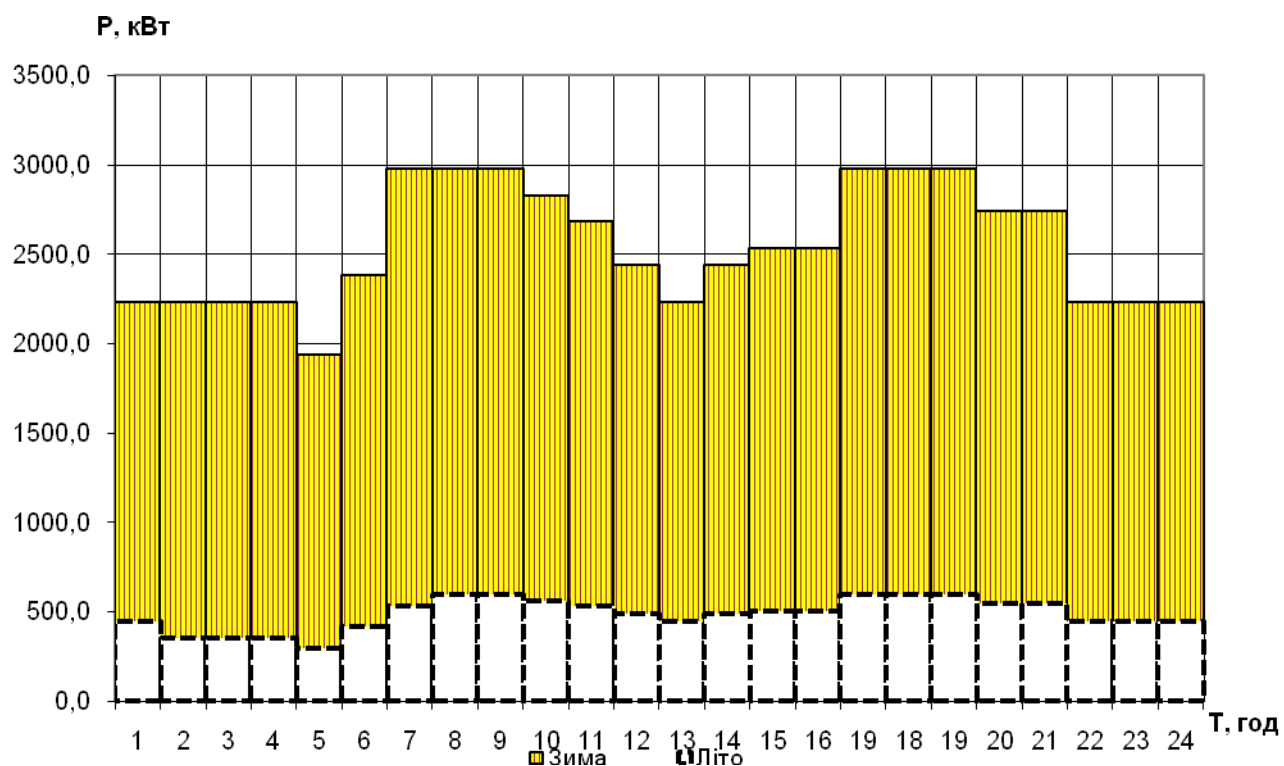


Рисунок 1.1. ГЕН активної потужності у робочий день

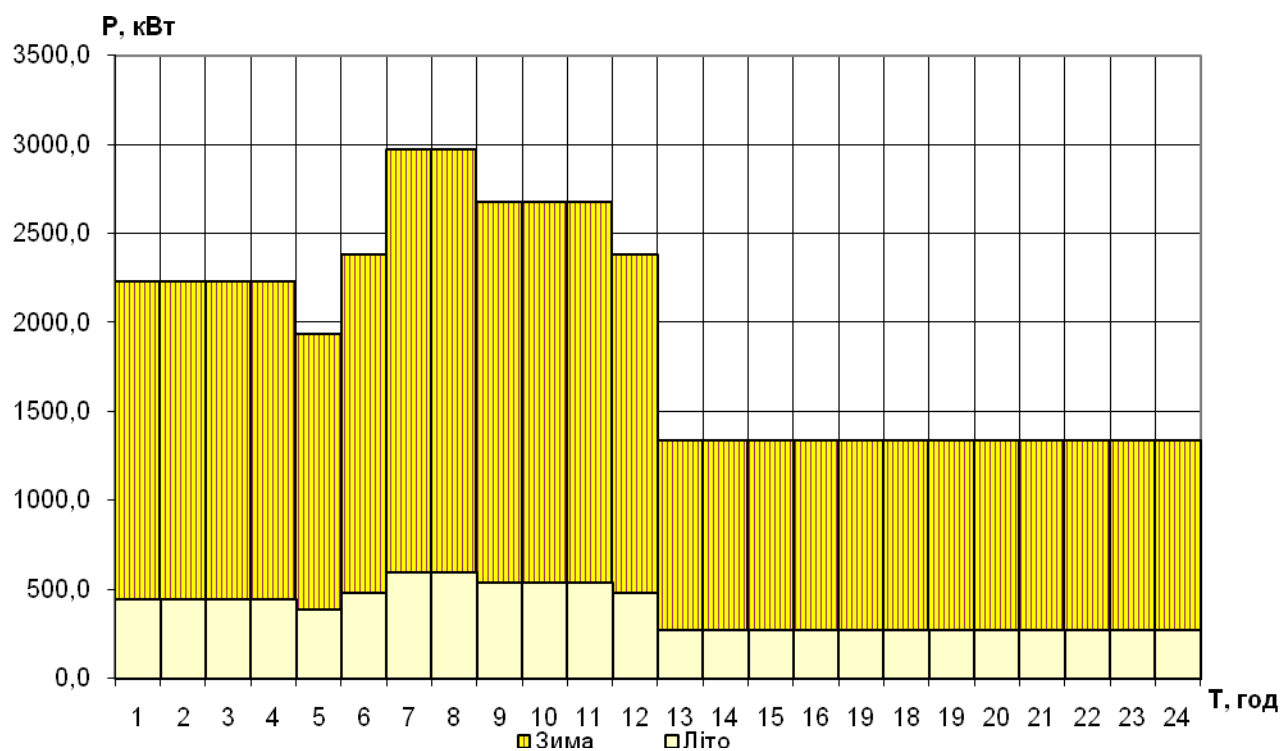


Рисунок 1.2. ГЕН активної потужності у вихідний день

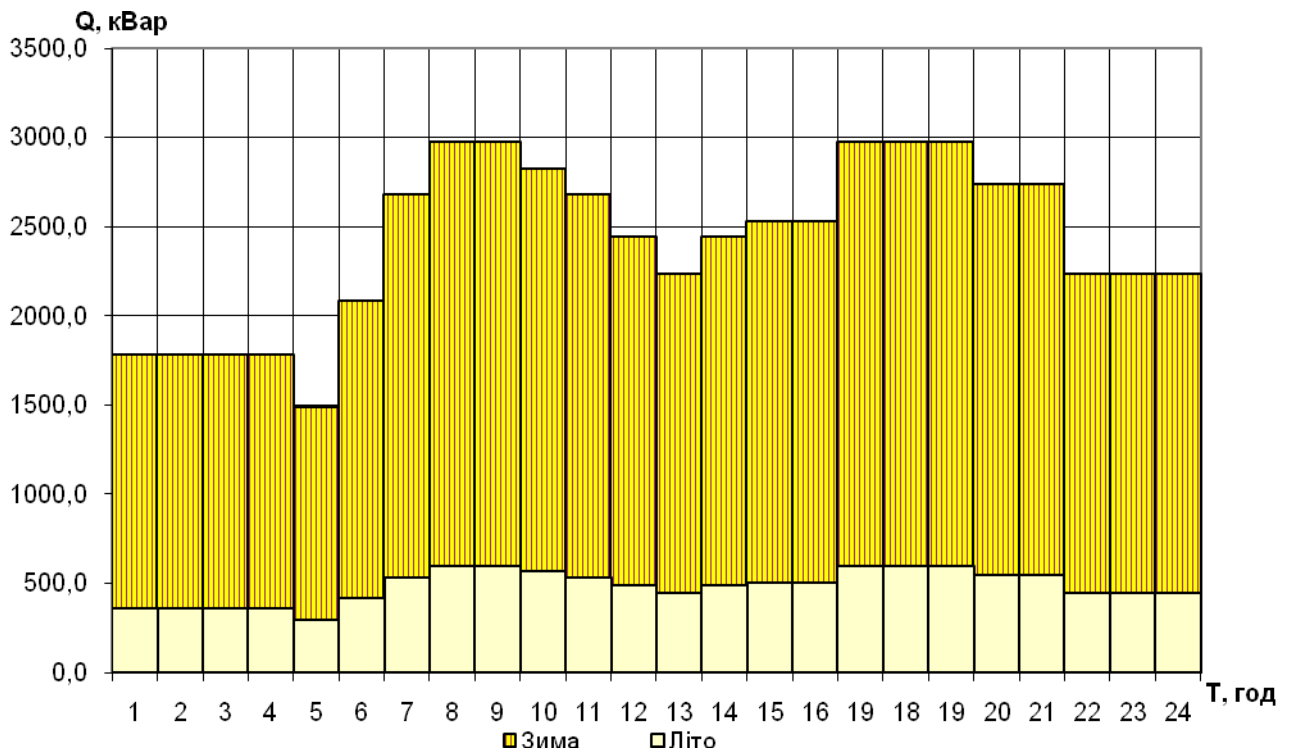


Рисунок 1.3. ГЕН реактивної потужності у робочий день

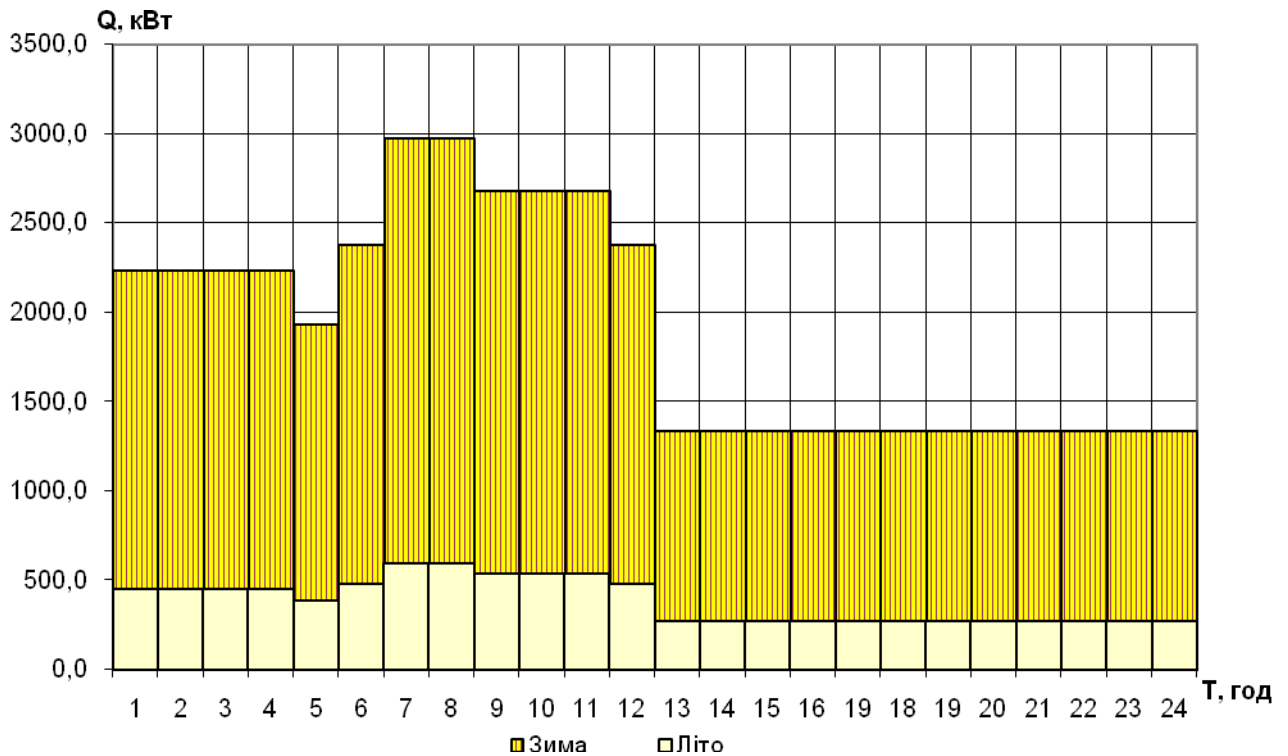


Рисунок 1.4. ГЕН реактивної потужності у вихідний день

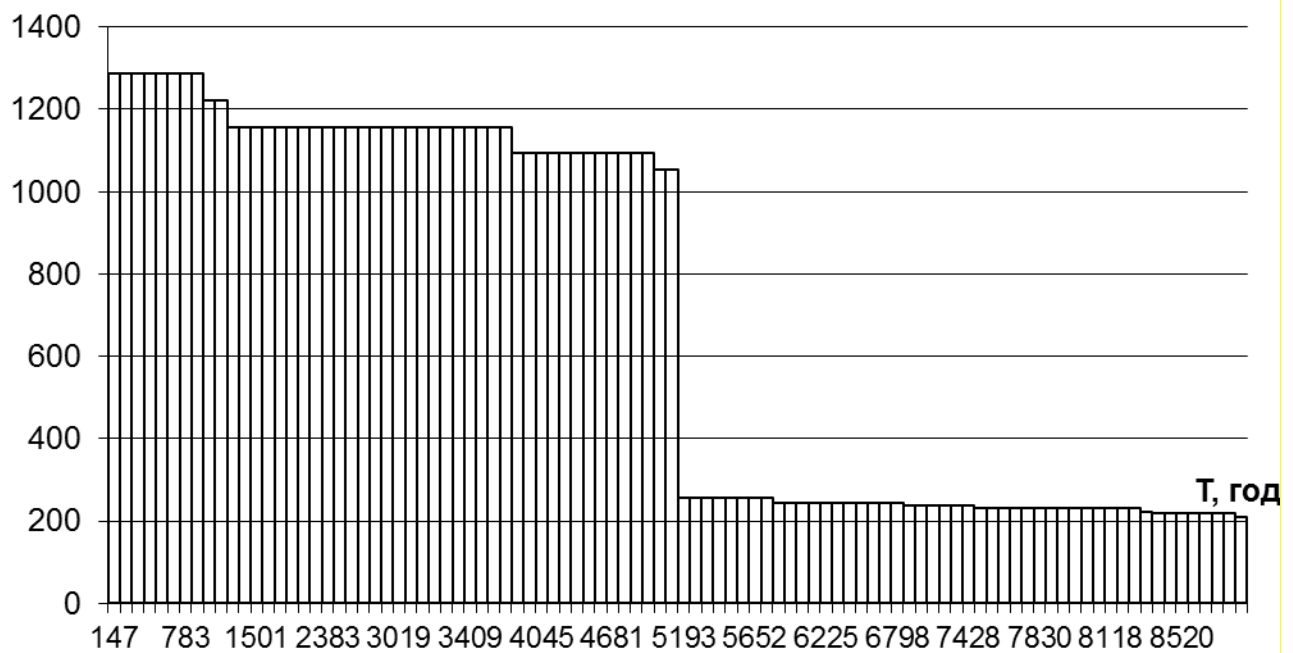


Рисунок 1.5. Річний ГЕН за тривалістю

Час використання максимуму навантаження:

$$T_M = \sqrt{\frac{W_P^2 + V_P^2}{S_P^2}} = \frac{13601764,15^2 + 12848149,49^2}{4209^2} = 4445,3 \text{ год}$$

Час максимальних втрат:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4445,3}{10^4}\right) \cdot 8760 = 2831,5 \text{ год}$$

2. ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1. Визначення теплових навантажень на опалення

Кліматологічні дані, а відповідно й розрахункові параметри зовнішнього повітря обрано відповідно до географічного розміщення підприємства (м. Черкаси) [8].

Детальний розрахунок теплових навантажень на опалення виконаємо для цеху з виробництва пастеризованого молока:

$$Q_o^P = (1 + \mu) \cdot q_0 V_3 \cdot (t_{B.P} - t_{P.0}) = (1 + 0,25) \cdot 0,43 \cdot 40800 \cdot (18 - (-21)) = 855,27 \text{ кВт},$$

де $\mu = 0,25$ - коефіцієнт інфільтрації для промислового цеху;

$$V_3 = F_3 \cdot h_3 = 6800 \cdot 6 = 40800 \text{ м}^3 - \text{зовнішній об'єм будівлі};$$

$$q_0 = 0,43 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C} - \text{питома опалювальна характеристика будівлі};$$

$$t_{P.B} = 18 \text{ °C} - \text{розрахункова температура повітря всередині приміщення};$$

$$t_{P.0} = -21 \text{ °C} - \text{температура зовнішнього повітря для розрахунку опалення}.$$

Визначення значень теплових навантажень на опалення для інших підрозділів підприємства виконуємо аналогічно див. таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. Результати розрахунку теплових навантажень на опалення

№ з/п	Найменування підрозділу	$F_3, \text{ м}^2$	$h_3, \text{ м}$	$V_3, \text{ м}^3$	$q_0, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$	$t_{P.B}, \text{ °C}$	$Q_o^P, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	6800,0	6	40800	0,43	18	855,27
2	Цех виготовлення сирів	2100,0	6	12600	0,43	18	264,13
3	Цех виробництва масла	2700,0	6	16200	0,43	18	339,59
4	Насосна станція	390,0	4	1560	0,3	18	22,82
5	Адміністративно-побутова будівля	2200,0	7,5	16500	0,9	20	761,06
6	Майстерня електроцеху	780,0	4	3120	0,64	18	97,34
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	590,0	4	2360	0,33	18	37,97

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження табл.2.1							
1	2	3	4	5	6	7	8
8	Пакувальне відділення	980,0	6	5880	0,43	18	123,26
9	Матеріальний склад	1100,0	6	6600	0,3	14	86,63
10	Апаратний цех	520,0	4	2080	0,3	18	30,42
11	Котельня	750,0	12	9000	0,3	18	131,63
12	Очисна	250,0	4	1000	0,4	14	17,50
13	Тарний цех	350,0	6	2100	0,3	18	30,71
14	Прохідна	102,0	4	408	0,3	18	5,97
Всього							2804,29

2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію

Детальний розрахунок теплових навантажень на вентиляцію виконаємо для цеху з виробництва пастеризованого молока:

$$Q_B^P = q_B V_3 \cdot (t_{B.P} - t_{P.3}) = 0,465 \cdot 40800 \cdot (16 - (-9)) = 474,30 \text{ кВт},$$

де $q_B = 0,465 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$ – питома вентиляційна характеристика будівлі;

$t_{B.P} = 16 \text{ °C}$ – розрахункова температура повітря всередині приміщення;

$t_{P.3} = -9 \text{ °C}$ – температура зовнішнього повітря для розрахунку системи вентиляції.

Визначення значень теплових навантажень на опалення для інших підрозділів підприємства виконуємо аналогічно див. таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Результати розрахунку теплових навантажень на вентиляцію

№ з/п	Найменування підрозділу	$F_3, \text{ м}^2$	$h_3, \text{ м}$	$V_3, \text{ м}^3$	$q_B, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$	$t_{B.P}, \text{ °C}$	$Q_B^P, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	6800	6	40800	0,465	16	474,30
2	Цех виготовлення сирів	2100	6	12600	0,465	16	146,48
3	Цех виробництва масла	2700	6	16200	0,465	16	188,33
Продовження табл. 2.2							

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Насосна станція	390	4	1560	0,23	14	8,25
5	Адміністративно-побутова будівля	2200	7,5	16500	0,7	18	311,85
6	Майстерня електроцеху	780	4	3120	0,7	16	54,60
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	590	4	2360	0,44	16	25,96
8	Пакувальне відділення	980	6	5880	0,465	16	68,36
9	Матеріальний склад	1100	6	6600	0,233	14	35,37
10	Апаратний цех	520	4	2080	0,465	16	24,18
11	Котельня	750	12	9000	0,7	14	144,90
12	Очисна	250	4	1000	0,7	14	16,10
13	Тарний цех	350	6	2100	0,4	18	22,68
14	Прохідна	102	4	408	0,4	18	4,41
Всього							1525,75

2.3. Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання

Детальний розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання (ГВП) виконаємо для цеху з виробництва пастеризованого молока (кількість робітників – 136 осіб, графік роботи - двозмінний).

Середньотижневе навантаження на ГВП в опалювальний період:

$$Q_{Г.З}^{сеп.т} = \frac{atc_B \cdot (t_{Г} - t_{Х})}{n_C} = \frac{40 \cdot 136 \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{2 \cdot 8 \cdot 3600} = 79,14 \text{ кВт.}$$

Середня витрата теплоти на ГВП у літній період року:

$$Q_{Г.Л.}^{сеп.т.} = Q_{Г.З.}^{сеп.т.} \cdot \frac{t_{Г} - t_{Х.Л.}}{t_{Г} - t_{Х.З.}} \beta = 79,14 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 1 = 36,85 \text{ кВт.}$$

Максимальне теплове навантаження ГВП в опалювальний період:

$$Q_{Г.В.}^{\max} = \chi Q_{Г.}^{сеп.т.} = 79,14 \cdot 1 = 79,14 \text{ кВт.}$$

Максимальне теплове навантаження ГВП в літній період, кВт:

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}} = 36,85 \cdot 1 = 36,85 \text{ кВт.}$$

Кінцеві розрахункові значення теплових навантажень на ГВП інших підрозділів підприємства наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Значення теплових навантажень на ГВП

№ з/п	Найменування підрозділу	m	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{max}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}}$
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	136	79,14	36,85	79,14	36,85
2	Цех виготовлення сирів	51	29,68	13,82	29,68	13,82
3	Цех виробництва масла	72	41,90	19,51	41,90	19,51
4	Насосна станція	8	2,91	1,35	2,91	1,35
5	Адміністративно-побутова будівля	32	11,64	5,42	27,93	13,00
6	Майстерня електроцеху	15	5,46	2,54	5,46	2,54
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	6	3,49	1,63	3,49	1,63
8	Пакувальне відділення	15	8,73	4,06	8,73	4,06
9	Матеріальний склад	10	3,64	1,69	3,64	1,69
10	Апаратний цех	12	6,98	3,25	6,98	3,25
11	Котельня	5	1,82	0,85	1,82	0,85
12	Очисна	4	1,45	0,68	1,45	0,68
13	Тарний цех	9	5,24	2,44	5,24	2,44
14	Прохідна	2	0,73	0,34	1,75	0,81
Всього		377	202,81	94,42	220,12	102,48

Розрахункові значення теплового навантаження підприємства наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Розрахункові значення теплового навантаження підприємства

№ з/п	Найменування підрозділу	Q_o^p	Q_b^p	$Q_{ГВ}^p$	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{max}}$	Q_{Σ}
1	2	3	4	5	6	7
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	855,27	474,30	79,14	1408,71	1,21
2	Цех виготовлення сирів	264,13	146,48	29,68	440,28	0,38
3	Цех виробництва масла	339,59	188,33	41,90	569,82	0,49
4	Насосна станція	22,82	8,25	2,91	33,98	0,03
5	Адміністративно-побутова будівля	761,06	311,85	27,93	1100,85	0,95

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл.2.4						
1	2	3	4	5	6	7
6	Майстерня електроцеху	97,34	54,60	5,46	157,40	0,14
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	37,97	25,96	3,49	67,42	0,06
8	Пакувальне відділення	123,26	68,36	8,73	200,34	0,17
9	Матеріальний склад	86,63	35,37	3,64	125,63	0,11
10	Апаратний цех	30,42	24,18	6,98	61,58	0,05
11	Котельня	131,63	144,90	1,82	278,34	0,24
12	Очисна	17,50	16,10	1,45	35,05	0,03
13	Тарний цех	30,71	22,68	5,24	58,63	0,05
14	Прохідна	5,97	4,41	1,75	12,12	0,010
Всього		2804,29	1525,75	220,12	4550,16	3,91

2.4. Графіки теплових навантажень

Визначаємо годинні витрати на опалення за температури зовнішнього повітря $t_3 = +8 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 855,27 \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 219,3 \text{ Гкал/год}$$

Годинні витрати за температури зовнішнього повітря $t_3 = -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 855,27 \left(\frac{18 + 25}{18 + 21} \right) = 942,99 \text{ Гкал/год}$$

Для побудови річного графіку теплового навантаження за тривалістю визначаємо тривалості стояння температур зовнішнього повітря у годинах з інтервалом $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ та враховуємо тривалість опалювального сезону для м. Черкаси $n_0 = 6836$ год відповідно до таблиці 3.5 [8]. Розрахункові дані споживання теплової енергії (ТЕ) наведено у табл. 2.5. Графік споживання ТЕ за тривалістю наведено на риунку 2.1, річний графік ТЕ подано на рисунку 2.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

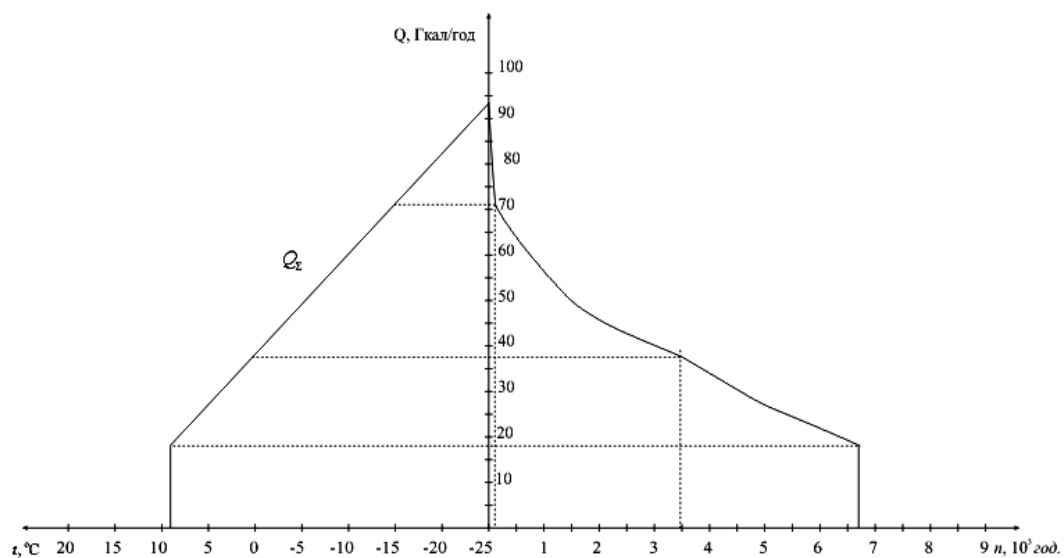


Рисунок 2.1. Графік споживання теплової енергії за тривалістю

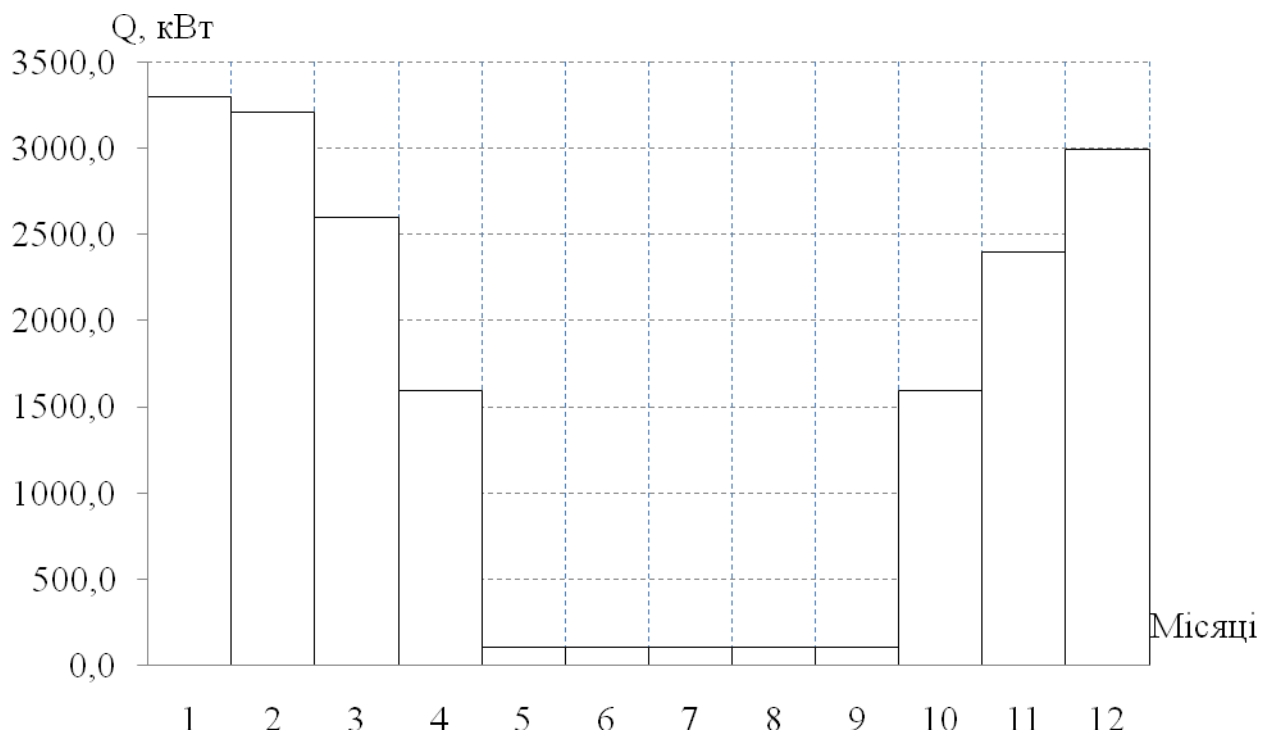


Рисунок 2.2. Помісячний графік споживання ТЕ впродовж року

Таблиця 2.5. Середньогодинні витрати теплоти за місяцями року

№	Назва підрозділу	t _{р.} , °C	Q _{о.р.} , кВт	Q _{в.р.} , кВт	Q _{г.з.} , кВт	Q _{г.л.} , кВт	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	18	855,27	474,30	79,14	36,85	1023,1	995,5	805,9	493,9	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	493,9	742,7	928,3
2	Цех виготовлення сирів	18	264,13	146,48	29,68	13,82	321,2	312,7	254,1	157,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	157,8	234,6	291,9
3	Цех виробництва масла	18	339,59	188,33	41,90	19,51	416,71	405,73	330,46	206,57	19,51	19,51	19,51	19,51	19,51	206,57	305,37	379,07
4	Насосна станція	18	22,82	8,25	2,91	1,35	24,20	23,57	19,30	12,26	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	12,26	17,87	22,06
5	Адміністративно-побутова будівля	20	761,06	311,85	27,93	13,00	787,22	766,70	625,98	394,38	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	394,38	579,07	716,86
6	Майстерня електроцеху	18	97,34	54,60	5,46	2,54	113,44	110,28	88,59	52,90	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	52,90	81,36	102,60
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	18	37,97	25,96	3,49	1,63	49,74	48,38	39,10	23,81	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	23,81	36,00	45,09
8	Пакувальне відділення	18	123,26	68,36	8,73	4,06	144,77	140,79	113,47	68,50	4,06	4,06	4,06	4,06	4,06	68,50	104,36	131,11
9	Матеріальний склад	14	86,63	35,37	3,64	1,69	83,49	80,68	61,42	29,72	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	29,72	55,00	73,86
10	Апаратний цех	18	30,42	24,18	6,98	3,25	47,03	45,86	37,81	24,58	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	24,58	35,13	43,01
11	Котельня	18	131,63	144,90	1,82	0,85	210,74	204,63	162,67	93,61	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	93,61	148,68	189,76
12	Очисна	14	17,50	16,10	1,45	0,68	25,33	24,49	18,73	9,25	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	9,25	16,81	22,45
13	Тарний цех	18	30,71	22,68	5,24	2,44	44,13	43,00	35,18	22,33	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	22,33	32,58	40,23
14	Прохідна	18	5,97	4,41	1,75	0,81	9,30	9,08	7,56	5,07	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	5,07	7,06	8,54
Всього			2804,29	1525,75	220,12	102,48	3300,4	3211,3	2600,3	1594,6	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	1594,6	2396,6	2994,9

3. ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Гідравлічний розрахунок теплової мережі виконано відповідно до рекомендацій [8], результати наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати гідравлічного розрахунку

№ ділянки	Розрахункова витрата води на ділянці G_d , кг/с	Розрахункова витрата води на ділянці G_d , т/год	Довжина ділянки l , м	Попередній розрахунок для					Кінцевий розрахунок							
				R_0			R'		Стандартний діаметр ділянки D^*s , мм	Швидкість води на ділянці w , м/с	Питомі втрати тиску на ділянці R , Па/м	Еквівалентна довжина l_c , м	Приведена довжина $l_{пр}$, м	Втрати тиску на ділянці, Па	Втрати напору на ділянці, м	Сумарні втрати напору, м
				Питомі втрати тиску R_0 , Па/м	Діаметр ділянки D_0 , мм	Матеріальна характеристика M_0 , м ²	Питомі втрати тиску на ділянці R , Па/м	Діаметр ділянки D , мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Головна магістраль																
0	12,44	44,8	5	-	-	-	80	80	89*2	0,57	62,1	3,79	8,8	545,9	0,057	0,057
1	7,6	27,5	100	-	-	-	80	80	89*3	0,57	62,1	3,79	104	6445,4	0,675	0,675
2	2,76	9,93	50	-	-	-	80	45	45*2	0,61	190,0	2,68	52,7	10009,2	1,048	1,722
3	1,86	6,69	70	-	-	-	80	43	45*2	0,38	74,0	1,4	71,4	5283,6	0,553	2,275
4	1,57	5,64	80	-	-	-	80	39	38*2	0,55	202,0	1,4	81,4	16443	1,721	3,996
5	0,86	3,11	70	-	-	-	80	32	38*2	0,33	72,6	1,4	71,4	5183,6	0,543	4,538
Відгалудження																
1-9	4,80	17,3	20	-	-	-	27024	70	38*2	0,33	72,6	10,5	30,5	2212,1	0,232	1,954
2-12	4,88	17,6	30	-	-	-	21741	38	38*2	0,11	8,1	10,5	40,5	327,8	0,034	2,309
2-13	0,90	3,24	10	-	-	-	5297,7	60	38*2	0,22	32,3	10,5	20,5	661,2	0,069	4,065
3-14	0,29	1,05	10	-	-	-	5,6	45	38*2	0,22	32,3	10,5	20,5	661,2	0,069	4,608
4-15	0,70	2,53	20	-	-	-	2,3	52	38*2	0,11	8,1	10,5	30,5	246,8	0,026	4,569
5-16	1,12	4,03	70	-	-	-	80	70	76*3	0,57	82,6	8,5	78,5	6484,1	0,679	1,353
5-17	6,40	23	5	-	-	-	6256,0	38	38*2	0,55	202	10,5	15,5	3124,9	0,327	1,680
6-18	1,21	4,37	5	-	-	-	80	60	57*3	0,88	299	0	5,0	1495,0	0,156	1,510
7-19	1,21	4,37	10	-	-	-	80	45	45*2	0,34	45,2	10,5	20,5	925,2	0,097	1,606
7-20	0,00	0	15	-	-	-	80	52	57*3	0,49	92,3	9,6	24,6	2270,6	0,238	1,747
8-21	0,00	0	3	-	-	-	5330,7	-	38*2	0,33	72,6	10,5	13,5	977,9	0,102	1,709
8-22	1,21	4,37	24	-	-	-	80	35	38*2	0,55	202	1,97	26,0	5245,9	0,549	2,155
9-11	1,21	4,37	16	-	-	-	80,0	-	38*2	0,11	8,1	10,5	26,5	214,4	0,022	2,178

3.2. Визначення теплової ізоляції

Кількість теплоти, яка проходить за одиницю часу через послідовно з'єднані термічні опори визначають із виразу:

$$q = \frac{\tau - t_0}{R}$$

де q – питомі теплові втрати трубопроводу, Вт/м;

τ – температура теплоносія, °С;

t_0 – температура навколишнього середовища, °С;

R – сумарний термічний опір кола теплоносій – навколишнє середовище, (м·°С)/Вт.

Результати розрахунку втрат наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунку втрат в тепловій ізоляції

№ з/п	Діаметр трубопроводу, мм	Температура ґрунту, °С	Опір ґрунту, (м·°С)/Вт	Розрахункова товщина ізоляції, мм	Теплові втрати подаючого трубопроводу, Вт/м	Теплові втрати зворотнього трубопроводу, Вт/м
1	100	5,0	0,274	32,5	81,87	28,36
2	65	5,0	0,300	29	91,54	32,52
3	40	5,0	0,316	31,5	372,92	136,36
4	32	5,0	0,336	25	791,03	289,26
5	25	5,0	0,356	20	3469,06	1270,13
6	20	5,0	0,363	20	3062,09	1129,81
7	15	5,0	0,371	20	2629,82	978,09
8	10	5,0	0,379	20	2159,06	809,82
9	8	5,0	0,383	20	1959,44	737,62
10	6	5,0	0,386	20	1742,33	658,43
Всього					4806,42	1756,63

4. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ, МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ (ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ) ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Для цеху з виробництва пастеризованого молока розрахуємо радіус кола R_1 , площа якого у обраному масштабі рівна повному цеховому навантаженню P_1 , кВ·А:

$$P_1 = \pi R_1^2 m = 1005,63 \text{ кВА}.$$

Визначаємо радіус кола, яке характеризує значення силового навантаження:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1005,63}{3,14 \cdot 0,5}} = 25,3 \text{ мм},$$

де $m = 0,5 \text{ кВт/мм}^2$ – обраний масштаб навантаження.

Значення радіуса кола, яке відповідає значенню освітлювального навантаження:

$$\alpha_1 = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360^0}{\pi \cdot R_1^2 \cdot m} = \frac{78,34 \cdot 360^0}{3,14 \cdot 25,3^2 \cdot 0,5} = 28,04^0.$$

На генеральному плані визначаємо положення ЦЕН з координатами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 170 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 64 \text{ м}.$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для інших підрозділів підприємства.
Результати подано у таблиці 4.1.

Визначення координат центру розміщення ЦЕН:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.1. Дані для побудови картограми ЕН та розрахунку умовного ЦЕН

№ з/п	Найменування цеху або відділення	$P_{P_{cил}}$,кВт	$P_{P_{ocв}}$,кВт	ΣP_p ,кВт	R, мм	α , град	X, м	Y, м	P_x , кВт•м	P_y , кВт•м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	927,30	78,34	1005,63	25,30	28,04	290	48	291130,69	48270,37
2	Цех виготовлення сирів	445,81	24,19	470,00	17,30	18,53	58	44	27259,90	20679,93
3	Цех виробництва масла	174,58	31,10	205,69	11,44	54,44	112	43	23037,08	8844,59
4	Насосна станція	414,40	2,36	416,76	16,29	2,04	167	86	69598,71	35841,25
5	Адміністративно-побутова будівля	177,80	29,57	207,37	11,49	51,33	77	14	15967,34	2903,15
6	Майстерня електроцеху	87,79	9,55	97,34	7,87	35,31	85	104	8273,72	10123,14
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	345,35	4,81	350,16	14,93	4,95	107	104	37467,16	36416,68
8	Пакувальне відділення	13,30	6,00	19,30	3,51	111,89	48	105	926,28	2026,25
9	Матеріальний склад	84,64	6,73	91,37	7,63	26,52	70	105	6396,06	9594,09
10	Апаратний цех	83,46	3,54	87,00	7,44	14,63	250	70	21749,21	6089,78
11	Котельня	161,01	5,76	166,77	10,30	12,43	168	105	28017,27	17510,79
12	Очисна	144,00	1,01	145,01	9,61	2,50	257	108	37267,42	15661,02
13	Тарний цех	33,60	4,03	37,63	4,89	38,57	12	43	451,58	1618,18
14	Прохідна	3,29	0,41	3,70	1,53	40,01	7	5	25,90	18,50
	Всього			3311,5					567568,33	215597,72

Координати умовного ЦТН:

$X_0= 170$ м;
 $Y_0= 64$ м.

Таблиця 4.2. Дані для побудови картограми ТН та визначення умовного ЦТН

№ з/п	Найменування цеху або відділення	Q_o^p кВт	Q_b^p кВт	$Q_{г.з.}^{max}$ кВт	Q_{Σ} кВт	R, мм	$\alpha_{в},^{\circ}$	$\alpha_{г.з.},^{\circ}$	X_i , м	Y_i , м	$Q_{\Sigma} \cdot X_i$	$Q_{\Sigma} \cdot Y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Цех з виробництва пастеризованого молока	855,27	474,30	79,14	1408,71	67	121	20	290	48	407823	67618,3
2	Цех виготовлення сирів	264,13	146,48	29,68	440,28	37	120	24	58	44	25536	19372,4
3	Цех виробництва масла	339,59	188,33	41,90	569,82	43	119	26	112	43	63820	24502,2
4	Насосна станція	22,82	8,25	2,91	33,98	10	87	31	167	86	5674	2922,0
5	Адміністративно-побутова будівля	761,06	311,85	27,93	1100,85	132	102	9	77	14	84765	15411,8
6	Майстерня електроцеху	97,34	54,60	5,46	157,40	50	125	12	85	104	13379	16369,6
7	Цех компресорної та конденсаційної установок	37,97	25,96	3,49	67,42	33	139	19	107	104	7214	7011,5
8	Пакувальне відділення	123,26	68,36	8,73	200,34	56	123	16	48	105	9616	21036,1
9	Матеріальний склад	86,63	35,37	3,64	125,63	45	101	10	70	105	8794	13191,3
10	Апаратний цех	30,42	24,18	6,98	61,58	31	141	41	250	70	15396	4310,8
11	Котельня	131,63	144,90	1,82	278,34	67	187	2	168	105	46762	29226,1
12	Очисна	17,50	16,10	1,45	35,05	24	165	15	257	108	9009	3785,9
13	Тарний цех	30,71	22,68	5,24	58,63	31	139	32	12	43	704	2521,1
14	Прохідна	5,97	4,41	1,75	12,12	14	131	52	7	5	85	60,6
Всього		2804,29	1525,75	220,12	4550,16						698576,5	227339,7

Координати умовного ЦТН:

 $X_0 = 154 \text{ м}$ $Y_0 = 50 \text{ м}$

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення

Електропостачання підприємства зі значенням розрахункового навантаження $S_p = 4209$ кВА може бути здійснено або КЛ 10 кВ із встановленням ЦРП на території підприємства (варіант 1), або ж ПЛ 35 кВ з встановленням ГЗП (варіант 2).

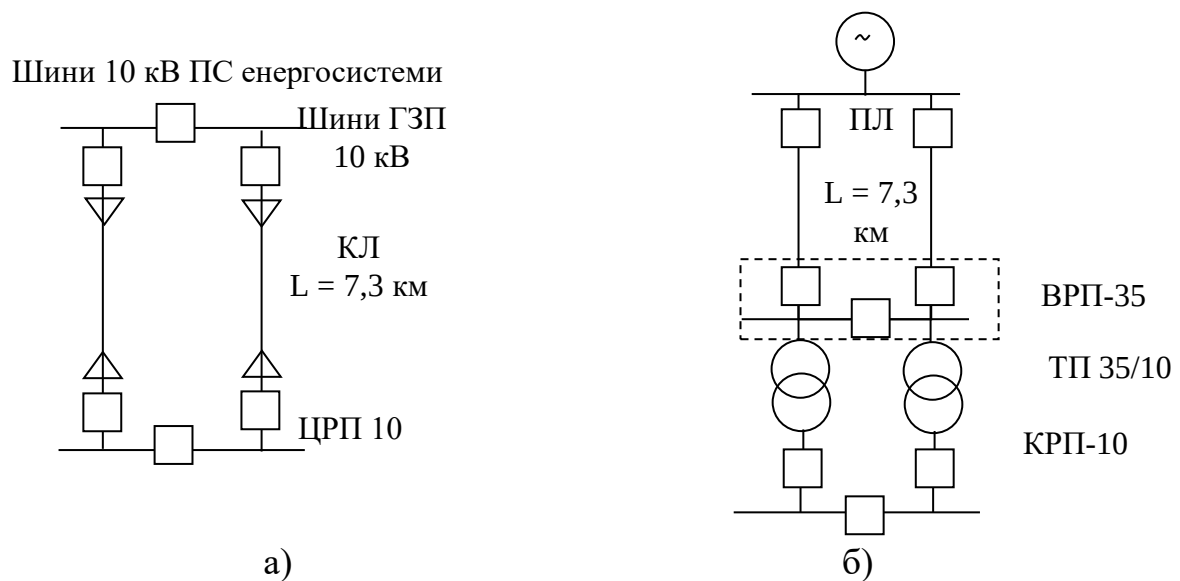


Рисунок 5.1. Обрані варіанти електропостачання:
а) варіант №1; б) варіант №2

Варіант №1.

Електропостачання виконано КЛ 10 кВ від шин ПС енергосистеми (рис.5.1 а):

Розрахунковий струм в лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4209}{2\sqrt{3} \cdot 10.5} = 115,72 \text{ А.}$$

Площа перерізу КЛ визначаємо за економічною густиною струму:

$$F_{ЕК} = \frac{I_p}{j_{ЕК}} = \frac{115,72}{1,3} = 89,02 \text{ мм}^2$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.

де $j_{ЕК} = 1,3 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму для $T_M = 4445,3$ год [3].

Приймаємо до прокладання КЛ площею перерізу 95 мм^2 , кабель марки ААШв (3х95) з тривалим допустимим струмовим навантаженням $I_{ДОП} = 205 \text{ А}$, втратами потужності на 1км $\Delta P_{1\text{км}} = 16 \text{ кВт/км}$, вартість 1 км становить $K_0 = 480 \text{ тис.грн/км}$.

Завантаження кабелю в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{I_P}{n \cdot I_{ДОП}} = \frac{115,72}{1 \cdot 205} = 0,56.$$

Допустимий довготривалий струм навантаження з урахуванням кількості кабелів, що працюють в одній траншеї:

$$I'_{ДОП} = I_{ДОП} K_{\Pi} = 205 \cdot 1 = 205 \text{ А};$$

де K_{Π} - допустимий коефіцієнт аварійною перевантаження [3].

Втрати потужності $\Delta P_{\text{л}}$ та енергії $\Delta W_{\text{л}}$ в лінії за значення $\tau_{\text{нб}} = 4445,3$ год становлять відповідно:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} l_{\Sigma} K_3^2 = 14,58 \cdot 14,6 \cdot 0,56^2 = 66,75 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau_{\text{нб}} = 66,75 \cdot 2831,5 = 189002,6 \text{ кВт·год}$$

Вартість втрат ЕЕ:

$$C_{\text{втр}} = \Delta W C_0 = 189002,6 \cdot 5,5488 \cdot 10^{-3} = 1048,7 \text{ тис. грн.}$$

де $C_0 = 5,5488 \text{ грн/кВт·год}$ – вартість 1 кВт·год ЕЕ згідно діючих тарифів.

Варіант №2. Електропостачання відбувається напругою 35 кВ (рис 5.1, б)

Розрахунковий струм в лінії:

$$I_P = \frac{S'_p}{2\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{4209}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 34,76 \text{ А}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа перерізу ПЛ визначаємо за економічною густиною струму:

$$F_{EK} = \frac{I_P}{j_{EK}} = \frac{34,76}{1,3} = 26,73 \text{ мм}^2$$

де $j_{EK} = 1,3 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму для $T_M = 4445,3 \text{ год}$ [3].

Приймаємо дволанцюгову ПЛ виконану проводом АС з проводами площею перерізу 35 мм^2 . Параметри на один ланцюг: $I_{доп} = 175 \text{ А}$, втратами потужності на 1 км $\Delta P_{1км} = 140 \text{ кВт/км}$, вартість 1 км становить $K_0 = 626,4 \text{ тис.грн/км}$.

На ГЗП пропонуємо встановити два трансформатори потужністю $S_H = 2500 \text{ кВА}$ кожен, рівень напруги $35 / 10 \text{ кВ}$.

Обираємо до встановлення трансформатор типу ТМН-2500/35 з номінальними параметрами: $P_{кз} = 23,5 \text{ кВт}$; $P_{нх} = 5,1 \text{ кВт}$; $U_{кз} = 6,5 \%$.

Завантаження трансформатора в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{4209}{2 \cdot 2500} = 0,84.$$

Перевірка трансформатора за аварійним перевантаженням:

$$K_{з.ав} = \frac{S_p}{S_{ном}} = \frac{4209}{2500} < 1,4.$$

Втрати енергії в лінії:

$$\Delta P_l = \Delta P_{1км} l_\Sigma K_3^2 = 140 \cdot 2 \cdot 14,6 \cdot 0,5^2 = 70 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_l = \Delta P_l \tau_{ноб} = 70 \cdot 2831,5 = 198205 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Втрати енергії в трансформаторі:

$$\Delta W_m = n(\Delta P_x T_p + \Delta P_k K_3^2 \tau) = 2(5,1 \cdot 8760 + 24 \cdot 0,84^2 \cdot 2831,5) = 185251,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарні втрати:

$$\Delta W_\Sigma = \Delta W_l + \Delta W_m = 198205 + 185251,5 = 383456,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість втрат:

$$C_{\text{втр}} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 383456,5 \cdot 4,475 \cdot 10^{-3} = 1715,9 \text{ тис.грн.}$$

де $C_0 = 4,475$ грн/кВт·год – вартість 1 кВт·год електроенергії відповідно до згідно діючих тарифів.

Таблиця 5.1. Розрахунок капітальних вкладень

№ вар.	Назва елемента схеми	Одиниця	Кількість	Вартість	Всього
I	Шафи КРУ з вимикачами додатково встановлені на ПС енергосистеми	шт.	2	50	36
	Кабель	км	14,8	480	7104
	Траншея	км	14,8	220	3256
Всього					10396
II	ЛЕП 35 кВ на з/б опорах	км	14,8	500	7400
	ВРП 35 кВ	Комплект	1	950	950
	Трансформатори 35/10 кВ	шт.	2	650	1300
Всього					9650

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат

№ вар.	Назва елемента схеми	K_j , тис. грн.	P_{aj} , %	C_{aj} , тис. грн.	$P_{эj}$, %	$C_{эj}$, тис. грн.	C_j , тис. грн.
I	Кабельна лінія без урахуванням траншеї	3360	5	168	5	168	336
	Шафи КРУ з вимикачами	100	15	15	5	5	20
	Траншея	1555	15	233,25	5	77,15	310,4
Всього							666,4
II	Лінія 35 кВ	3500	5	175	5	175	350
	ВРП - 35 кВ	950	15	142,5	5	47,5	190
	Трансформатори	1300	15	195	5	65	260
Всього							800

Таблиця 5.3. Техніко-економічні показники варіантів порівняння

№ п/п	Найменування статті	Варіант I	Варіант II
1	Капіталовкладення у варіанти	10396	9650
2	Поточні витрати	666,4	800
3	Вартість втрат електроенергії	1048,7	1715,9
5	Збиток	480,1	76,12
6	Приведені витрати	3442,7	3749,2

Різниця між приведеними витратами за варіантами незначна, тому з точки зору надійності обираємо 2 варіант електропостачання.

5.2. Вибір напруги та схеми внутрішнього електропостачання

Для внутрішнього електропостачання обираємо напругу 10 кВ.

Для розподільчих мереж цеховів живлення силового та освітлювального навантаження здійснюється напругою 380/220 В.

З огляду на специфіку підприємства розподільчу мережу виконуємо КЛ напругою 10 кВ із використанням радіальної схеми, що має перевагу у надійності у порівнянні з магістральною.

6. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Навантаження на стороні 0.4 та 10 кВ:

$$P_{\text{н}} = 2932,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{н}} = 2680,2 \text{ кВар}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\epsilon} = 2977 \text{ кВт},$$

$$Q_{\epsilon} = 2975,5 \text{ кВар}.$$

Втрати в трансформаторах:

$$\Delta P_m = 44,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_m = 295,3 \text{ кВар}.$$

Загальне навантаження підприємства:

$$P_p = 2977 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 2975,5 \text{ кВар}.$$

Реактивна потужність, яка передається від енергосистеми:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 2977 \cdot 0.15 = 446,55 \text{ кВар}.$$

Реактивна потужність, яку необхідно скомпенсувати:

$$Q_{\text{КП}} = Q_p - Q_e = 2975,5 - 446,55 = 2528,95 \text{ кВар}.$$

Визначення мінімальної кількості трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{K_z P_{\text{ном}}} = \frac{2932,5}{0,7 \cdot 630} \approx 8 \text{ шт.}$$

6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Розглянемо варіанти компенсації для кількості трансформаторів $N = N_0$,
 $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

Варіант 1. $N = N_0$.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо реактивну потужність, яка може бути передана із мережі 10кВ в мережу 0,4 кВ при $N = N_0$:

$$Q_n = \sqrt{(N \cdot K_z \cdot S_{ном})^2 - P_n} = \sqrt{(8 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 2932,5^2} = 1961,4 \text{ кВар.}$$

Потужність КП для встановлення в мережі до 1000 В $Q_{кн}$ визначаємо із балансу потужності на шинах ТП:

$$Q_{кн} = Q_n - Q_n = 2680,2 - 1961,4 = 718,8 \text{ кВар.}$$

Встановимо необхідну реактивну потужність на стороні 0,4 кВ ПС.

Таблиця 6.1. Розміщення низьковольтних КП

ТП	n	P _p	Q _p	Q _{пр}	Q _{кп}	Q _{кп(ст)}	Q _p - Q _{кп}	K _з	S _p	K _i , тис грн
ТП№ 1,2	3	1 215	1 358	522,82	835	498	860	0,79	1488,56	705,28
ТП№ 3	2	976	711	0	711	100	611	0,91	1151,02	351,21
ТП№ 4	1	422	349	128,84	220	100	249	0,78	489,65	193,53
ТП№ 5	2	700	745	536,44	208	100	645	0,76	951,65	913,99

Загальна потужність КП на стороні 0.4 кВ:

$$Q_{кн} = 798 \text{ кВар.}$$

Приймаємо до встановлення загальною потужністю $Q_{кн} = 798$ кВар, з них :

БК потужністю 166 кВар - 3 шт.

БК потужністю 50 кВар - 2 шт.

БК потужністю 100 кВар - 1 шт.

БК потужністю 50 кВар - 2 шт.

Потужність КП для встановлення у мережі 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кв} - Q_e = 2976 - 1596 - 447 = 933 \text{ кВар.}$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Обираємо до встановлення 2 БК потужністю 450 кВар.

Додаткові втрати потужності в цехових ТП під час передавання реактивної потужності:

$$\Delta P_{mp} = \frac{Q_{np}^2 \Delta P_{\kappa}}{n \cdot P_{ном}^2} = \frac{798^2 \cdot 12.2}{8 \cdot 630^2} = 2,44 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{\kappa H} = 0.0045 Q_{\kappa H} = 0,0045 \cdot 798 = 3,591 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності в високовольтних БК:

$$\Delta P_{\kappa B} = 0.003 Q_{\kappa B} = 0,003 \cdot 900 = 2,7 \text{ кВт.}$$

Вартість низьковольтних БК:

$$K_{\kappa H} = 1810,22 \text{ тис. грн.}$$

Орієнтовна вартість високовольтних БК:

$$K_{\kappa B} = 242,57 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо вартість комплектних ТП:

$$K_{KTP} = 4577 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати:

$$\begin{aligned} Z &= E_H (K_{\kappa H} + K_{\kappa B} + K_{KTP}) + (\Delta P_{\kappa H} + \Delta P_{\kappa B} + \Delta P_{TP}) C_0 \tau = \\ &= 0,12(1810,22 + 242,57 + 4477) + (3,59 + 2,7 + 2,44) \cdot 4,475 \cdot 2831,5 = 1349,72 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Розрахунок варіантів з $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$ проводиться аналогічно.
Результати розрахунку зведені в таблицю 6.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2. Розрахунок затрат на компенсацію РП та її баланс.

Показник	Варіант		
	1	2	3
Потужність компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ	798	349	50
Потужність компенсуючих пристроїв в мережі 10 кВ	900	1350	1600
Споживання реактивної потужності від енергосистеми	447	447	447
Всього по балансу	1 698	1 698	1 698
Сумарні затрати на компенсацію	1 349,72	1 428,60	3 000,76

Як видно із табл. 6.2, мінімум розрахункових затрат відповідає варіанту № 1 з $N = 8$. А отже, подальші розрахунки виконуємо для даного варіанту.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 6.3. Розрахунок ЕН з урахуванням КП

[illegible]

Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Адк.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
						Силове навантаження	130	0	-	2	254	20	0,7	0,8	0,8	178	133	130	1	178	133	222
						Освітлювальне навантаження									30,8	14,9			29,6	14,3	32,9	
						Всього по АПБ									208,6	148,3			207,4	147,7	254,6	
						Прохідна																
						Силове навантаження	1	1	-	9	142	8	0,5	0,7	1,0	71	72	31	1	85	72	111
						Освітлювальне навантаження									0,6	0,3			0,4	0,2	0,5	
						Всього по прохідній									71,6	72,7			85,1	72,6	111,8	
						Всього силова по ТП 3	273	0	...	114	1567	1140	0,46	0,77	0,83	717,2	596,8	27	1,23	880,7	596,8	1063,8
						Всього освітлювальна по ТП 3									89,0	43,1			85,3	41,3	94,8	
						Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 3									806,2	639,9			966,0	638,1	1157,7	
						Компенсуючі пристрої 0,4 кВ														-100		
						Втрати в тр-рах ТП 3 (2х630), Кз=0,6													9,7	72,6	73,2	
						Всього на шинах 10 кВ по ТП 3													975,7	610,7	1150,8	
						ТП №4 (1х630)																
						Насосна станція																
						Силове навантаження	44	1	-	90	592	75	0,7	0,8	0,8	414	311	13	1	414	311	518
						Освітлювальне наван.									2,3	1,1			2,4	1,1	2,6	
						Всього по станції									416,7	311,9			416,8	311,9	520,6	
						Всього силова по ТП 4	44	1	...	90	592	75	0,70	0,80	0,75	414,4	310,8	13	1,00	414,4	310,8	518,0
						Всього освітлювальна по ТП 4									2,3	1,1			2,4	1,1	2,6	
						Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 4									416,7	311,9			416,8	311,9	520,6	
						Компенсуючі пристрої 0,4 кВ														-100,0		
						Втрати в тр-рах ТП 4 (1х630), Кз=0,67												5,0	36,8	37,1	37,1	
						Всього на шинах 10 кВ по ТП 4													421,8	248,7	489,6	
						ТП №5(2х630)																
						Цех компресорної та конденсаційної установок																
						Силове навантаження	66	0,9	-	37	497	44	0,6	0,7	1,0	298	304	27	1	345	304	460
						Освітлювальне навантаження									4,7	8,2			4,8	8,3	9,6	
						Всього по цеху									302,9	312,4			350,2	312,6	469,4	
						Котельня																
						Силове навантаження	32	0,6	-	17	232	28	0,6	0,7	1,0	139	142	27	1	161	142	215

Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
----	-----	--------	--------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

7. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

7.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Виконуємо розрахунок потужності трансформаторів цехових ТП.

Для ТП №1:

Обираємо потужність трансформаторів:

$$S_{TP} = \frac{S_p}{K_z \cdot (n-1)} = \frac{1468,1}{1,4 \cdot 2} = 524,3 \text{ кВА.}$$

Отже, обираємо трансформатор з найближчим каталожним значенням потужності ТМ - 630/10.

Визначаємо коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_z = \frac{S_p}{n \cdot S_{TP}} = \frac{1468,1}{3 \cdot 630} = 0,776.$$

Тобто, у разі аварійного режиму необхідним є 145,1 кВА з числа споживачів III категорії в аварійному режимі.

Аналогічно виконуємо розрахунки для всіх ТП. Результати розрахунків подано у таблиці 7.1, перевірка цехових ТП наведена у таблиці 7.2.

7.2. Компонівка та місце розташування трансформаторних підстанцій

Комплектування та місця розміщення ТП подано у вигляді таблиці 7.3.

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 7.1. Розрахунок потужності та місця розташування КП

№ ТП	P_p , кВт	Q_p , кВар		S_p , кВА		Кількість та потужність трансформаторів, кВА	K_3	Вид ТП	Розташування ТП	Характеристика приміщення
		без КП	з КП	без КП	з КП					
ТП-1,2	1215,3	1357,6	1211,3	1822,1	829,6	3х630	0,70	Вбудов.	Цех з виробництва пастеризованого молока	Д
ТП-3	975,7	710,7	610,7	1207,1	1150,8	2х630	0,67	Вбудов.	Цех виготовлення сирів	Г
ТП-4	421,8	348,7	248,7	547,3	489,6	1х630	0,7	Вбудов.	Насосна станція	Д
ТП-5	700,1	744,6	644,6	1022,0	951,6	2х630	0,66	Вбудов.	Цех компресорної та конденсаційної установок	Г

Таблиця 7.2 Перевірка цехових ТП

№ ТП	S_p , кВА		K_3	$S_{н.тр} = S_p / K_1$	$S_{н.тр} = S_p / K_2$	Кількість та потужність трансформаторів, кВА
	без КП	з КП				
ТП-1,2	1822,1	829,6	0,70	407,9	407,13	3х630
ТП-3	1207,1	1150,8	0,67	407,8	365,19	2х630
ТП-4	547,3	489,6	0,7	482,3	372,06	1х630
ТП-5	1022,0	951,6	0,66	382,5	337,95	2х630

Зм		
Арк		
№ докум.		
Підпис		
Дата		
Арк.		

Таблиця 7.2. Компонування та місце розташування трансформаторних ПС

№ ТП	N, шт	S_p , кВ·А	Місце розташування	Марка ТП	K_3	$S_{н.тп} = S_p / K_1$	$S_{н.тп} = S_p / K_2$	Тип КТП
1,2	3	1822,1	Цех з виробництва пастеризованого молока	ТМ-630-10/0,4	0,70	630>407,9	630>407,13	Вбудована
3	2	1207,1	Цех виготовлення сирів	ТМ-630-10/0,4	0,67	630>407,8	630>365,19	Вбудована
4	1	547,3	Насосна станція	ТМ-630-10/0,4	0,7	630>482,3	630>372,06	Вбудована
5	2	1022,0	Цех компресорної та конденсаційної установок	ТМ-630-10/0,4	0,66	630>382,5	630>337,95	Вбудована

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

8.1. Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ)

Відповідно до розрахункової схеми (рис.8.1) складаємо схему заміщення, наведену на рис. 8.2.

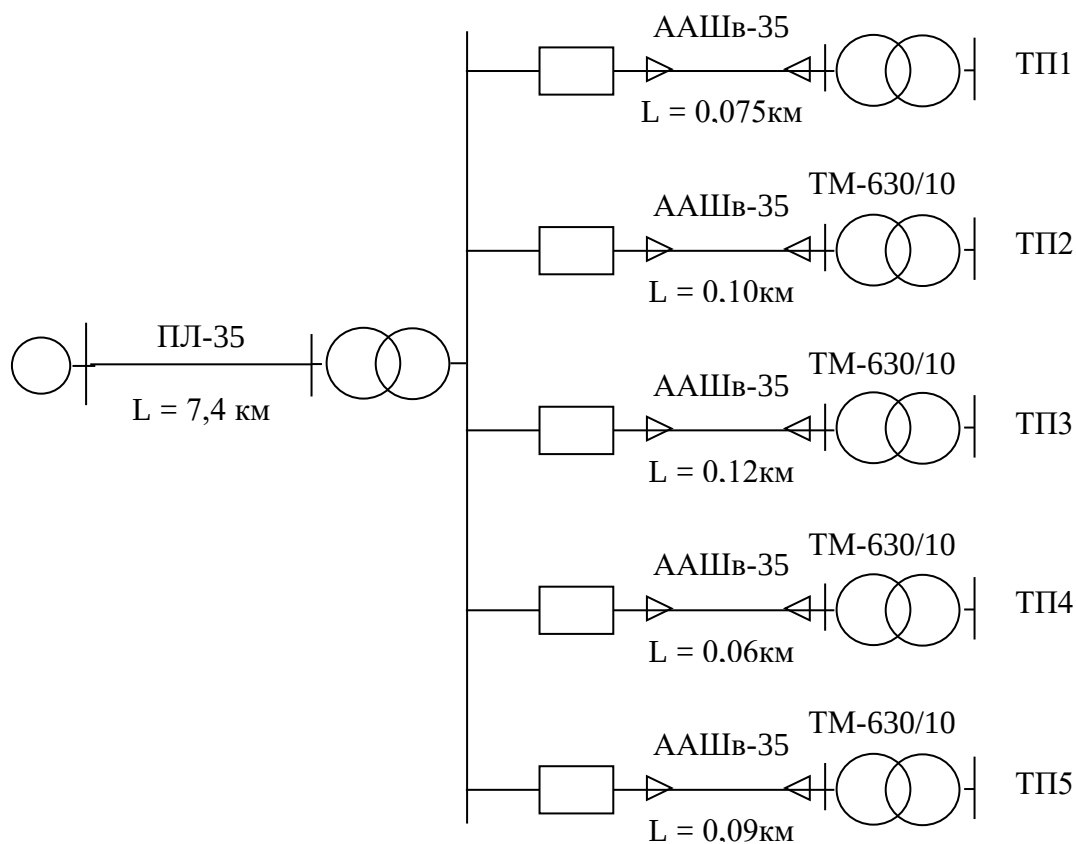


Рисунок 8.1. Розрахункова схема системи електропостачання
підприємства

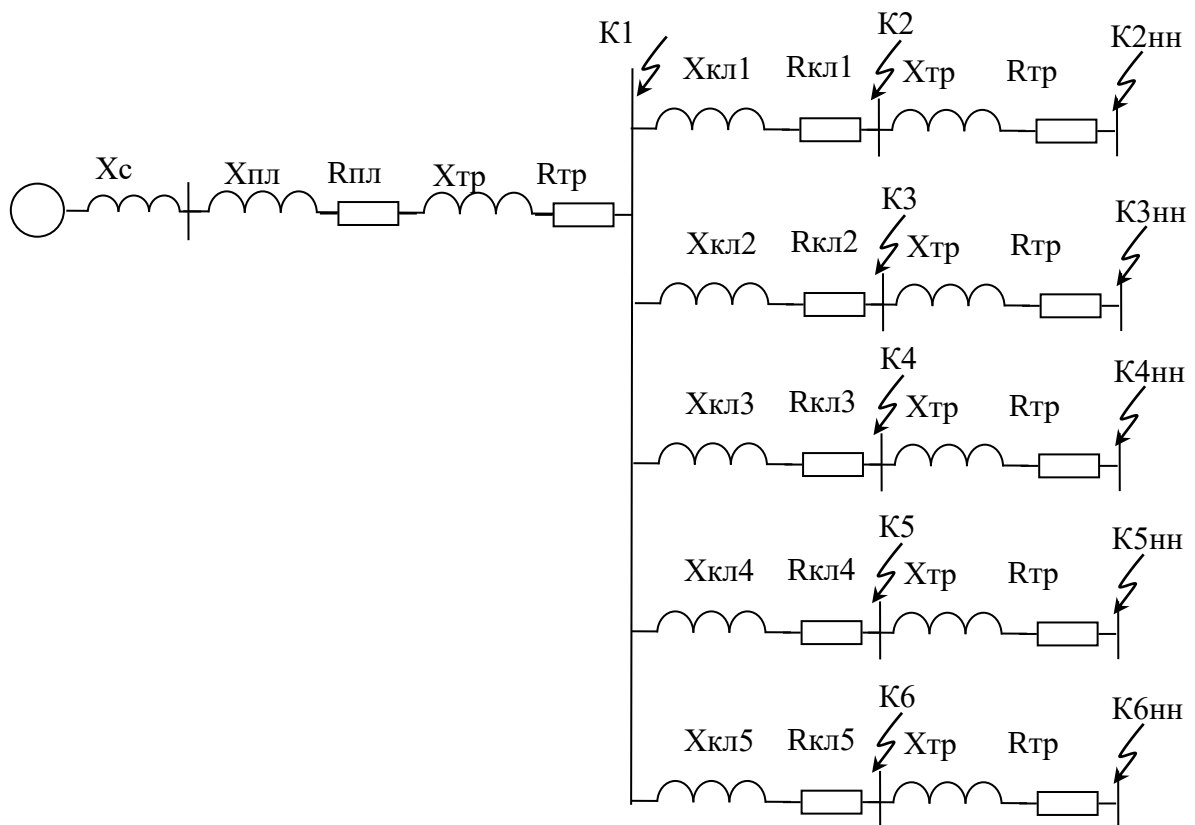


Рисунок 8.2. Схема заміщення

Розрахунок виконуємо у базисних одиницях, нехай $S_{\sigma} = 100 \text{ МВА}$.

Визначаємо базисний струм:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА};$$

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

Визначаємо опори окремих елементів:

1. Система необмеженої потужності, а отже: $x_c = 0$.

2. Зведений опір ПЛ 35 кВ АС-50:

$$X_{\text{л}} = x_0 l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,59 \cdot 7,4 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,352 \text{ в.о.},$$

$$R_{\pi} = r_0 l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 7,4 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,24 \text{ в.о.}$$

3. Зведений опір трансформатора ТМН-2500/35/10:

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa\%}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\pi}} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{100}{2,5} = 2,6 \text{ в.о.}$$

4. Загальний опір до т. К1:

$$x_{\kappa 1} = x_c + x_{nl} = 0 + 0,352 = 0,352 \text{ в.о.},$$

$$r_{\kappa 1} = r_{nl} = 0,24 \text{ в.о.},$$

$$z_{\kappa 1} = \sqrt{x_{\kappa 1}^2 + r_{\kappa 1}^2} = \sqrt{0,352^2 + 0,24^2} = 0,419 \text{ в.о.}$$

До т. К2:

$$x_{\kappa 2} = x_{\kappa 1} + x_{mp} = 0,352 + 2,6 = 2,9 \text{ в.о.},$$

$$r_{\kappa 2} = r_{\kappa 1} + r_{mp} = 0,24 \text{ в.о.},$$

$$z_{\kappa 2} = \sqrt{x_{\kappa 2}^2 + r_{\kappa 2}^2} = \sqrt{2,9^2 + 0,24^2} = 3,0 \text{ в.о.}$$

5. Надперехідні струми в т. К1 та К2:

$$I_{\kappa 1}'' = \frac{I_{\delta 1}}{z_{\kappa 1}} = \frac{1,56}{0,419} = 3,723 \text{ кА};$$

$$I_{\kappa 2}'' = \frac{I_{\delta 2}}{z_{\kappa 2}} = \frac{5,499}{3,0} = 1,833 \text{ кА.}$$

6. Період затухання аперіодичної складової струмів К3 та ударні коефіцієнти:

$$T_{a1} = \frac{x_{\kappa 1}}{\omega \cdot r_{\kappa 1}} = \frac{0,352}{314 \cdot 0,24} = 0,0065, K_{y\partial 1} = 1,21;$$

$$T_{a2} = \frac{x_{\kappa 2}}{\omega \cdot r_{\kappa 2}} = \frac{2,9}{314 \cdot 2,4} = 0,0015, K_{y\partial 2} = 1,51.$$

7. Ударні струми в т. К1, К2:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 1}'' \cdot K_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot 3,72 \cdot (1 + e^{-\frac{0,01}{0,0065}}) = 6,37 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2}'' \cdot K_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot (1 + e^{-\frac{0,01}{0,015}}) = 11,459 \text{ кА}.$$

8. Періодичні складові струму КЗ $I_{ном}$:

$$I_{ном} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,963 \cdot 0,9} = 83,27 \text{ А}.$$

9. Складова струму КЗ від АД:

$$I_{АД}'' = n \cdot K_n \cdot I_{ном} = 2 \cdot 6 \cdot 0,08327 = 0,99924 \text{ кА}.$$

10. Ударний струм від АД:

$$i_{y\partial АД} = \sqrt{2} \cdot I_{АД}'' \cdot K_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot 0,99924 \cdot (1 + e^{-\frac{0,01}{0,015}}) = 2,134 \text{ кА}.$$

11. Повний струм в точці К2:

$$I_{\Sigma \kappa 2}'' = I_{\kappa 2}'' + I_{АД}'' = 5,366 + 0,99924 = 6,36524 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial \Sigma \kappa 2}'' = i_{y\partial \kappa 2}'' + i_{y\partial АД}'' = 11,459 + 2,134 = 13,593 \text{ кА}.$$

Для розрахунку струмів КЗ на стороні 10 кВ цехових ТП необхідно знати опори кабельних ліній 10 кВ від ГПП до ТП. Попередній вибір перерізу кабельних ліній покажемо на прикладі ТП 1.

Розрахункова потужність на ТП1:

$$S_p = 1822 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{n \sqrt{3} U_n} = \frac{1822}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 33,292 \text{ А}.$$

Струм в аварійному режимі:

$$I_{p.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 33,292 = 66,584 \text{ А}.$$

Економічна щільність струму:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{33,292}{1,4} = 23,78 \text{ мм}^2.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо кабель $3 \times \text{ААШв} - 10$ (3 х 25). $I_{\text{доп}} = 90 \text{ А} > I_{\text{р.ав}} = 66,584 \text{ А}$.

Параметри кабельної лінії КЛ1:

$$r_0 = 1,24 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,099 \text{ Ом/км}, \quad l = 0,09 \text{ км}$$

Визначаємо активний та індуктивний опори КЛ 1:

$$R_{\text{кл}} = l \cdot r_0 = 0,09 \cdot 1,24 = 0,1116 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{кл}} = l \cdot x_0 = 0,09 \cdot 0,099 = 0,00891 \text{ Ом}.$$

Аналогічно обираємо всі КЛ та визначаємо їх параметри. Результати розрахунків подано у табл. 8.1, 8.2.; результати розрахунків струмів КЗ наведені в табл.8.3.

Таблиця 8.1. Попередній вибір КЛ10 кВ

КЛ № з/п	S_p , кВА	n	I_p , А	$I_{\text{р.ав}}$, А	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}$, А
1, 2, 3	1822,1	3	33,29	66,58	ААШВ-3 х (2 х 35)	90
4,5	1207,1	2	36,42	36,42	ААШВ-2 х (3 х 35)	115
6	547,3	1	34,02	34,02	ААШВ-1 х (3 х 35)	115
7, 8	1022,0	2	32,84	65,68	ААШВ-2 х (3 х 35)	115

Розрахунок струмів КЗ будемо проводити для найбільш завантаженої секції шин ГЗП.

Таблиця 8.2. Результати розрахунку струмів КЗ

№ точки КЗ	$X_{\text{сум}}$	$R_{\text{сум}}$	$Z_{\text{сум}}$	$T_{\text{а,с}}$	$K_{\text{уд}}$	I'' , кА	$I_{\text{уд}}$, кА
1	0,3766	0,1836	0,4190	0,0065	1,2164	3,7234	6,4050
2	1,0016	0,2165	1,0247	0,0147	1,5073	5,3663	11,4387
3	1,0097	0,3177	1,0585	0,0101	1,3723	5,1951	10,0822
4	1,0086	0,3042	1,0535	0,0106	1,3879	5,2198	10,2450
5	1,0184	0,3739	1,0849	0,0087	1,3157	5,0688	9,4316
6	1,0229	0,4159	1,1042	0,0078	1,2790	4,9801	9,0076
7	1,0100	0,2956	1,0524	0,0109	1,3989	5,2251	10,3373
8	1,0269	0,4538	1,1227	0,0072	1,2497	4,8978	8,6558
9	1,0261	0,4458	1,1187	0,0073	1,2556	4,9155	8,7283
10	1,0108	0,3029	1,0552	0,0106	1,3903	5,2112	10,2462
11	1,0099	0,2344	1,0367	0,0137	1,4824	5,3042	11,1198

8.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Для прикладу розглянемо вибір КЛ до ТП 1.

Розрахункова потужність на ТП1:

$$S_p = 1822 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_n} = \frac{1822}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 33,292 \text{ А.}$$

Струм під час аварійного режиму:

$$I_{p.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 33,292 = 66,584 \text{ А.}$$

Економічна щільність струму:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{33,292}{1,4} = 23,78 \text{ мм}^2.$$

Термічний імпульс:

$$B_{\kappa} = I_{\kappa 3}^2 (t_{відкл} + T_a) = 3,7234^2 (0,2 + 0,0065) = 2,8633 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз кабелю з врахуванням термічної стійкості:

$$F_{тер} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C} = \frac{\sqrt{2,8633 \cdot 10^6}}{94} = 18,0014 \text{ мм}^2$$

Обираємо КЛ *ЗхААШв – 10* (3 х 25). $I_{дон} = 90 \text{ А} > I_{p.ав} = 66,584 \text{ А.}$

Поправочний коефіцієнт $K_n = 0,85$.

Перевіряємо КЛ за умовами допустимого струму:

$$I_p = 33,292 \text{ А} < K_n I_{дон} = 76,5 \text{ А.}$$

Перевіряємо КЛ за умовою роботи під час аварійного режиму:

$$I_{p.ав} = 66,58 \text{ А} < K_{ан} K_n' I_{дон} = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 90 = 105,3 \text{ А.}$$

Аналогічно обираємо всі КЛ, результати вибору наведені у таблиці 8.3.

Перевірку КЛ на допустиме відхилення напруги не має необхідності перевіряти через незначні довжини КЛ (до 300 м).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.3 Вибір високовольних КЛ

№ КЛ	S _p , кВА	n	I _p , А	I _{p.ав} , А	F _{ек} , мм ²	Марка КЛ	I _{доп} , А	K _п	K _п I _{доп}	K _з	K _{ап}	K' _п	I _{p.ав} , А	K _{ап} K' _п I _{доп}	B _к , кА ² с	F _{min} , мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1, 2, 3	1822,1	3	33,29	66,58	23,78	ААШВ-3 х (3 х 25)	90	0,85	76,5	0,185	1,3	0,9	49,938	105,3	2,86	18,00
4,5	1207,1	2	34,53	69,06	24,664	ААШВ-2 х (3 х 35)	115	0,9	103,5	0,150	1,3	1	69,058	149,5	10,05	33,73
6	547,3	1	34,02	34,02	24,304	ААШВ-1 х (3 х 35)	115	1	115	0,148	1,3	-	-	-	9,22	32,30
7, 8	1022,0	2	32,84	65,68	23,455	ААШВ-3 х (3 х 35)	115	0,85	97,75	0,143	1,3	0,9	49,256	134,55	10,11	33,82

8.3. Вибір електрообладнання

Для ВН обираємо вакуумний вимикач ВРС-35. Вибір параметрів вимикачів 35 кВ наведено в табл.8.4.

Таблиця 8.4. Вибір параметрів вимикачів 35 кВ

Параметр вимикача	Умови вибору	Розрахунок
Номінальна напруга	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$35 \text{ кВ} = 35 \text{ кВ}$
Довготривалий номінальний струм	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$71.1 \text{ А} < 1000 \text{ А}$
Номінальний струм динамічної стійкості: - симетричний (ефективне значення); - асиметричний (максимальне значення);	$I'' \leq I_{дин.ст}$	$3.2 \text{ кА} < 20 \text{ кА}$
	$i_y \leq \sqrt{2} \cdot 1.8 I_{дин.ст}$	$0.14 \text{ кА} < (\sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 20) \text{ кА}$ $0.14 \text{ кА} < 2.82 \text{ кА}$
Номінальний струм відключення: - симетричний; - асиметричний;	$I_{нт} \leq I_{відкл}$	$3.2 \text{ кА} < 20 \text{ кА}$
	$i_{ат} \leq \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{відкл}$	$2.386 \text{ кА} < (\sqrt{2} \cdot 0.35 \cdot 49) \text{ кА}$ $2.386 \text{ кА} < 19.799 \text{ кА}$
Номінальний тепловий імпульс	$B_k \leq I_{тн}^2 \cdot t_{тн}$	$21.1 < 1600$

Для сторони НН від ГЗП до ТП оберемо вакуумний вимикач РЗВА типу ВР1-10-20/630У2. Такі вимикачі призначені для роботи в КРУ серії КУ-10Ц, відповідають вимогам ISO 9001.

Таблиця 8.5. Вибір вимикачів на вводі 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ВР1-10-20/630У2
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{роб.мах} \leq I_{ном}$	$I_{роб.мах} = 255,5 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{н\tau} \leq I_{відклном}$	$I_{н\tau} = 8,77 \text{ кА}$	$I_{відклном} = 20 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2} \cdot (1 + \beta_{ном}) \cdot I_{відкл}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} = 4,5 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot (1 + \beta_{ном}) \cdot I_{відкл} = 39,48 \text{ кА}$
$I'' \leq I_{дин.ст}$	$I'' = 8,77 \text{ кА}$	$I_{дин.ст} = 20 \text{ кА}$
$i_{y\partial} \leq i_{дин.ст}$	$i_{y\partial} = 14,9 \text{ кА}$	$i_{дин.ст} = 52 \text{ кА}$
$B_k \leq I_{тн}^2 \cdot t_{тн}$	$B_k = 80,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тн}^2 \cdot t_{тн} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Обираємо вимикач ВР1-10-20/630 У2.

Таблиця 8.6. Вибір вимикачів на лініях 10 кВ до ТП

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{роб.мах} \leq I_{ном}$	$I_{роб.мах} = 36,5 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{н\tau} \leq I_{відклном}$	$I_{н\tau} = 8,1 \text{ кА}$	$I_{відклном} = 20 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2} \cdot (1 + \beta_{ном}) \cdot I_{відкл}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} = 4,22 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot (1 + \beta_{ном}) \cdot I_{відкл} = 39,48 \text{ кА}$
$I'' \leq I_{дин.ст}$	$I'' = 8,21 \text{ кА}$	$I_{дин.ст} = 20 \text{ кА}$
$i_{y\partial} \leq i_{дин.ст}$	$i_{y\partial} = 13,79 \text{ кА}$	$i_{дин.ст} = 52 \text{ кА}$
$B_k \leq I_{тн}^2 \cdot t_{тн}$	$B_k = 69 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тн}^2 \cdot t_{тн} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На стороні ВН ГЗП обираємо роз'єднувачі типу РНДЗ 1-35/1000 У1. Дані для вибору наведені в таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 Вибір роз'єднувачів на стороні 35 кВ

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
67,6 А	$I_{роб.мах} \leq I_{ном}$	1000 А
6,8 кА	$i_{уд} \leq i_{дин.ст}$	63 кА
21,1 кА ² · с	$B_k \leq I_{тн}^2 \cdot t_{тн}$	2500 кА ² · с

Захист обладнання ПС від перенапруг (атмосферних та внутрішніх) досягаємо за рахунок розміщення розрядників. Встановлення розрядників доцільне на вводах силових трансформаторів, підключеним до ПЛ.

Обираємо розрядник типу РВС-35У1 з номінальною напругою $U_{ном} = 35$ кВ.

Для сторони 10 кВ (ГЗП) обираємо розрядник типу РВО-10У1. з номінальними параметрами: $U_{ном} = 10$, $U_{нб} = 10$ кВ. Для $f = 50$ $26 \text{ кВ} < U_{проб} < 30,5 \text{ кВ}$, $t = 8$ мкс, $I = 3000$ А [5].

Вибір потужності споживачів ВП виконуємо з використанням таблиці 8.8.

Таблиця 8.8. Вибір потужності споживачів ВП

№ з/п	Споживачі	Встановле на потужніст ь, кВт	Кількість, шт	cos φ	$P_{ВП}^{max}, \text{кВт}$
1	2	3	4	5	6
1	Електродвигуни обдуву трансформаторів	1	2	0.85	2/0.85=2.35
2	Пристрої підігріву вимикачів 35 кВ	1.75	2	1	3.5
3	Обігрів комірок КРП – 10 кВ	1	13	1	13

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6
4	Опалення і освітлення приміщення оперативного персоналу	5.5	1	1	5.5
5	Зовнішнє освітлення	4.5	1	1	4.5
6	Споживання опер. колами	2.5	1	1	2.5
Всього					31.35

Розрахункове навантаження ВП:

$$S_p = k_c \cdot S_{ВП\max} = 0,7 \cdot 31,35 = 21.95 \text{ кВт},$$

де $k_c = 0.7$ – коефіцієнт попиту.

Вибираємо до встановлення два трансформатори ВП типу ТМ-25/10.

Перевіряємо коефіцієнт завантаження:

$$K_z = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{21.95}{2 \cdot 25} = 0,5.$$

Технічні дані:

$S_{ном} = 25 \text{ кВА}$, $U_{вн} = 10 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 0,4 \text{ кВ}$, $\Delta P_{xx} = 0,16 \text{ кВт}$, $I_{xx} = 1,8\%$, $\Delta P_k = 1,22 \text{ кВт}$, $U_k = 4,5\%$.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

9. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ

9.1. Опис можливостей використання ВДЕ

У часи нестабільної подачі газу та перерв у електропостачання доцільно розглянути можливості застосування ВДЕ на підприємстві. ВДЕ є дуже важливими для зменшення використання вуглеводнів та інших шкідливих палив на промислових підприємствах. Нижче наведені декілька варіантів ВДЕ, які можна розглянути для використання на підприємстві з виробництва молочної продукції у Черкаській області:

1. Сонячна енергія: використання сонячних панелей може бути доцільним на підприємствах з виробництва молочної продукції в Черкаській області, оскільки цей регіон має достатній рівень сонячної радіації. Сонячні панелі можуть забезпечити електрику для освітлення, обігрівання, роботи електроустаткування та забезпечення ГВП на підприємстві.

2. Біомаса: якщо на підприємстві є доступ до біомаси, такої як сільськогосподарські відходи, її можна використовувати для виробництва енергії. Наприклад, біогаз, який виробляється з органічних відходів, можна використовувати для виробництва електроенергії. На жаль, на підприємстві відсутній доступ до біомаси.

3. Вітрова енергія: зазвичай, для ефективної роботи вітряної електростанції необхідна мінімальна швидкість вітру від 3 до 4 м/с. Однак, для встановлення вітряної турбіни зазвичай потрібна вища швидкість вітру, зазвичай від 6 до 9 м/с. На жаль, у місці, де розташоване підприємство швидкість вітра не перевищує 2,6 м/с, а отже встановлення вітрової станції є недоцільним.

4. Гідроенергія: на підприємстві відсутнє власне водне джерело.

Отже, у нашому випадку найдоцільнішим є використання геліоколекторів для підігрівання води для побутових потреб адміністративно-побутового будівлі, на другому поверсі якої встановлено душові для

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

персоналу підприємства. Геліоколектори є екологічно чистим та ефективним джерелом енергії для підігрівання води на підприємствах. Наведемо основні переваги використання геліоколекторів:

1. Енергозбереження: геліоколектори використовують безкоштовну енергію сонця для підігрівання води. Вони допомагають суттєво скоротити залежність від імпортованого газу та нафти, знижуючи витрати на опалення.

2. Екологічна чистота: геліоколектори не викидають шкідливих речовин у повітря та не забруднюють навколишнє середовище. Вони є чистим та екологічно безпечним джерелом енергії.

3. Довговічність та надійність: геліоколектори мають тривалий термін експлуатації, і підтримка їхньої роботи зводиться до мінімуму. Вони майже не потребують технічного обслуговування, що знижує витрати на експлуатацію.

4. Можливість заощадження: використання геліоколекторів може допомогти підприємствам заощадити кошти на рахунок опалення та підігріву води. Це може стати фактором, що сприяє підвищенню прибутковості та конкурентоспроможності підприємства.

Отже, використання геліоколекторів для підігрівання води на підприємствах може стати ефективним рішенням з погляду заощадження коштів, екологічної чистоти та створення стійкого та незалежного енергетичного джерела.

У той же час геліоколектори мають і ряд недоліків, які необхідно враховувати:

1. Залежність від погодних умов: геліоколектори використовують сонячну енергію, тому їхній робота може бути обмеженою у хмарну або дощову погоду. Це може знизити їх ефективність та зменшити кількість виробленої енергії.

2. Вимоги до простору: геліоколектори потребують відкритого простору для розміщення та експлуатації. Їхнє розміщення може вимагати додаткових витрат на будівництво та налаштування.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Витрати на монтаж та обслуговування: встановлення та обслуговування геліоколекторів можуть бути витратними та складними процесами. Крім того, можуть виникати витрати на заміну деяких деталей чи елементів, що зношуються з часом.

4. Недостатня ефективність у холодний період: у холодну пору року, коли температури падають нижче нуля, ефективність геліоколекторів може бути зниженою. У таких умовах можуть знадобитися додаткові джерела енергії для підтримки опалення та підігрівання холодної води.

Отже, перед використанням геліоколекторів на підприємствах, варто ретельно оцінити всі переваги та недоліки, щоб прийняти обґрунтоване рішення щодо їхнього використання.

Відповідно до інформації, оприлюдненої Міжнародним агентством з відновлюваної енергетики (IRENA) за 2022 рік, сонячні електростанції забезпечили близько 3,3% від загального вироблення ЕЕ в світі. У той же час в Україні, за даними Державної служби статистики за 2021 рік, сонячні електростанції забезпечили близько 1,6% від загального вироблення ЕЕ в країні. Проте, варто зауважити, що частка вироблення ЕЕ від сонячних електростанцій у країні збільшується з року у рік.

Географічно підприємство розташовано у Черкаській області, котра географічно розташована у центральній частині України. Клімат області характеризується помірним континентальним з прохолодними зимами та теплими літами. Середня січнева температура становить від -5 до -7 °С (найхолодніший місяць), тоді як в липні середня температура коливається від +18 до +20 °С (найтепліший місяць) [9]. Річні опади розподіляється досить рівномірно і становить близько 600-700 мм. Найбільше опадів характерно для літнього сезону, а найсухішим періодом є звичайно осінь. Узимку в області можливі морози та снігопади, а влітку - грози та шквалисті вітри.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2. Розрахунок оптимального нахилу для встановлення панелей геліоколекторів

Розрахунок оптимального нахилу для встановлення панелей геліоколекторів зазвичай виконується з урахуванням географічної широти місця розташування та сезонних змін висоти Сонця на небосхилі.

Також можна використовувати програмні засоби, що допоможуть визначати оптимальний кут нахилу геліоколекторів залежно від географічних координат та сезонних змін кута нахилу Сонця. Враховуючи оптимальний кут нахилу геліоколекторів, можна значно збільшити їхню ефективність та відповідно знизити витрати на виробництво електроенергії. Скористаймось виразом для визначення оптимального кута нахилу панелей з врахуванням географічної широти їх розташування:

$$\alpha_{\text{опт}} = \varphi \cdot 0,76 + 3,1 = 50,1 \cdot 0,76 + 3,1 = 41,17,$$

де φ - це географічна широта розташування об'єкту.

На рисунках 9.1 та 9.2 подано річні графіки сонячної потужності та інсоляції відповідно, які були отримані згідно джерела [11].

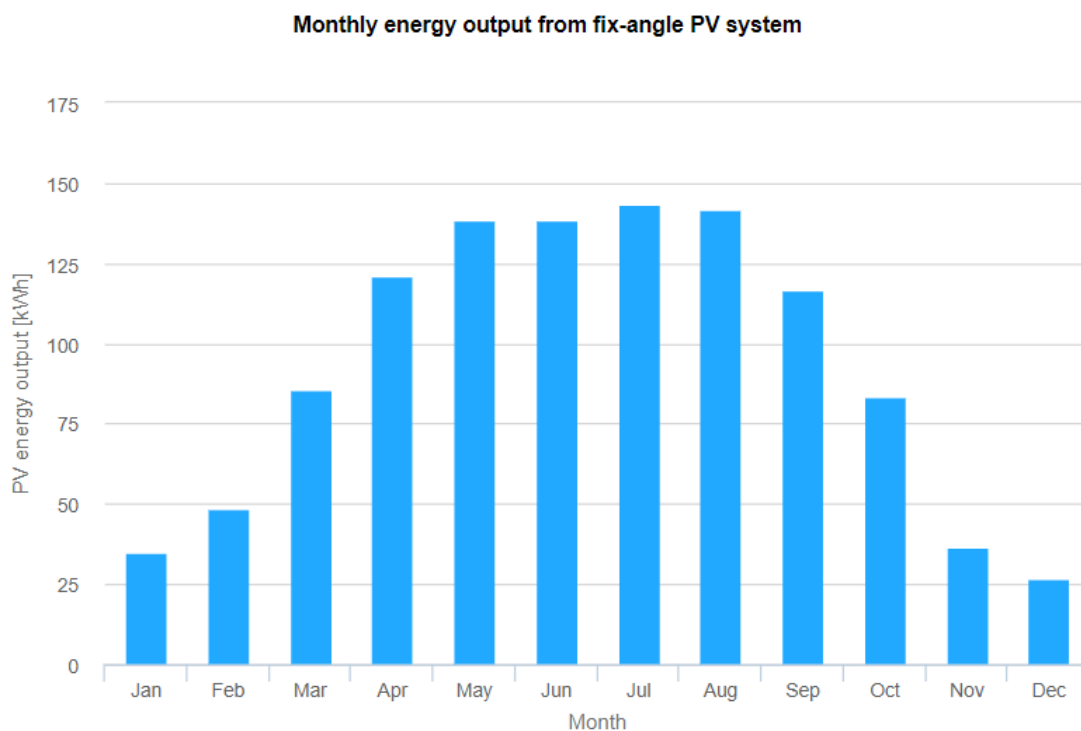


Рисунок 9.1. Розподіл сонячної потужності впродовж року

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

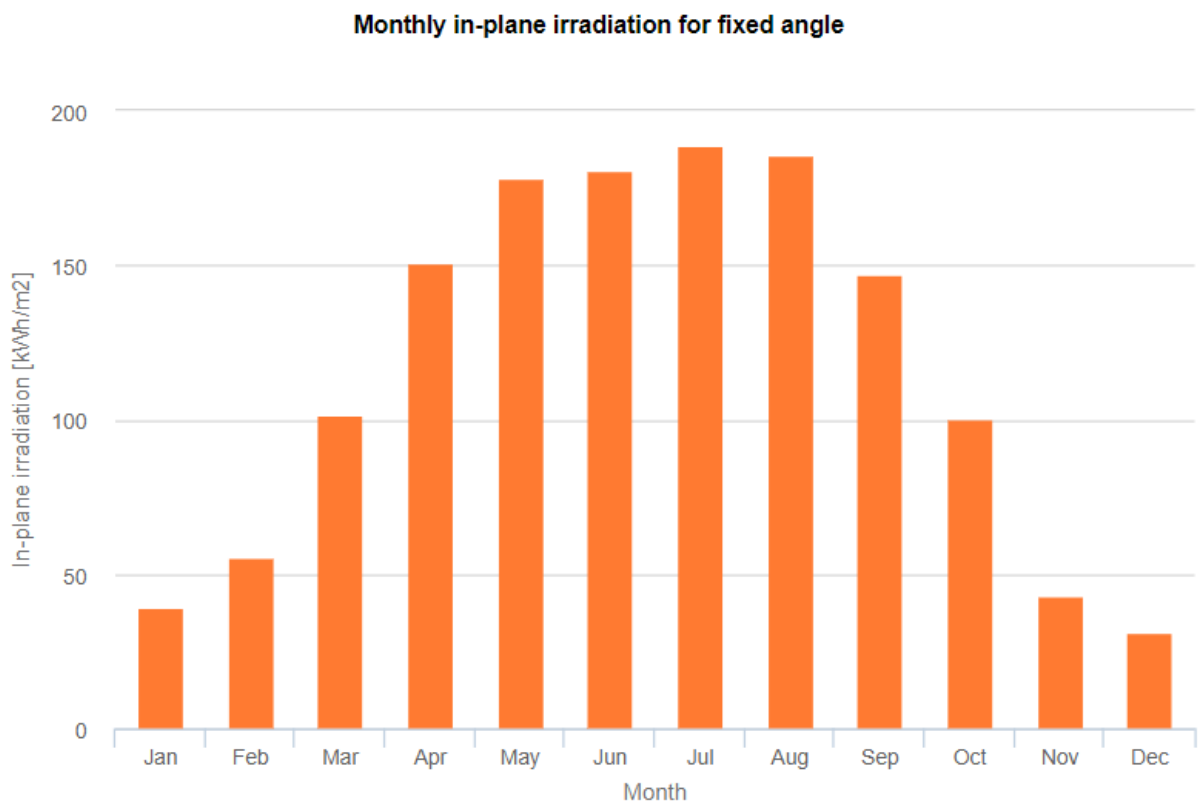


Рисунок 9.2. Розподіл сонячної інсоляції впродовж року

9.3. Визначення теплових навантажень та нормативної витрати води на ГВП

Для визначення теплових навантажень та нормативної витрати води на ГВП необхідно виконати наступні кроки:

1. Визначити потребу в гарячій воді. Це можна зробити шляхом визначення кількості користувачів та очікуваної витрати води на кожного з них за день.

2. Визначити температуру вхідної води та бажану температуру гарячої води.

3. Визначити теплову потужність необхідну для нагріву води з вхідної температури до бажаної температури. Це можна зробити з використанням виразу: $Q_{Г.З}^{СЕР.Т} = \frac{m c_B \cdot \Delta T}{n_C}$, де Q - теплова потужність, m - маса води, c_B - теплоємність води, ΔT - різниця між бажаною температурою та вхідною температурою.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Детальний розрахунок теплових навантажень на ГВП виконуємо для адміністративно-побутової будівлі (кількість робітників – 32 особи, графік роботи - двозмінний).

Навантаження на ГВП в опалювальний період (середньотижневе):

$$Q_{Г.З}^{сеп.т} = \frac{amc_B \cdot (t_{Г} - t_{Х})}{n_C} = \frac{25 \cdot 32 \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{2 \cdot 8 \cdot 3600} = 11,64 \text{ кВт.}$$

Витрата теплоти на ГВП у літній період року (середнє значення):

$$Q_{Г.Л.}^{сеп.т.} = Q_{Г.З.}^{сеп.т.} \cdot \frac{t_{Г} - t_{Х.Л.}}{t_{Г} - t_{Х.З.}} \beta = 11,64 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 1 = 5,42 \text{ кВт.}$$

Теплове навантаження ГВП в опалювальний сезон (максимальне значення):

$$Q_{Г.В.}^{\max} = \chi Q_{Г.}^{сеп.т.} = 11,64 \cdot 2,4 = 27,93 \text{ кВт.}$$

Максимальне теплове навантаження ГВП в літній сезон, кВт:

$$Q_{Г.Л.}^{\max} = \chi Q_{Г.Л.}^{сеп.т.} = 5,42 \cdot 2,4 = 13,0 \text{ кВт.}$$

Отримані значення наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1. Значення теплових навантажень на ГВП

№ з\п	Найменування підрозділу	m	$Q_{Г.З.}^{сеп.т.}$	$Q_{Г.Л.}^{сеп.т.}$	$Q_{Г.З.}^{\max}$	$Q_{Г.Л.}^{\max}$
1	Адміністративно-побутова будівля	32	11,64	5,42	27,93	13,00

В корпусі адміністративно-побутової будівлі підприємства розміщено 8 душових сіток. Відповідно до [13] середні добові витрати води для душових

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побутових приміщень промислових підприємств становлять 270 л/добу на 1 душову сітку у зміну. Температура підігрітої води, яка подається у змішувачі, не повинна бути більшою за 55 °С.

Враховуючи двозмінний режим роботи підприємства:

$$Q_T^h = 8 \cdot 270 \cdot 2 = 4320 \text{ л/добу.}$$

9.4. Розрахунок параметрів та вибір геліоколектору

Розрахунку параметрів та вибір геліоколектору для системи ГВП доцільно виконувати в наступному алгоритмі:

1. Визначити потужність геліоколектора, необхідну для задоволення потреби в гарячій воді. Для цього можна використати дані про споживання гарячої води в будинку та середню температуру води в бойлері.
2. Вибрати геліоколектор, який має достатню потужність для задоволення потреби в гарячій воді. При виборі геліоколектора необхідно враховувати його ефективність, розмір, тип та орієнтацію.
3. Розрахувати кількість геліоколекторів, необхідних для задоволення потреби в гарячій воді. Для цього можна використати дані про середню денну сонячну інсоляцію в регіоні, де буде встановлена система.
4. Визначити оптимальну орієнтацію та нахил геліоколекторів, щоб забезпечити максимальну ефективність системи.
5. Розрахувати вартість встановлення та експлуатації системи ГВП з геліоколекторами та порівняти її з вартістю системи на основі інших джерел енергії.

Отже, обираємо плоский сонячний колектор ATMOSFERA об'ємом на 5000 літрів гарячої води на добу [11]. Розглянемо детально комплектацію геліоколектора (рисунок 9.3). Кількість тепла, яку генерує геліоколектрона система впродовж року у разі розташування у Центральному регіоні України (Черкаська область) наведено на рисунку 9.4.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

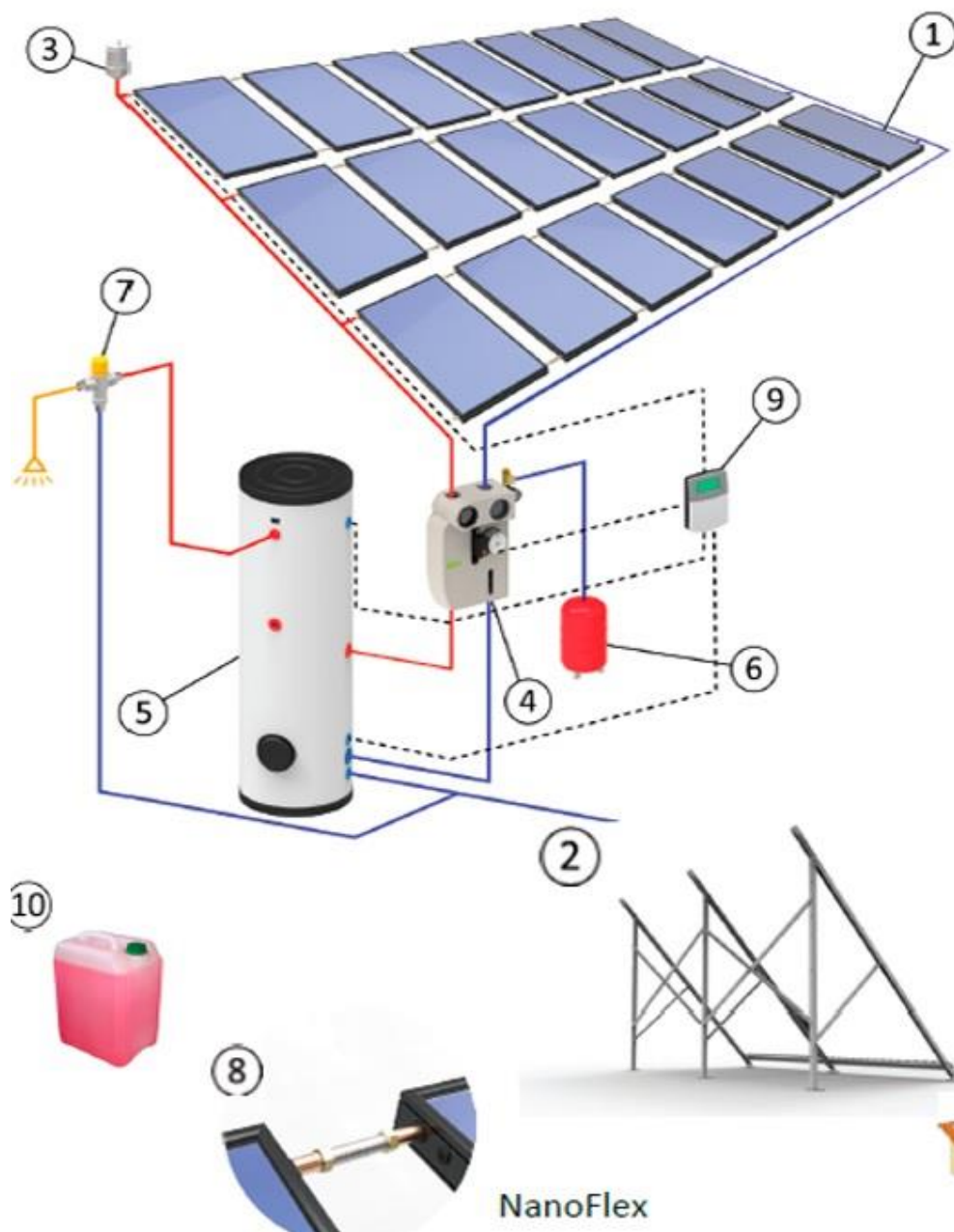


Рисунок 9.3. Складові геліоколекторної системи:

панель сонячного колектора (1), кріплення (2), повітропровід та кран(3), насосна група (4), накопичувальний (5) та розширювальний (6) баки, кріплення (7) для бака (6), з'єднувачі NanoFlex (8), контролер сонячних систем (9), рідина для геліосистем (10)

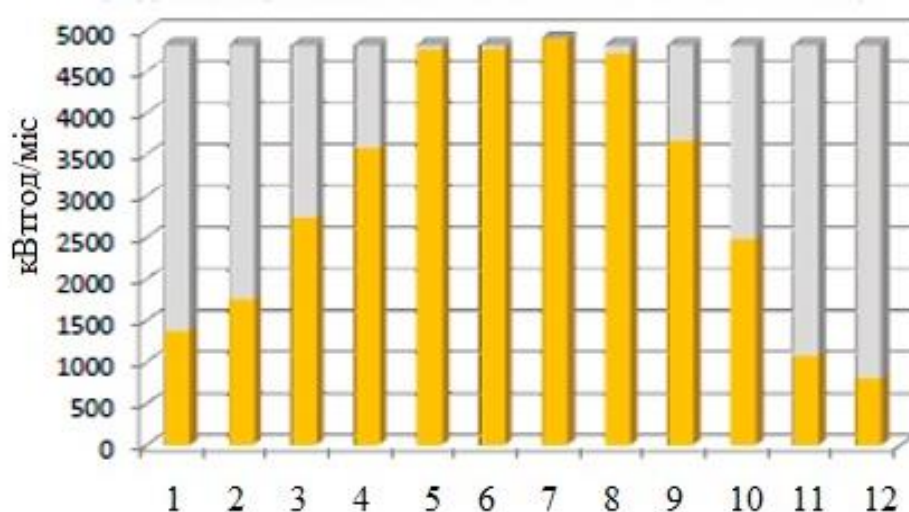


Рисунок 9.4. Кількість тепла, яку виробляє геліоколектрона система у разі розташування у Центральному регіоні України (Черкаська область)

9.5. Техніко-економічне обґрунтування доцільності встановлення геліоколекторів

Визначимо орієнтовно загальну вартість встановлення геліоколекторної системи відповідно до комерційної пропозиції [11] таблиця 9.2.

Таблиця 9.2. Орієнтовні витрати на впровадження геліоколекторів

№ з/п	Вид робіт(матеріалів)	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість, грн
1	Плоский сонячний колектор ATMOSFERA	1	1 052 061	1 052 061
2	Вартість пуско-налагоджувальних робіт		9000	9000
3	Проектно-монтажні роботи		13000	13000
	Всього, K_{Σ}			1 074 061

Отже, загальні капіталовкладення становитимуть:

$$K_{\Sigma} = 1052061 + 9000 + 23000 = 1074061 \text{ грн}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На разі, для отримання гарячої води на підприємстві діє механізм підігрівання холодної води, отриманої із власної свердловини, розміщеної на території підприємства. Холодну воду для потреб ГВП попередньо підігрівають до 60⁰С.

Визначимо вартість газу, необхідного для підігрівання 1 м³ холодної води температурою 10⁰С води. Кількість теплоти, яка потрібна для підігрівання визначають відповідно до формули:

$$Q_{HB} = mc_B \cdot (t_G - t_X) = 4,19 \cdot 1000 \cdot (60 - 10) = 209500 \text{ кДж.}$$

Енергія, виокремлена під час спалювання 1 м³ природного газу становить 34308,8 кДж.

Виконаємо порівняння з розрахованим навантаженням на ГВП:

$$Q_{ГК} > Q_{HB};$$

$$34308,8 > 209500 \text{ кДж, тобто умову виконано.}$$

На разі, на території підприємства у котельні розміщено опалювальний котел ДКВР-4-13ГМ [12]. Технологічна схема котельні наведена на рисунку 9.5.

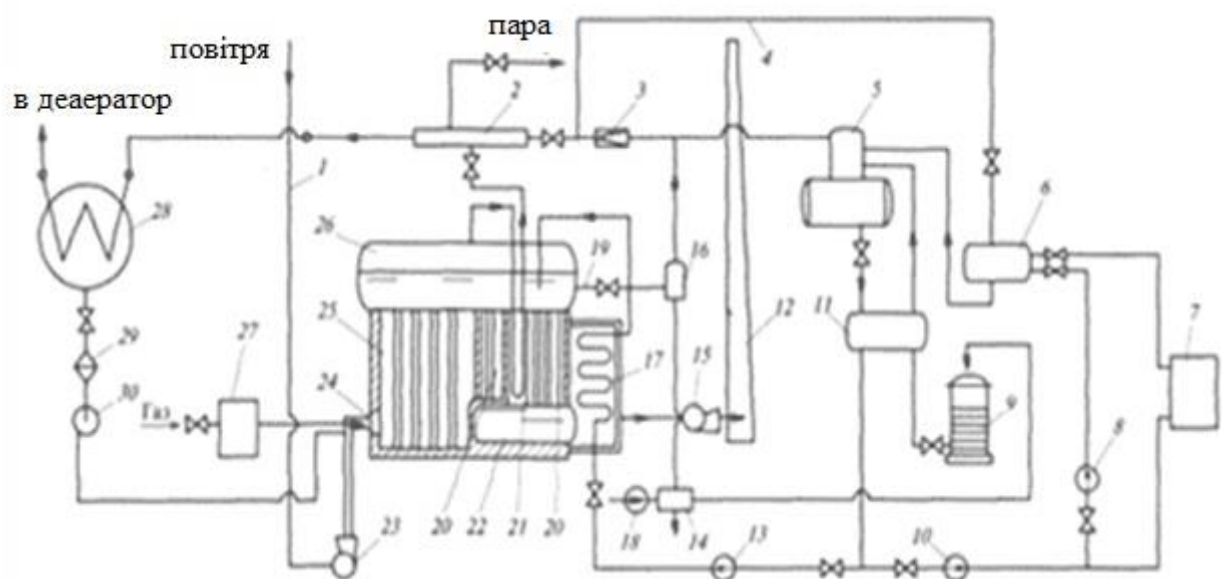


Рисунок 9.5. Технологічна схема котельні

На рисунку 9.5 зображено відповідно до умовних позначень:

1. Повітрянопарканний короб;
2. Парозбірний колектор;
3. Редукційна установка;
4. Паропровід, що веде до бойлера;
5. Деаератор;
6. Пароводяний бойлер;
7. Споживач;
8. Сітьовий насос;
9. Система хімічної підготовки води;
10. Підживлюючий насос;
11. Охолоджувач деаерованої води;
12. Димова труба;
13. Живильний насос;
14. Підігрівач сирієї води;
15. Димосос;
16. Розширювач безперервної продувки;
17. Водяний економайзер;
18. Насос;
19. Трубопровід безперервної продувки;
20. Конвекційні поверхні нагріву;
21. Пароперегрівач;
22. Нижній барабан;
23. Дуттєвий вентилятор;
24. Запальник;
25. Топка котельного агрегату;
26. Верхній барабан;
27. ГРП котельні;
28. Мазутосховище;
29. Фільтр;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30.Насос.

Мазут зберігається в обігріваному паром мазутосховищі (28) і подається на запальник (24) через фільтри тонкої очистки (29), які обслуговуються насосами (30). Після змішування з повітрям, мазут згорає. Опалювальний котел має топку (25) з випаровувальними поверхнями нагріву (кип'ятильними трубами), верхнім та нижнім барабанами (26) та (22) відповідно, конвекційними поверхнями нагріву (20), пароперегрівачем (21) та водяним економайзером (17).

В опалювальному котлі для спалювання газу потрібне повітря береться з верхньої частини котельні та подається на пальники (24) через повітрянопарканний короб (1) та дуттєвий вентилятор (23). Після проходження через елементи, які використовують тепло, продукти горіння викидаються в димову трубу (12) за допомогою димососу (15).

Пара, що утворюється в опалювальному котлі, потрапляє в загальний збірний колектор (2) та направляється до споживачів. Деяка частина пари після зменшення тиску в редукційній установці (3) потрапляє в деаератор (5), для видалення агресивних газів з метою запобігання корозії нагріваючої поверхні.

У котельні встановлено пароводяний бойлер (6), який використовується для отримання гарячої води. Пара, яка потрібна для роботи бойлера, постачається з загального парозбірного колектора (2) по спеціальному паропроводу (4). Вода з мережі подається до бойлера за допомогою мережного насоса (8), розташованого на зворотній лінії, де вона нагрівається та постачається до системи теплопостачання до споживачів (7) тепла. Конденсат пари з бойлера повертається в деаератор (5). Для підживлення системи теплопостачання та живлення котла використовується підживлюючий насос (10), який бере воду з деаератора. Безперервна продувка здійснюється через трубопровід (19) для зменшення концентрації солей у воді із барабана (26).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода з опалювального котла неперервно подається до розширювача безперервної продувки (16), де зниження тиску спричинює її закипання. Створена пара направляється до деаератора, а вже підігріта вода прямує у (14) - підігрівач сирої води за допомогою насоса (18), після чого вода направляється в систему (9) для хімічної підготовки. Перед надходженням в деаератор, очищена хімічно вода підігрівається в охолоджувачі (11) деаерованої води. Деаерована вода з насосом підживлення (13) направляється в водяний економайзер (17) котла. Котельня має загальну розрахункову потужність 3,91 Гкал/год, а технічна інформація щодо котлів наведена в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3. Характеристика котлів

Характеристика котлів					
Тип	Кількість, шт	Поверхня нагрівання, м ²		Теплопотужність Гкал/год	
		1 котла	загальна	1 котла	загальна
ДКВР-4-13ГМ	1+1 резерв	192,0	192,0	4,0 т/Год	4,326

Мінімальна об'єм газу, що витрачається на підігрівання 1 м³ води котлом ДКВР-4-13ГМ з коефіцієнтом корисної дії 90 % становитиме:

$$Q_{ГАЗУ} = \frac{Q_{HB}}{Q_{ГАЗУ} \cdot \eta} = \frac{209500}{34308,8 \cdot 0,9} = 6,78 \text{ м}^3.$$

$$C_{ГАРВ} = N_{ГАЗУ} \cdot C_{ГАЗУ} = 6,78 \cdot 13,5 = 91,53 \text{ грн.}$$

$$C_{ХОЛВ} = 0 \text{ грн (власна свердловина).}$$

Річна вартість відповідно становить:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$B_{ГАР В} = V_{ГАР В} \cdot C_{ГАР В} \cdot n = \frac{4320}{1000} \cdot 91,53 \cdot 251 = 99247,8 \text{ грн/рік,}$$

$$B_{ХОЛ В} = 0 \text{ грн}$$

де $V_{ГАР В}$ - об'єм спожитої гарячої води, м^3 ;

n - кількість робочих днів.

Отже, розмір річного заощадження становитиме:

$$\Delta E = B_{ГАР В} - B_{ХОЛ В} = 99247,8 - 0 = 99247,8 \text{ грн/рік.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$C_{OK} = \frac{K_{\Sigma}}{\Delta E} = \frac{1074061}{99247,8} = 10,8 \text{ року}$$

Результати розрахунків згрупуємо у таблицю 9.4.

Таблиця 9.3. Техніко-економічні показники

Назва заходу	Вартість впровадження, грн	Річні заощадження газу, м^3	Річна економія в оплаті, грн	Термін окупності, рік
Встановлення сонячних колекторів для підігрівання води системи ГВП	1 074 061	7351	99247,8	10,8

У розділі досліджено можливість використання геліоколекторів для ГВП підприємства з виробництва молочної продукції. Враховуючи географічне розташування Черкаської області, можна стверджувати про відповідність та доцільність такого виду систем забезпеченню ГВП. Встановлення геліоколекторів на даху адміністративно-побутової будівлі вирішить проблему постачання гарячої води в корпусі, де розміщені душові для персоналу підприємства.

У результаті впровадження проєкту очікується зменшення витрат газу на потреби ГВП, що становить 7351 м^3 на рік, що еквівалентно 99247,8 грн на рік.

Простий термін окупності проєкту становить 10,8 року.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування сучасної енергоефективної системи енергопостачання підприємства з виробництва молочної продукції з детальним дослідженням можливостей впровадження на підприємстві відновлювальних джерел енергії.

У рамках роботи були виконані розрахунки теплового та електричного навантаження підрозділів підприємства. Для теплової мережі був здійснений гідравлічний розрахунок та обрано відповідну теплову ізоляцію. Для перевірки електричних апаратів були виконані розрахунки струмів КЗ. У процесі обліку (комерційного та технічного) були використані електронні лічильники Меркурій, зокрема, було встановлено багатотарифний лічильник ЕЕ типу ART2, який здійснює вимірювання активної й реактивної ЕЕ у колі змінного струму по тарифам, залежно від заданого режиму роботи. Для компенсації реактивної потужності споживачів були обрані компенсуючі пристрої для низьковольтних та високовольтних мереж (900 кВар в мережі 10 кВ та 798 квар в мережі 0,4 кВ).

У спеціальному розділі досліджено можливість використання геліоколекторів для ГВП підприємства з виробництва молочної продукції. Враховуючи кліматичні умови Черкаської області, можна стверджувати про відповідність та доцільність такого виду систем забезпеченню ГВП. Встановлення геліоколекторів на даху адміністративно-побутової будівлі вирішить проблему постачання гарячої води в корпусі, де розміщені душові для персоналу підприємства.

У результаті впровадження проєкту очікується зменшення витрат газу на потреби ГВП, що становить 7351 м³ на рік, що еквівалентно 99247,8 грн на рік. Простий термін окупності проєкту становить 10,8 року.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с.

2. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств: ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015. – [Чинний від 2015–10–28]. – К.: Мінрегіон, 2016. – 83 с. – (Національний стандарт України).

3. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В. В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А. І., Величко Т. В., Плешков С. П.]; під редакцією Заслуженого працівника освіти України, кандидата технічних наук, професора Плешкова П. Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 208 с.

4. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання: навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.

5. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання : навч. посіб. / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.

6. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.

7. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.

8. Енергетичний інжиніринг та менеджмент : в 3-х ч. Ч. 1. Проектування ефективних енергетичних систем / П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, О.І. Сіріков, І.В. Савеленко; під редакцією Заслуженого працівника освіти

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

України, кандидата технічних наук, професора Плешкова П.Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 156 с.

9. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011–11–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с. – (Національний стандарт України).

10. Офіційний сайт Мінфіну: тарифи на газ для побутових споживачів. Детальніше за посиланням: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-05-01/>

11. Інтернет-магазин «Теплота»: Плоский сонячний колектор, пакетна пропозиція. Детальніше за посиланням: https://teplota.ua/shop/ploskiy-solnechniy-kollektor-atmosfera-dlya-gvs_-paketnoe-predlozhenie-5000-l_-goryachey-vodyi-v-sutki-13045p.html

12. Офіційний сайт «Вулкан-Теплоенерго»: технічні характеристики парових котлів ДКВР. Детальніше за посиланням: http://vulkanenergo.com.ua/ru/kotly/kotli_parovie_dkvr.html?gclid=EAIaIQobChMI2aaotJ_o_gIVyvxRCh3_GwkWEAAAYAiAAEgKq3PD_BwE

13. Внутрішній водопровід та каналізація: ДБН В.2.5-64:2012 . – [Чинний від 2013–03–01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України: 2013. – 105 с. – (Національний стандарт України).

14. Podolets R. Current state and main potential sources of threats for the energy security of Ukraine / R. Podolets, O. Diachuk, B. Serebrennikov // Integrated modeling of food, energy and water security management for sustainable social, economic and environmental developments / ed. by Zagorodny A.G., Yermoliev Y.M. – Kyiv: "Academperiodyka" UNAS, 2013. – p. 289-307.

15. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М. Практичні питання енергоефективності. Практичний посібник. Київ: «Майстерня реклами «План Б», 2014. – 48 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		