

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 ПЛЄШКОВ

“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕНМ-21-ЗСК

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

_____ Максим СУЛИМ

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук,

_____ Катерина ПЕТРОВА

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

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

« » 2024 р.

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

Сулим Максим Юрійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Проектування енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький. Design of power supply for a residential neighbourhood in Kropyvnytskyi

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 07.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є створення сучасної системи енергопостачання житлового мікрорайону м.Кропивницький із розробленням заходів із забезпечення енергетичної ефективності будівель та їх інженерних систем

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>	<i>08.04.24</i>	
2	<i>Теплові навантаження в системі теплопостачання</i>	<i>15.04.24</i>	
3	<i>Теплові мережі системи теплопостачання</i>	<i>17.04.24</i>	
4	<i>Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання</i>	<i>22.04.24</i>	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>29.04.24</i>	
6	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>06.05.24</i>	
7	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>13.05.24</i>	
8	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>27.05.24</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>02.06.24</i>	
10	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>05.06.24</i>	
11	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>05.06.24</i>	

Дата видачі завдання
«08» квітня 2024 р.

Підпис керівника _____

Катерина ПЕТРОВА

Завдання прийнято до виконання
«08» квітня 2024 р.

Підпис здобувача _____

Максим СУЛИМ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 99 с.; 18 рис.; 27 табл.; 10 джерел

Сулим М. Ю. Проектування енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Основною метою даної бакалаврської роботи є розробка проєкту енергопостачання для одного з житлових мікрорайонів м. Кропивницький. У роботі буде детально проаналізовано існуючі енергопостачальні системи, розглянуто сучасні технології та методи забезпечення енергоефективності, а також розроблено оптимальну модель енергопостачання з урахуванням специфіки регіону та потреб його мешканців.

У спеціальному розділі розроблено заходи із забезпечення енергетичної ефективності будівель та їх інженерних систем.

Впровадження запропонованого проєкту дозволить не лише забезпечити надійне та ефективне постачання енергії для мешканців житлового мікрорайону, але й сприятиме підвищенню загальної енергоефективності міста, зменшенню втрат енергії та покращенню екологічної ситуації.

Ключові слова: енергопостачання, рівень енергоефективності, житловий мікрорайон, інженерні системи, оптимальна модель

ABSTRACT

Qualification work: 99 p.; 18 fig.; 27 tables; 10 sources.

Sulym M.Yu. Design of power supply for a residential neighbourhood in Kropyvnytskyi. – 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, 2024.

The main goal of this bachelor thesis is the development of an energy supply project for one of the residential microdistricts of Kropyvnytskyi. The work will analyze in detail the existing energy supply systems, consider modern technologies and methods of ensuring energy efficiency, as well as develop an optimal model of energy supply taking into account the specifics of the region and the needs of its residents.

Measures to ensure the energy efficiency of buildings and their engineering systems have been developed in a special section

Implementation of the proposed project will not only ensure reliable and efficient energy supply for the residents of the residential microdistrict, but will also contribute to increasing the overall energy efficiency of the city, reducing energy losses and improving the environmental situation.

Key words: energy supply, level of energy efficiency, residential neighborhood, engineering systems, optimal model

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП	9
1. Електричні навантаження в системі електропостачання.....	12
1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В	12
1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень	22
1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В	24
1.4. Графіки електричних навантажень.....	33
2. Теплові навантаження в системі теплопостачання	37
2.1. Визначення теплових навантажень на опалення	37
2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію	39
2.3. Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання.....	40
2.4. Графіки теплових навантажень.....	46
3. Теплові мережі системи теплопостачання	49
3.1. Вибір джерела та системи теплопостачання	49
3.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі	51
4. Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання.....	58
5. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства	61
5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	61
5.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання	68

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	М. Сулим				Проектування енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький Design of power supply for a residential neighbourhood in Kropyvnytskyi	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	К. Петрова						5	99
Н.контр.	К. Петрова					ЦНТУ гр.ЕНМ-21-3СК		
Затв.	П. Плешков							

6.	Компенсація реактивної потужності	69
6.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації	69
7.	Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання.....	78
8.	Розроблення заходів із забезпечення енергетичної ефективності будівель та їх інженерних систем	84
8.1.	Визначення термічних опорів огорожувальних конструкцій	85
8.2.	Визначення показників енергетичної ефективності будівлі	88
8.3.	Оптимізації режимів роботи існуючих ІТП із погодним регулюванням.....	89
	ВИСНОВКИ.....	96
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ГВП	– гаряче водопостачання
ЕЕ	– електрична енергія
ЕД	– електричні двигуни
ЕН	– електричне навантаження
КЛ	– кабельна лінія
ПЛ	– повітряна лінія
ТЕ	– теплова енергія
ЦО	– централізоване опалення

ВСТУП

Енергопостачання житлових мікрорайонів є одним з ключових аспектів розвитку сучасних міст. В умовах швидкого зростання населення та урбанізації виникає необхідність у забезпеченні стабільного та ефективного постачання енергії для задоволення потреб мешканців. Особливо актуальним це питання є для міст України, включаючи м. Кропивницький, де розбудова житлових масивів вимагає впровадження сучасних підходів до проєктування енергопостачальних систем.

Основною метою даної бакалаврської роботи є розробка проєкту енергопостачання для одного з житлових мікрорайонів м. Кропивницький. У роботі буде детально проаналізовано існуючі енергопостачальні системи, розглянуто сучасні технології та методи забезпечення енергоефективності, а також розроблено оптимальну модель енергопостачання з урахуванням специфіки регіону та потреб його мешканців.

Впровадження запропонованого проєкту дозволить не лише забезпечити надійне та ефективне постачання енергії для мешканців житлового мікрорайону, але й сприятиме підвищенню загальної енергоефективності міста, зменшенню втрат енергії та покращенню екологічної ситуації.

Таким чином, дана робота сприятиме розвитку теоретичних та практичних знань у галузі енергетики, а також матиме практичне значення для міського господарства м. Кропивницький.

Мікрорайон по вул. Віктора Френчка у м. Кропивницький є одним з найбільш динамічно розвиваючих житлових районів міста. Як і в інших житлових масивах, енергопостачання відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту та якості життя мешканців. Однак, враховуючи специфіку цього району, система енергопостачання має свої особливості, які потрібно враховувати при її проєктуванні та модернізації.

						Арк.
						8

1. Інфраструктурні характеристики

Мікрорайон Полтавська характеризується значним ступенем забудови, що включає як багатоповерхові житлові будинки, так і приватні будинки садибного типу. Це створює певні виклики для системи енергопостачання, адже вона повинна бути адаптована до різноманітних типів споживачів з різними рівнями енергоспоживання.

2. Споживання електроенергії

Для багатоповерхових будинків характерне значне споживання електроенергії через велику кількість квартир, де використовуються побутові електроприлади, системи освітлення, ліфти та інші електротехнічні засоби. Приватні будинки, в свою чергу, часто мають додаткові потреби в електроенергії для обігріву приміщень, особливо в зимовий період, коли централізоване опалення не завжди є доступним або ефективним.

3. Надійність та резервування

Забезпечення надійного енергопостачання є пріоритетним завданням, особливо з огляду на можливі аварійні ситуації. Для мікрорайону Полтавська важливо передбачити систему резервного живлення, яка може включати автономні джерела енергії, такі як дизель-генератори, а також системи безперебійного живлення (UPS) для критичних об'єктів.

4. Інтеграція відновлюваних джерел енергії

В умовах сучасних вимог до енергоефективності та екологічної безпеки, доцільно розглянути можливість інтеграції відновлюваних джерел енергії. Для мікрорайону Полтавська перспективними можуть бути сонячні панелі на дахах будинків та невеликі вітрові електростанції. Це не лише сприятиме зменшенню навантаження на основну мережу, але й знизить викиди парникових газів.

5. Система управління енергопостачанням

Сучасні системи енергопостачання потребують впровадження автоматизованих систем управління, які дозволяють моніторити та регулювати споживання енергії в режимі реального часу. Для мікрорайону Полтавська

						Арк.
						9

доцільним є впровадження «розумних» лічильників, які надають можливість мешканцям та постачальникам енергії ефективно контролювати та оптимізувати використання ресурсів.

6. Екологічні аспекти

Забезпечення екологічної безпеки є важливим аспектом будь-якої системи енергопостачання. Для мікрорайону Френчка важливо врахувати питання мінімізації шкідливих викидів та впливу на навколишнє середовище при проєктуванні нових об'єктів енергетичної інфраструктури. Це може включати використання екологічно чистих технологій та матеріалів.

Отже, проєктування енергопостачання для мікрорайону Полтавська у м.Кропивницький вимагає комплексного підходу, який враховує різноманітні технічні, економічні та екологічні аспекти. Забезпечення надійного, ефективного та екологічно безпечного постачання енергії є ключовим завданням для досягнення комфортних умов життя мешканців та сталого розвитку міста.

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В

Визначення електричних силових навантажень у мережах до 1 кВ є важливим етапом проектування систем електропостачання, що дозволяє забезпечити ефективне та надійне функціонування електричних мереж. У цьому розділі будуть розглянуті методики та виконані розрахунки, необхідні для визначення оптимальних параметрів електронавантажень у мережах низької напруги [2].

Зокрема, для житлової будівлі по вул. Героїв-рятувальників, корп.5 зведене розрахункове навантаження становитиме:

$$P_{KB} = P_{KB.ПИТ} \cdot n = 2,68 \cdot 90 = 241,2 \text{ кВт},$$

де P_{KB} – значення розрахункового електричного навантаження квартир, кВт;
 $P_{KB.ПИТ}$ – значення питомого розрахункового електричного навантаження електроприймачів квартир; n – розрахункова кількість квартир.

Визначаємо розрахункову потужність ліфтових установок:

$$P_{Л} = n_{Л} \cdot K_{Л} \cdot P_{ni} = 2,0 \cdot 7,0 \cdot 0,85 = 11,9 \text{ кВт},$$

де $K_{Л}$ – коефіцієнт попиту, $n_{Л}$ – загальна кількість ліфтових установок, P_{ni} – встановлена потужність ЕД ліфтової установки, кВт .

Визначаємо потужність ЕД санітарно-технічних пристроїв (зокрема, насоси водопостачання, пристрої санітарної вентиляції):

$$P_{СТП} = n_{Л} \cdot K_{Л} \cdot P_{СТПi} = 2,0 \cdot 9,0 \cdot 0,85 = 15,3 \text{ кВт},$$

де K_{II} – коефіцієнт попиту, $P_{стпi}$ – встановлена потужність ЕД санітарно-технічних пристроїв, кВт.

Значення зведеного розрахункового навантаження для силових електроприймачів:

$$P_C = P_{PL} + P_{стп} = 11,90 + 15,30 = 27,20 \text{ кВт.}$$

Розрахункова потужність резервних ЕД, а також електроприймачів протипожежних пристроїв під час розрахунку електричних навантажень не враховувалась.

Визначаємо розрахункове ЕН житлових будівель (квартир і силових електроприймачів):

$$P_{РЖД} = P_{KB} + K_y \cdot P_C = 241,20 + 0,85 \cdot 27,20 = 267 \text{ кВт,}$$

де P_{KB} – розрахункове ЕН квартир, кВт, P_C – ЕН силових електроприймачів житлової будівлі, кВт; K_y – значення коефіцієнта участі в максимумі ЕН силових електроприймачів;

Обчислимо розрахункове значення реактивної потужності становитиме:

$$Q_{PKB} = P_{PL} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 241,20 \cdot 0,29 = 69,95 \text{ кВар.}$$

Значення реактивної потужності ліфтових установок становитиме:

$$Q_{PL} = P_{PL} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 11,90 \cdot 1,17 = 13,92 \text{ кВар.}$$

Значення реактивної потужності насосів водопостачання становитиме:

						Арк.
						12

$$Q_{стп} = P_{стп} \cdot tg\varphi = 15,30 \cdot 0,75 = 11,48 \text{кВар.}$$

Значення реактивної потужності житлової будівлі становитиме:

$$Q_{РЖБ} = Q_{КБ} + Q_{РЛ} + Q_{стп} = 69,95 + 13,92 + 11,48 = 95,30 \text{кВар,}$$

Значення повного навантаження житлової будівлі становитиме:

$$S_{РЖБ} = \sqrt{P_{РЖБ}^2 + Q_{РЖБ}^2} = \sqrt{267,0^2 + 95,5^2} = 283,70 \text{ кВА.}$$

Результати розрахунків ЕН для інших будівель виконано аналогічно, а результати подано у вигляді табл. 1.1.

Визначаємо ЕН будівель громадського та комунального призначення з використанням методики питомого навантаження на прикладі споживача - Кривбасліфт, що розміщений по вул. Г. Рятувальників 10 корп.1:

$$P_{РГБ} = P_{шт} \cdot n = 0,036 \cdot 92,0 = 3,31 \text{ кВт,}$$

$$Q_{РГБ} = P_{РГБ} \cdot tg\varphi = 3,31 \cdot 0,48 = 1,59 \text{ кВар,}$$

Значення повного ЕН становитиме:

$$S_{РЖБ} = \sqrt{P_{РГБ}^2 + Q_{РГБ}^2} = \sqrt{3,31^2 + 1,59^2} = 4,70 \text{ кВА.}$$

У табл. 1.2. наведено результати визначення ЕН громадських та комунальних будівель.

Визначення ЕН до 1000 В визначаємо методом упорядкованих діаграм (табл. 1.3), для прикладу наведемо розрахунок для двигунів ЦН-1,4:

						Арк.
						13

$$P_p = K_M \cdot K_B \cdot P_H = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 180 = 144 \text{ кВт},$$

Середнє значення потужності групи електроприймачів становитиме:

$$P_{cm} = K_B \cdot P_H = 0,8 \cdot 180 = 144 \text{ кВт},$$

Визначаємо ефективну кількість електроприймачів, що набуде значення:

$$m = \frac{P_{nmax}}{P_{nmin}} = \frac{90}{90} = 1,$$

Значення розрахункового реактивного навантаження становитиме:

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} = 1,1 \cdot 127 = 139,7 \text{ квар},$$

У той же час:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 144 \cdot 0,88 = 127 \text{ квар},$$

Значення повного навантаження, що набуде значення:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{144^2 + 139,7^2} = 200,63 \text{ кВА}.$$

Зм

Арк

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Таблиця 1.1. Розрахунок ЕН до 1 кВ для житлових будівель

Адреси будівель	Квартири					Ліфти						Санітарно-побутове обладнання						Розрах. навант.		
	n	P_0 , кВт/кв	$P_{р.кв.}$, кВт	$tg\varphi_{кв}$	$Q_{р.кв.}$, квар	n	$P_{н.л.}$, кВт	$k_{п.л.}$	$P_{р.л.}$, кВт	$tg\varphi_{л}$	$Q_{р.л.}$, квар	n	$P_{н.спп.}$, кВт	$k_{п.спп.}$	$P_{р.спп.}$, кВт	$tg\varphi_{спп}$	$Q_{р.спп.}$, 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	17	18	19	20	21
Г. Рятувальників 4 корп.5	90	2,68	241,2	0,29	69,9	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,85	15,3	0,75	11,5	267,2	95,3	283,7
Г. Рятувальників 4 корп.4	45	2,83	127,35	0,29	36,9	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,7	6,3	0,75	4,7	139,0	48,6	147,3
Г. Рятувальників 4 корп.1	180	3,10	558	0,29	161,8	4	7	0,85	23,8	1,17	27,8	4	9	0,9	32,4	0,75	24,3	611,8	214,0	648,2
Г. Рятувальників 4 корп.2	135	2,67	360,45	0,29	104,5	3	7	0,85	17,9	1,17	20,9	3	9	0,85	23,0	0,75	17,2	399,5	142,6	424,2
Г. Рятувальників 4 корп.3	90	2,56	230,4	0,29	66,8	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,87	15,7	0,75	11,7	256,8	92,5	272,9
Г. Рятувальників 6 корп.5	108	2,96	319,68	0,29	92,7	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,89	16,0	0,75	12,0	346,4	118,6	366,2
Г. Рятувальників 6 корп.4	108	3,01	325,08	0,29	94,3	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,7	12,6	0,75	9,5	348,4	117,6	367,7
Г. Рятувальників 6 корп.1	54	2,81	151,74	0,29	44,0	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,8	7,2	0,75	5,4	164,3	56,4	173,7
Г. Рятувальників 6 корп.2	225	3,42	769,5	0,29	223,2	5	7	0,85	29,8	1,17	34,8	5	9	1	45,0	0,75	33,8	841,3	291,7	890,4
Г. Рятувальників 6 корп.3	135	2,96	399,6	0,29	115,9	3	7	0,85	17,9	1,17	20,9	3	9	0,9	24,3	0,75	18,2	440,0	155,0	466,5
Г. Рятувальників 8 корп.1	54	3,05	164,7	0,29	47,8	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,8	7,2	0,75	5,4	177,3	60,1	187,2
Г. Рятувальників 8 корп.2	324	3,20	1036,8	0,29	300,7	6	7	0,85	35,7	1,17	41,8	6	9	1	54,0	0,75	40,5	1131,9	3897	1197
Г. Рятувальників 8 корп.3	108	2,98	321,84	0,29	93,3	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,7	12,6	0,75	9,5	345,2	116,7	364,3
Г. Рятувальників 4 корп.5	90	2,68	241,2	0,29	69,9	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,85	15,3	0,75	11,5	267,2	95,3	283,7
Г. Рятувальників 4 корп.4	45	2,83	127,35	0,29	36,9	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,7	6,3	0,75	4,7	139,0	48,6	147,3
Г. Рятувальників 4 корп.1	180	3,10	558	0,29	161,8	4	7	0,85	23,8	1,17	27,8	4	9	0,9	32,4	0,75	24,3	611,8	214,0	648,2
Г. Рятувальників 4 корп.2	135	2,67	360,45	0,29	104,5	3	7	0,85	17,9	1,17	20,9	3	9	0,85	23,0	0,75	17,2	399,5	142,6	424,2

Продовження таб. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Г. Рятувальників 4 корп.3	90	2,56	230,4	0,29	66,8	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,87	15,7	0,75	11,7	256,8	92,5	272,9
Г. Рятувальників 6 корп.5	108	2,96	319,68	0,29	92,7	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,89	16,0	0,75	12,0	346,4	118,6	366,2
Г. Рятувальників 6 корп.4	108	3,01	325,08	0,29	94,3	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,7	12,6	0,75	9,5	348,4	117,6	367,7
Г. Рятувальників 6 корп.1	54	2,81	151,74	0,29	44,0	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,8	7,2	0,75	5,4	164,3	56,4	173,7
Г. Рятувальників 6 корп.2	225	3,42	769,5	0,29	223,2	5	7	0,85	29,8	1,17	34,8	5	9	1	45,0	0,75	33,8	841,3	291,7	890,4
Г. Рятувальників 6 корп.3	135	2,96	399,6	0,29	115,9	3	7	0,85	17,9	1,17	20,9	3	9	0,9	24,3	0,75	18,2	440,0	155,0	466,5
Г. Рятувальників 8 корп.1	54	3,05	164,7	0,29	47,8	1	7	0,85	6,0	1,17	7,0	1	9	0,8	7,2	0,75	5,4	177,3	60,1	187,2
Г. Рятувальників 8 корп.2	324	3,20	1036,8	0,29	300,7	6	7	0,85	35,7	1,17	41,8	6	9	1	54,0	0,75	40,5	1131,9	389,7	1197
Г. Рятувальників 8 корп.3	108	2,98	321,84	0,29	93,3	2	7	0,85	11,9	1,17	13,9	2	9	0,7	12,6	0,75	9,5	345,2	116,7	364,3
Г. Рятувальників 10 корп.1	225	3,20	720	0,29	208,8	5	7	0,85	29,8	1,17	29,8	5	9	0,9	40,5	0,75	30,4	787,3	274,0	833,6
Г. Рятувальників 10 корп.2	225	2,89	650,25	0,29	188,6	5	7	0,85	29,8	1,17	29,8	5	9	0,85	38,3	0,75	28,7	715,3	252,1	758,4
Г. Рятувальників 10 корп.4	180	2,86	514,8	0,29	149,3	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	9	9	0,97	78,6	0,75	58,9	593,4	208,2	628,8
Г. Рятувальників 10 корп.5	200	2,92	584	0,29	169,4	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	10	9	1	90,0	0,75	67,5	674,0	236,9	714,4
Г. Рятувальників 12	200	2,55	510	0,29	147,9	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	10	9	1	90,0	0,75	67,5	600,0	215,4	637,5
В. Френчка 9	165	2,99	493,35	0,29	143,1	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	11	9	1	99,0	0,75	74,3	592,4	217,3	631,0
В. Френчка 7 корп.3	60	2,82	169,2	0,29	49,1	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	5	9	0,8	36,0	0,75	27,0	205,2	76,1	218,8
В. Френчка 7 корп.4	75	2,78	208,5	0,29	60,5	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	4	9	0,75	27,0	0,75	20,3	235,5	80,7	48,9
В. Френчка 3	135	2,88	388,8	0,29	112,8	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	9	9	0,98	79,4	0,75	59,5	468,2	172,3	498,9
В. Френчка 5 корп.3	150	270	405	0,29	117,5	0,0	0	0,0	0,0	1,17	0,0	10	9	0,97	87,3	0,75	65,5	492,3	182,9	525,2

Адк.

Зм

Арк

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таб. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
В. Френчка 5 корп.1	225	2,58	580,5	0,29	168,3	5	7	0,85	29,8	1,17	29,8	5	9	0,9	40,5	0,75	30,4	647,8	233,5	688,6
В. Френчка 5 корп.2	180	2,56	460,8	0,29	133,6	2	7	0,85	11,9	1,17	11,9	2	9	0,9	16,2	0,75	12,2	487,7	159,7	513,2
В. Френчка 7 корп.2	180	3,00	540	0,29	156,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,17	0,0	12	9	1	108,0	0,75	81,0	648,0	237,6	690,2
В. Френчка 7 корп.1	195	3,28	639,6	0,29	185,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,17	0,0	13	9	1	117,0	0,75	87,8	756,6	273,2	804,4
Всього																		18842	13632	23256

Таблиця 1.2. Розрахунок ЕН громадських та комунальних будівель мікрорайону

№ з/п	Найменування об'єкту	n	$P_{плт}$	Од. вимір.	Загальне навантаження, кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Розр. навант.		
								P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Кривбасліфт, Г. Рятувальників 10 корп.1	92	0,036	кВт/м ²	3,31	0,7	0,48	3,31	1,6	4,7
2	Перукарня, Г. Рятувальників 10 корп. 2	9	1,30	кВт/місце	11,7	0,97	0,25	11,7	2,9	12,1
3	Магазин, Г. Рятувальників 10 корп.3	200	0,20	кВт/м ²	40	0,82	0,7	40	28,0	48,8
4	Магазин №141	423	0,20	кВт/м ²	84,6	0,82	0,7	84,6	59,2	103,2
5	Перукарня, В. Френчка 9	8	1,30	кВт/місце	10,4	0,97	0,25	10,4	2,6	10,7
6	РОВД	1080	0,036	кВт/м ²	38,88	0,9	0,48	38,88	18,7	43,2
7	Клуб «Юність»	7	0,40	кВт/місце	2,8	0,92	0,43	2,8	1,2	3,0
8	Бібліотека, В. Френчка 7 корп.4	25	0,40	кВт/місце	10	0,98	0,2	10	2,0	10,2
9	Аптека, В. Френчка 3	6	1,30	кВт/місце	3,9	0,82	0,7	3,9	2,7	4,8
10	СШ №8	1500	0,22	кВт/учня	330	0,95	0,38	330	125,4	347,4
11	Поліклініка ВТЕК	505	0,036	кВт/м2	19,8	0,82	0,7	19,8	13,9	24,1
12	Д/с-71	450	0,40	кВт/місце	180	0,98	0,2	180	36,0	183,7
13	Відділ зв'язку ВЗ-3	15	1,30	кВт/місце	19,5	0,97	0,25	19,5	4,9	20,1

Зм	
Док	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Док.	

Таблиця 1.3. Розрахунок ЕН для котельні

№	Найменування гр. споживачів	n	Вст. пот., кВт		m	K _B	cos φ	tg φ	Сер. нав-ня		n _{ef}	K _м	Розр. нав.		
			Одного	P _Σ					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
1	Дв. ЦН-1,4	2	90	180	1	0,80	0,75	0,88	144	127	2	1	144	139,7	200,63
2	Дв. ЦН-2,3	2	55	110	1	0,80	0,75	0,88	88	77,61	2	1	88	85,37	122,61
3	Підживлювальні насоси ПН-1, ПН-2	2	4	8	1	0,80	0,80	0,75	6,4	4,8	2	1	6,4	5,28	8,3
4	ППН-1, ППН-2	2	11	22	1	0,75	0,8	0,75	16,5	12,37	2	1,21	24,99	13,61	28,46
5	Вакуумні насоси ВН-1	1	7,5	7,5	1	0,80	0,75	0,88	6	5,29	1	1	6	5,82	8,36
6	ВН-2	1	11	11	1	0,80	0,75	0,88	8,8	7,76	1	1	8,8	8,54	12,26
7	Димососи ДС-1,2	2	55	110	1	0,80	0,75	0,88	88	77,61	2	1	88	85,37	122,61
8	Свердловинний насос СН	1	4	4	1	0,80	0,80	0,75	3,2	2,4	1	1	3,2	2,64	4,15
9	Насос пог.вібраційний НПВ	1	1,2	1,2	1	0,80	0,75	0,88	0,96	0,85	1	1	0,96	0,93	1,34
10	НВХ-1,2	2	7,5	15	1	0,80	0,75	0,88	12	10,58	2	1	12	11,64	16,72
11	КВП і А	1	6	6	1	0,80	0,80	0,75	4,8	3,6	1	1	4,8	3,96	6,22
12	Прожекторна	2	6	7,23	4,9	0,80	0,80	0,75	5,78	4,33	1	1	5,78	4,76	7,49
13	Токарний верстат	3	75	22,5	1	0,70	0,5	1,73	15,75	27,28	3	1,46	23	30,01	37,81

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	Свердлильний верстат	3	4	7,3	3,6	0,85	0,50	1,73	6,2	10,74	3	1	6,2	11,81	13,34
15	Зварювальний тр-р	1	30	30	1	0,80	0,40	2,29	24	54,99	1	4	24	60,49	65,08
16	Заточний верстат	2	0,37	4,87	12,2	0,85	0,50	1,73	15,75	27,28	2	1	4,14	7,89	8,91
Всього по котельні		27	0,37	546,6	243,2	0,79	0,707	1,0	437,5	434,7	12	1,1	476,5	434,4	644,8

1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень

Обчислення освітлювальних ЕН виконано для першого потужного споживача «Кривбасліфт», що розміщений по вул. Г. Рятувальників 10 корп.1., для інших споживачів подано у вигляді таблиці 1.4:

$$P_B = p_0 \cdot F = 14 \cdot 92 = 1,29 \text{ кВт.}$$

Значення розрахункової активної потужності набуде значення:

$$P_p = K_C \cdot K_1 \cdot P_B = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,29 = 1,08 \text{ кВт}$$

Значення розрахункової реактивної потужності, що набуде значень:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,08 \cdot 0,484 = 0,52 \text{ кВар}$$

У той же час повна потужність становитиме:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{1,08^2 + 0,52^2} = 1,2 \text{ кВА.}$$

						Арк.

Таблиця 1.4. Розрахунок освітлювальних ЕН об'єктів

№	Найменування об'єкту	$F, \text{м}^2$	$P_0, \text{Вт/м}^2$	$P_B, \text{кВт}$	K_{II}	K_1	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$
1	Кривбасліфт, Г. Рятувальників 10 корп.1	92	14	1,29	0,70	1,20	0,9	0,484	1,08	0,52	1,2
2	Перукарня, Г. Рятувальників 10 корп. 2	31	17	0,53	0,7	1,20	0,5	1,732	0,45	0,78	0,9
3	Магазин, Г. Рятувальників 10 корп.3	200	15	3	0,80	1	0,9	0,484	2,4	1,16	2,67
4	Магазин №141	423	16	6,77	0,75	1,20	1	0	6,09	0	6,09
5	Перукарня, В. Френчка 9	28	17	0,48	0,7	1,20	0,5	1,732	0,4	0,69	0,8
6	РОВД	1080	18	19,44	0,85	1,20	0,9	0,484	19,83	9,6	22,03
7	Клуб «Юність»	210,8	17	3,58	0,8	1,12	0,5	1,732	3,21	5,56	6,42
8	Бібліотека, В. Френчка 7 корп.4	162,1	17	2,76	0,8	1,2	0,9	0,484	2,65	1,28	2,94
9	Аптека, В. Френчка 3	125,4	16	2,01	0,85	1,20	0,9	0,484	2,05	0,99	2,28
10	СШ №8	2831	17	48,13	0,85	1,20	0,9	0,484	49,09	23,76	54,54
11	Поліклініка ВТЕК	505	15	7,58	0,80	1,20	0,9	0,484	7,28	3,52	8,09
12	Д/с-71	2522,13	14	35,31	0,80	1,20	0,9	0,484	33,9	16,41	37,66
13	Відділ зв'язку ВЗ-3	112	17	1,9	0,80	1,20	0,9	0,484	1,82	0,88	2,02
14	Котельня «Панфіловців»	480,36	17	8,17	0,80	1,20	0,9	0,484	7,84	3,79	8,71
	Всього			140,95					148,79	144,74	207,58

1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В

Обчислення навантажень силових мереж є ключовим етапом у проектуванні та експлуатації енергетичних систем. Цей процес дозволяє забезпечити надійну та безперебійну подачу електроенергії, мінімізуючи ризики перевантажень та аварій. У сучасних умовах зростання споживання електроенергії та підвищення вимог до якості її подачі, точний розрахунок навантажень стає особливо важливим. Визначення електронавантажень включає аналіз поточного та прогнозованого споживання, врахування пікових навантажень та резервування потужностей. Використання сучасних методів і технологій дозволяє підвищити точність розрахунків і оптимізувати роботу мережі. У цьому розділі розглядаються основні принципи та методи визначення електронавантажень у високовольтних мережах.

Пропонуємо встановити трансформатори потужності 400 та 630 кВА з вихідними параметрами:

$S_{НОМ}$, кВА	U_K , %	I_{HX} , %	ΔP_K , кВт	ΔP_{HX} , кВт
400	4,0	0,46	5,50	1,10
630	5,5	2,00	7,60	1,31

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_{HX} + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (1,1 + 5,5 \cdot 0,78^2) = 10,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_{HX}}{100} \cdot S_n + \frac{U_{K3}}{100} \cdot S_n \cdot K_3^2 \right) = 27,7 \text{ кВар}$$

За аналогічним принципом, результати див. у табл. 1.5, визначені втрати активної та реактивної потужностей для всіх ТП, що плануються до встановлення на території мікрорайону.

						Арк.

Таблиця 1.6. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі вище 1000 В

Найменування об'єкту	Одиниця вимірювання	Вихідні дані по об'єкту	Питоме навантаження	Встановлене навантаження, кВт	tgφ	Максимальне навантаження споживача		K _в	Розрахункове навантаження		
						P _м , кВт	Q _м , кВар		P _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-1											
вул.Г. Рятувальників 4, корп.2	кВт/квартиру	135	2,67	360,45	0,29	399,5	142,63	0,8	319,57	92,68	332,74
вул.Г. Рятувальників 4, корп.3	кВт/квартиру	90	2,56	230,4	0,29	256,8	92,48	0,8	205,42	59,57	213,88
Всього по КПС ТП									524,99	152,25	546,62
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									73,5	21,3	76,53
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-1									598,5	173,6	623,14
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,78		10,5	27,7	
Всього на шинах 10 кВ ТП-1									682,5	222,6	717,84
ТП-2											
вул.Г. Рятувальників 4, корп.1	кВт/квартиру	180	3,10	558	0,29	611,8	213,97	0,85	520,05	150,81	541,47
Всього по КПС ТП									520,05	150,81	541,47
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									72,8	21,1	75,81
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-2									592,9	171,9	617,28
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,78		10,4	27,5	
Всього на шинах 10 кВ ТП-2									676,0	220,6	711,12
ТП-3											
вул.Г. Рятувальників 4, корп.5	кВт/квартиру	108	2,98	321,84	0,29	345,2	116,71	0,8	276,12	80,07	287,5

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>вул.Г. Рятувальників 4, корп.4</i>	кВт/квартиру	225	3,20	720	0,29	787,3	273,98	0,6	472,37	136,99	491,83
Всього по КПС ТП									748,49	217,06	779,32
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									104,8	30,4	109,11
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-3									853,3	247,4	888,43
Втратив тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,7$		13,3	42,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-3									971,4	320,3	1022,8
ТП-4											
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.5</i>	кВт/квартиру	108	2,96	319,68	0,29	346,4	118,65	0,7	242,49	70,32	252,48
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.4</i>	кВт/квартиру	108	3,01	325,08	0,29	348,4	117,65	0,7	243,87	70,72	253,92
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.1</i>	кВт/квартиру	54	2,81	151,74	0,29	164,3	56,37	0,6	98,58	28,59	102,64
Всього по КПС ТП									584,94	169,63	609,04
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									81,9	23,7	85,27
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-4									666,8	193,4	694,3
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,79$		11,4	30,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-4									760,2	247,5	799,44
ТП-5											
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	225	3,42	769,5	0,29	841,3	291,71	0,9	757,15	219,57	788,34
Всього по КПС ТП									757,15	219,57	788,34
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									106,0	30,7	110,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-5									863,1	250,3	898,71
Втратив тран-рах ТП-5	шт	2	400	800			$K_3=0,79$		13,5	42,8	

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-6											
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	135	2,96	399,6	0,29	440	154,99	0,85	373,97	108,45	389,38
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	108	2,98	321,8	0,29	345,2	116,71	0,9	310,64	90,08	323,43
Всього по КПС ТП									684,61	198,54	712,91
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									95,8	27,8	99,79
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-6									780,4	226,3	812,61
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,64$		12,4	39,6	
Всього на шинах 10 кВ ТП-6									888,7	293,7	936,0
ТП-7											
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	54	3,05	164,7	0,29	177,3	60,12	0,6	106,35	30,84	110,73
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	180	2,86	514,8	0,29	593,4	208,22	0,8	474,7	137,66	494,25
Всього по КПС ТП									581,0	168,5	604,99
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									81,3	23,6	84,7
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-7									662,4	192,1	689,69
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,8$		11,4	30,2	
Всього на шинах 10 кВ ТП-7									755,1	245,9	794,14
ТП-8											
<i>вул.Г. Рятувальників 6, корп.2</i>	кВт/квартиру	324	3,20	1036,8	0,29	1132	389,69	0,65	735,76	213,37	766,07
Всього по КПС ТП									735,76	213,37	766,07
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									103,0	29,9	107,25
Всього на шинах 10 кВ ТП-8									838,8	243,2	873,32
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,7$		13,2	41,8	

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього на шинах 10 кВ ТП-8									954,9	315,0	1005,5
ТП-9											
<i>вул.Г. Рятувальників 10, корп.1</i>	кВт/квартиру	225	3,20	720	0,29	787,3	273,98	0,9	708,55	205,48	737,74
<i>Кривбасліфт, Г. Рятувальників 10 корп.1</i>	кВт/ м ²	92	0,036	97,5	0,48	3,312	2,99	0,4	1,325	0,636	1,470
освітлення						1,29			1,08	0,52	
Всього						4,602			2,315	1,716	2,752
Всього по КПС ТП									710,86	207,19	740,44
Втрати в ПЛІ-0,4 кВ									99,5	29,0	103,66
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-9									810,4	236,2	844,10
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			K ₃ =0,7		12,8	40,8	
Всього на шинах 10 кВ ТП-9									922,7	306,0	972,11
ТП-10											
<i>вул.Г. Рятувальників 10, корп.2</i>	кВт/квартиру	225	2,89	650,25	0,29	715,3	252,07	0,9	643,75	186,69	670,27
<i>Перукарня, Г. Рятувальників 10 корп.2</i>	кВт/ місце	9	1,3	11,7	0,25	11,7	2,9	0,5	5,85	2,925	6,54
освітлення						0,53			0,45	0,78	
Всього						12,23			6,3	3,71	7,31
<i>Магазин, Г. Рятувальників 10 корп.3</i>	кВт/ м ²	200	0,2	40	0,7	40	28	0,6	24	16,8	29,30
освітлення						3			2,4	1,16	
Всього									26,4	17,96	31,93
Всього по КПС ТП									676,45	208,35	707,81
Втрати в ПЛІ-0,4 кВ									94,7	29,2	99,09

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-10									771,2	237,5	806,9
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630				$K_3=0,73$		12,4	39,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-10									878,2	306,1	930,02
ТП-11											
<i>вул. Г. Рятувальників 10, корп. 5</i>	кВт/квартиру	200	2,92	584	0,29	674	236,9	0,8	539,2	156,37	561,42
<i>Котельня «Панфіловців»</i>	кВт/м ²	48,36	1,2	58,032	0,7	624,5	437,1	0,5	312,23	336,73	381,13
освітлення						8,17			7,84	3,79	
Всього						632,6			320,07	222,351	389,72
Всього по КПС ТП									859,27	559,081	939,03
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									120,3	53,0	131,46
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-11									979,6	431,7	1070,5
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,8$		15,5	50,2	
Всього на шинах 10 кВ ТП-11									1115,4	535,0	1237,1
ТП-12											
<i>вул. Г. Рятувальників 12</i>	кВт/квартиру	200	2,55	510	0,29	600	215,4	0,6	360	104,40	374,83
<i>вул. В. Френчка 9</i>	кВт/квартиру	165	2,99	493,35	0,29	592,4	214,32	0,6	355,41	103,07	370,05
<i>Перукарня, В. Френчка 9</i>	кВт/ місце	8	1,3	10,4	0,25	10,4	2,6	0,4	4,16	1,04	4,29
освітлення						0,48			0,4	0,69	
Всього						14,53			4,56	1,73	4,88
<i>Магазин №141</i>	кВт/ м ²	423	0,2	84,6	0,7	84,6	59,2	0,6	50,76	35,53	61,96
освітлення						6,77			6,09	0,00	6,09
Всього						91,37			56,85	35,53	67,04
Всього по КПС ТП									776,82	244,73	814,46

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									108,8	34,3	114,02
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-12									885,6	279,73	814,46
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_z=0,74$		13,8	44,0	
Всього на шинах 10 кВ ТП-12									1008,2	357,3	1069,6
ТП-13											
<i>вул.В. Френчка 7, корп.3</i>	кВт/квартиру	60	2,82	169,2	0,29	205,2	76,07	0,8	164,16	47,61	170,92
<i>вул.В. Френчка 7, корп.4</i>	кВт/квартиру	75	2,78	208,5	0,29	235,5	80,72	0,7	164,85	47,81	171,64
<i>вул.В. Френчка 5, корп.3</i>	кВт/квартиру	150	2,7	405	0,29	492,3	182,93	0,65	320	92,8	333,18
<i>РОВД</i>	кВт/м ²	1080	0,036	38,88	0,48	38,88	18,7	0,6	23,33	11,20	25,88
освітлення						19,4			19,83	9,6	
Всього						58,28			43,16	20,8	47,91
<i>Клуб «Юність»</i>	кВт/місце	7	0,4	2,8	0,43	2,8	1,2	0,4	1,12	0,48	1,22
освітлення						3,58			3,21	5,56	
Всього						6,38			4,33	6,04	7,43
<i>Бібліотека, В. Френчка 7, корп.4</i>	кВт/місце	25	0,4	10	0,2	10	2	0,2	5	1	5,10
освітлення						2,76			2,65	1,28	
Всього						12,76			7,65	2,28	7,98
<i>Д/с-71</i>	кВт/місце	450	0,4	180	0,2	180	36	0,65	117	23,4	119,32
освітлення						35,31			33,9	16,41	
Всього						215,3			150,9	39,81	156,06
<i>Поліклініка ВТЕК</i>	кВт/м ²	505	0,036	19,8	0,7	19,8	13,9	0,7	13,86	9,70	16,92
освітлення						7,58			7,28	3,52	
Всього						27,38			21,14	13,22	24,93
Всього по КПС ТП									876,19	270,36	916,95

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									122,7	37,9	128,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-13									998,9	308,2	1045,3
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,8$		15,2	49,0	
Всього на шинах 10 кВ ТП-13									1136,7	395,1	1203,5
ТП-14											
<i>вул. В. Френчка 7, корп. 2</i>	кВт/квартиру	190	3,28	639,6	0,29	756,6	273,23	0,8	605,28	175,53	630,22
Всього по КПС ТП									453,6	175,53	486,38
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									63,5	24,6	68,09
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-14									517,1	200,1	554,47
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,7$		9,5	25,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-14									590,1	250,1	640,95
ТП-15											
<i>вул. В. Френчка 7, корп. 2</i>	кВт/квартиру	180	3	540	0,29	648	237,6	0,7	453,6	131,54	472,29
<i>Відділ зв'язку ВЗ-3</i>	кВт/місце	15	1,3	19,5	0,25	19,5	4,9	0,7	13,65	3,41	14,07
освітлення						1,9			1,82	0,88	2,02
Всього						21,4			15,47	4,29	16,05
Всього по КПС ТП									469,07	135,83	488,34
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									65,7	19,0	68,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-15									534,7	154,9	556,71
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,7$		9,6	25,5	
Всього на шинах 10 кВ ТП-15									610,0	199,4	641,72

Продовження табл. 1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-16											
<i>вул. В. Френчка 5, корп. 1</i>	кВт/квартиру	225	2,58	580,5	0,29	647,8	233,53	0,7	453,44	131,5	472,12
<i>вул. В. Френчка 5, корп. 2</i>	кВт/квартиру	180	2,56	460,8	0,29	487,7	159,71	0,6	292,63	84,86	304,68
Всього по КПС ТП									746,07	216,36	776,81
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									104,4	30,3	108,75
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-16									850,5	246,7	885,56
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			K ₃ =0,7		13,3	42,3	
Всього на шинах 10 кВ ТП-16									968,3	319,3	1019,6
ТП-17											
<i>вул. В. Френчка 5, корп. 1</i>	кВт/квартиру	135	2,88	388,8	0,29	468,2	172,29	0,7	327,73	95,04	341,23
<i>Аптека, В. Френчка 3</i>	кВт/місце	6	1,3	3,9	0,7	39	2,7	0,4	1,56	1,09	1,90
освітлення						2,01			2,05	0,99	
Всього						5,91			3,61	2,08	4,17
<i>СШ №8</i>	кВт/учня	1500	0,22	330	0,38	330	125,4	0,6	198	75,24	211,81
освітлення						48,13			49,09	23,73	
Всього						378,1			247,09	98,97	266,17
Всього по КПС ТП									578,43	196,09	610,76
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									81,0	27,5	85,51
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-17									659,4	223,5	696,27
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			K ₃ =0,6		11,0	35,8	
Всього на шинах 10 кВ ТП-17									751,4	286,8	804,27
Всього по об'єкту 10 кВ									12941,3	4925,9	15128,73
КП 10 кВ										0,0	
Всього 10 кВ за КП									13293,9	5144,3	15540,23

1.4. Графіки електричних навантажень

Побудова графіків навантажень було проведено з використанням програми “Grafik”. Проміжні величини, отримані за результатами отриманих графіків наведено нижче, а на рисунках 1.1 – 1.5 зображено власне отримані ГЕН.

Річні витрати визначаємо за виразами:

$$W_r = \sum P_i T_i = 24635583 \cdot 147 + 16318900 \cdot 65 + 14957250 \cdot 105 + 10243200 = 66154933 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

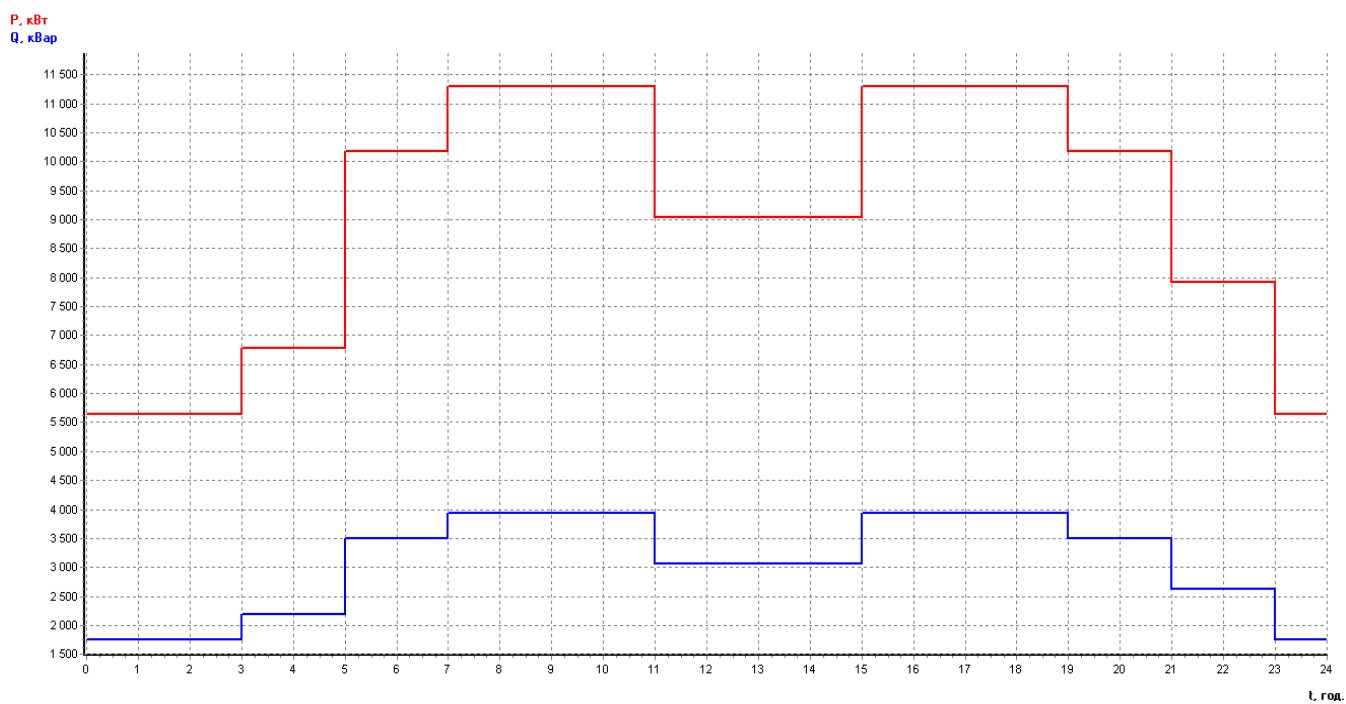
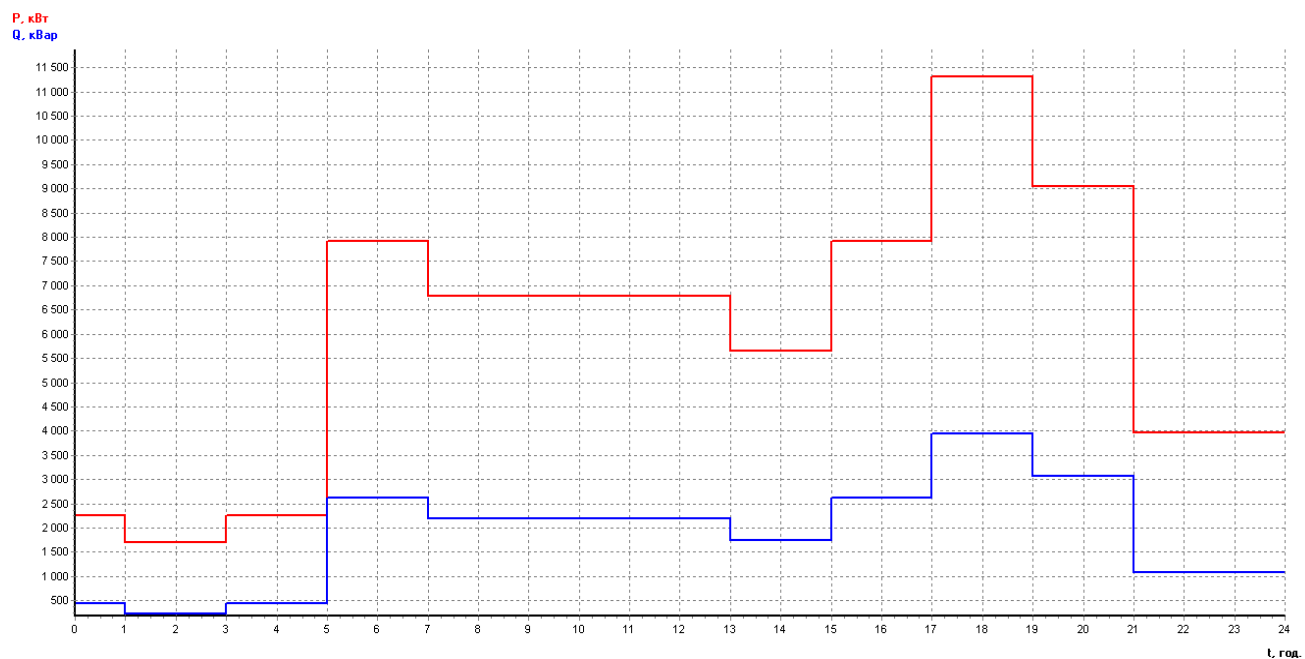
$$V_r = \sum Q_i T_i = 7639296 \cdot 147 + 5442970 \cdot 65 + 4638480 \cdot 105 + 3416640 \cdot 48 = 21137386 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

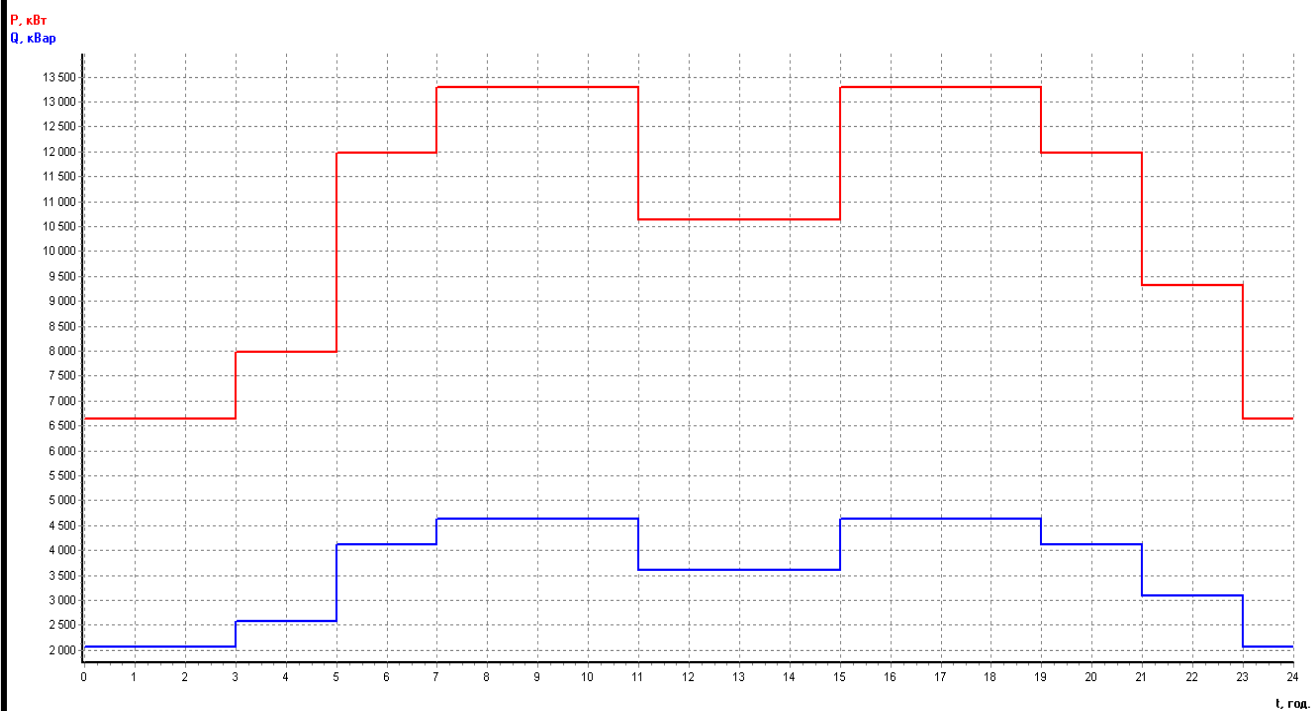
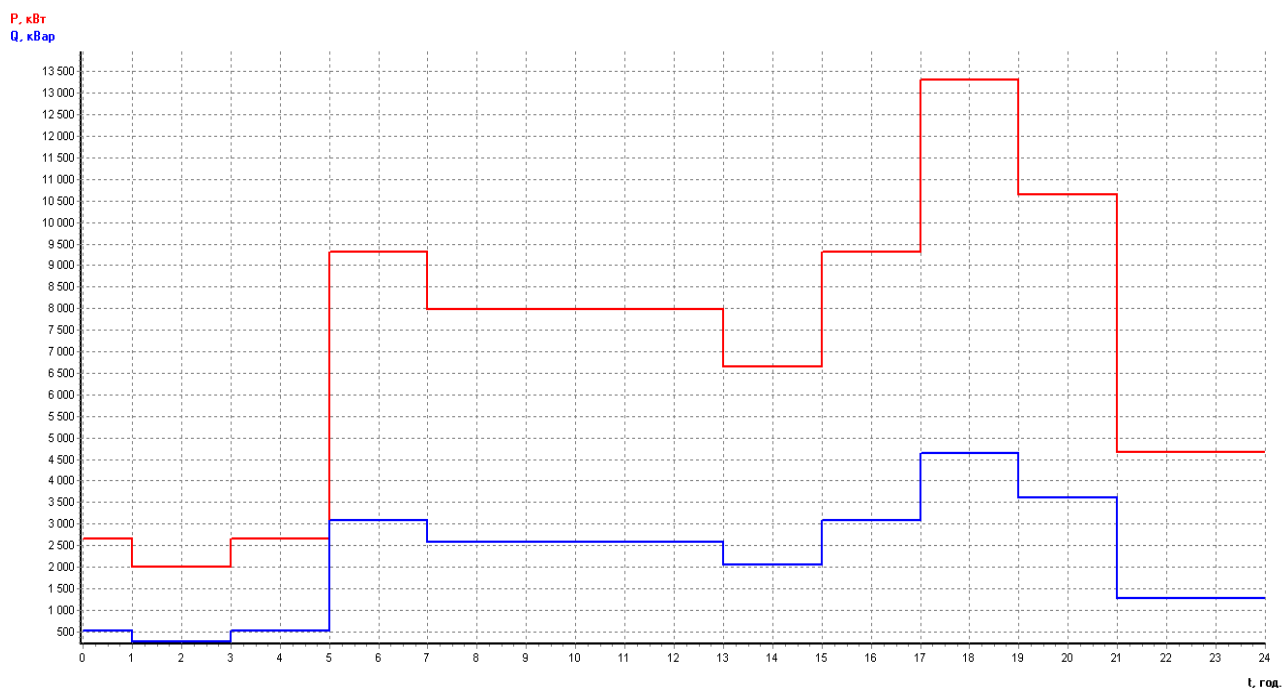
У той же час, кількість годин використання максимуму навантаження отримуємо відповідно до:

$$T_{max} = \frac{\sqrt{W_r^2 + Q_r^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{6615493^2 + 21137386^2}}{13847,08} = 5015,476 \text{ год}.$$

А, власне, час максимальних втрат набуде значення:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{5015,476}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 3427,874 \text{ год}.$$





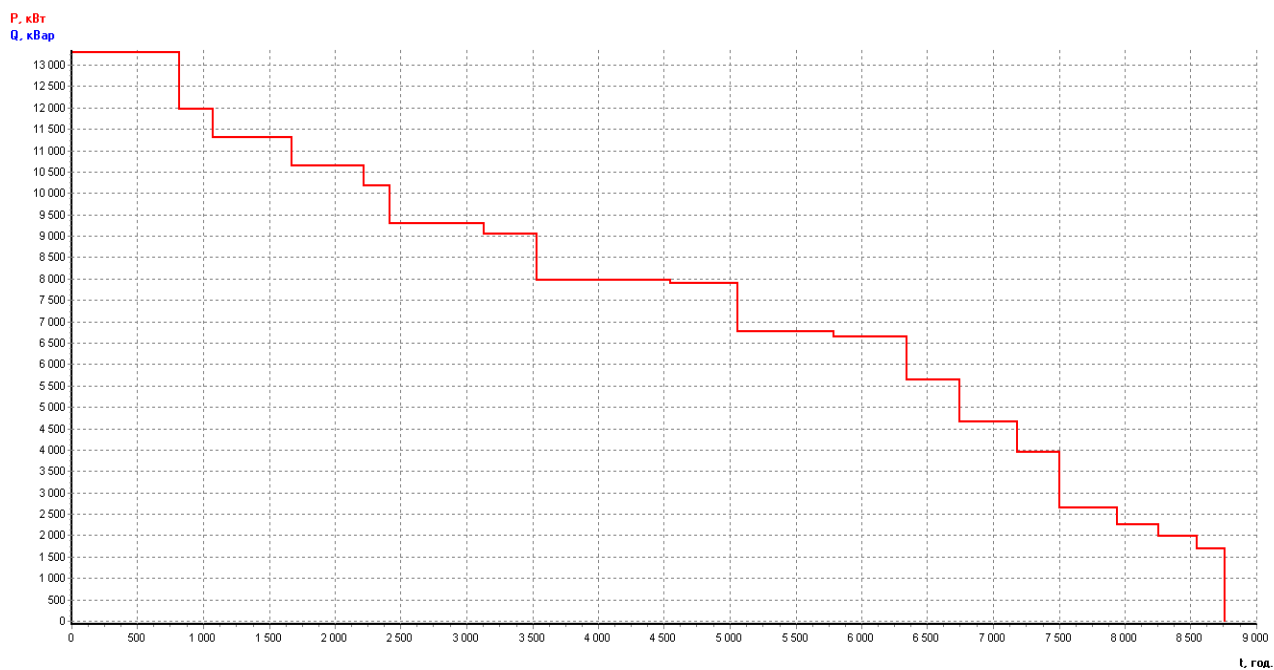


Рисунок 1.5. Річний графік потужності за тривалістю

2. ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1. Визначення теплових навантажень на опалення

Визначення обсягів теплових навантажень виконуємо на прикладі житлової будівлі по вул. Г.Рятувальників, б. 4, корп.5 з врахуванням вихідних температур зовнішнього повітря $t_{p,0} = -21$ °С та в приміщеннях будівлі $t_{p,B} = 18$ °С:

$$Q_o^P = (1 + \mu) \cdot q_0 V_3 \cdot (t_{B,P} - t_{P,0}) = (1 + 0,228) \cdot 0,32 \cdot 17903 \cdot (18 - (-21)) \cdot 10^{-6} = 0,274$$

Гкал/год,

де $\mu = 0,228$ – значення коефіцієнта інфільтрації житлової будівлі;

$V_3 = F_3 \cdot h_3 = 17903$ м³ – значення об'єму житлової будівлі житлового мікрорайону;

$q_0 = 0,32$ Вт/(м³·°С) – значення питомої опалювальної характеристики будівлі;

У вигляді таблиці 2.1. подано результати розрахунку теплових навантажень для всіх інших будівель, що розглядаються в проєкті.

Таблиця 2.1. Обчислення значення теплових навантажень на опалення будівель мікрорайону

№ з\п	Назва підрозділу	V_3 , м ³	q_0 , Вт/м ³ ·°С	$t_{p,B}$, °С	Q_o^P , Гкал	Q_o^P , кВт
1	2	3	4	5	6	7
Теплові навантаження житлових будівель						
1	Г.Рятувальників 4 корп.5	17903	0,32	-21	0,27437	319,094
2	Г.Рятувальників 4 корп.4	17900	0,32	-21	0,27433	319,040
3	Г.Рятувальників 4 корп.1	35814	0,35	-21	0,60032	698,174
4	Г.Рятувальників 4 корп.2	17854	0,32	-21	0,27362	318,221
5	Г.Рятувальників 4 корп.3	17838	0,32	-21	0,27338	317,935
6	Г.Рятувальників 6 корп.5	18696	0,32	-21	0,28652	333,228
7	Г.Рятувальників 6 корп.4	18696	0,32	-21	0,28652	333,228
8	Г.Рятувальників 6 корп.1	38638	0,32	-21	0,59214	688,664
9	Г.Рятувальників 6 корп.2	38654	0,32	-21	0,59239	688,949
10	Г.Рятувальників 6 корп.3	38638	0,32	-21	0,59214	688,664
11	Г.Рятувальників 8 корп.1	39955	0,35	-21	0,66973	778,900

Продовження табл.2.1

1	2	3	4	5	6	7
12	Г.Рятувальників 8 корп.2	35264	0,35	-21	0,59110	687,452
13	Г.Рятувальників 8 корп.3	39955	0,35	-21	0,66973	778,900
14	Г.Рятувальників 10 корп.1	35799	0,32	-21	0,54864	638,063
15	Г.Рятувальників 10 корп.2	35799	0,35	-21	0,60007	697,881
16	Г.Рятувальників 10 корп.4	18811	0,35	-21	0,31531	366,710
17	Г.Рятувальників 10 корп.5	20994	0,43	-21	0,43234	502,813
18	Г.Рятувальників 12	21049	0,43	-21	0,43347	504,130
19	В.Френчка 9	16325	0,43	-21	0,33619	390,989
20	В.Френчка 7 корп.3	3825	0,32	-21	0,05862	68,175
21	В.Френчка 7 корп.4	16450	0,32	-21	0,25210	293,196
22	В.Френчка 3	21520	0,32	-21	0,32980	383,561
23	В.Френчка 5 корп.3	20476	0,32	-21	0,31380	364,954
24	В.Френчка 5 корп.1	28378	0,43	-21	0,58440	679,662
25	В.Френчка 5 корп.2	28378	0,32	-21	0,43491	505,795
26	В.Френчка 7 корп.2	29923	0,32	-21	0,45858	533,332
27	В.Френчка 7 корп.1	29920	0,35	-21	0,50153	583,274

Теплові навантаження комунально-побутових споживачів

1	Кривбасліфт, Г.Рятувальників 10 корп.1	135	0,38	-21	0,00246	2,857
2	Перукарня, Г.Рятувальників 10 корп. 2	49,9	0,38	-21	0,00091	1,056
3	Магазин, Г.Рятувальників 10 корп.3	45,3	0,38	-21	0,00082	0,959
4	Магазин №141	80,1	0,38	-21	0,00146	1,695
5	Перукарня, В.Френчка 9	76,7	0,38	-21	0,00140	1,623
6	РОВД	440,7	0,38	-21	0,00802	9,328
7	Клуб «Юність»	203,2	0,38	-21	0,00370	4,301
8	Бібліотека, В.Френчка 7 корп.4	570	0,38	-21	0,01037	12,064
9	Аптека, В.Френчка 3	108,8	0,38	-21	0,00198	2,303
10	СІШ №8	35239	0,38	-21	0,64131	745,847
11	Поліклініка ВТЕК	1012	0,38	-21	0,01842	21,419
12	Д/с-71	9635,7	0,38	-21	0,17536	203,943
13	Відділ зв'язку ВЗ-3	637,6	0,38	-21	0,01160	13,495
14	Котельня «Панфіловців»	3821,3	0,35	-21	0,06405	74,494
	Всього				12,4539	14483,876

2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію

Наводимо детальний приклад розрахунку обсягів теплового навантаження на вентиляцію для будівлі по вул. Г.Рятувальників 4 корп.5. під час розрахунків було прийнято значення питомої вентиляційної характеристики $q_B = 0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, значення температури зовнішнього повітря, що становить: $t_{p,3} = -9 \text{ } ^\circ\text{C}$, а також нормативної всередині будівлі $t_{B,P} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$Q_B^P = q_B V_3 \cdot (t_{B,P} - t_{p,3}) = 1,228 \cdot 0,32 \cdot 17903 \cdot (18 - (-9)) \cdot 10^{-6} = 0,18995$$

Гкал/год,

Обчислення обсягів теплових навантажень на вентиляцію для всіх інших будівель виконано за тим же принципом, а у таблиці 2.2. – подано результати розрахунків.

Таблиця 2.2. Результати визначення обсягів теплових навантажень на вентиляцію для обраних будівель

№ з\п	Місцезнаходження будівлі	$V_3, \text{ м}^3$	$q_B, \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$	$t_{B,P}, ^\circ\text{C}$	$Q_B^P, \text{ Гкал}$	$Q_B^P, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
Теплові навантаження житлових будівель						
1	Г.Рятувальників 4 корп.5	17903	0,32	-9	0,18995	220,911
2	Г.Рятувальників 4 корп.4	17900	0,32	-9	0,18992	220,874
3	Г.Рятувальників 4 корп.1	35814	0,35	-9	0,41561	483,351
4	Г.Рятувальників 4 корп.2	17854	0,32	-9	0,18943	220,307
5	Г.Рятувальників 4 корп.3	17838	0,32	-9	0,18926	220,109
6	Г.Рятувальників 6 корп.5	18696	0,32	-9	0,19836	230,696
7	Г.Рятувальників 6 корп.4	18696	0,32	-9	0,19836	230,696
8	Г.Рятувальників 6 корп.1	38638	0,32	-9	0,40995	476,767
9	Г.Рятувальників 6 корп.2	38654	0,32	-9	0,41012	476,965
10	Г.Рятувальників 6 корп.3	38638	0,32	-9	0,40995	476,767
11	Г.Рятувальників 8 корп.1	39955	0,35	-9	0,46366	539,239
12	Г.Рятувальників 8 корп.2	35264	0,35	-9	0,40922	475,928
13	Г.Рятувальників 8 корп.3	39955	0,35	-9	0,46366	539,239
14	Г.Рятувальників 10 корп.1	35799	0,32	-9	0,37982	441,736

Продовження табл.2.2

1	2	3	4	5	6	7
15	Г.Рятувальників 10 корп.2	35799	0,35	-9	0,41543	483,149
16	Г.Рятувальників 10 корп.4	18811	0,35	-9	0,21829	253,876
17	Г.Рятувальників 10 корп.5	20994	0,43	-9	0,29931	348,101
18	Г.Рятувальників 12	21049	0,43	-9	0,30010	349,013
19	В.Френчка 9	16325	0,43	-9	0,23275	270,685
20	В.Френчка 7 корп.3	3825	0,32	-9	0,04058	47,198
21	В.Френчка 7 корп.4	16450	0,32	-9	0,17453	202,982
22	В.Френчка 3	21520	0,32	-9	0,22833	265,543
23	В.Френчка 5 корп.3	20476	0,32	-9	0,21725	252,660
24	В.Френчка 5 корп.1	28378	0,43	-9	0,40459	470,535
25	В.Френчка 5 корп.2	28378	0,32	-9	0,30109	350,166
26	В.Френчка 7 корп.2	29923	0,32	-9	0,31748	369,230
27	В.Френчка 7 корп.1	29920	0,32	-9	0,34721	403,805
Теплові навантаження комунально-побутових споживачів						
1	Кривбасліфт, Г.Рятувальників 10 корп.1	135	0,38	-9	0,00170	1,978
2	Перукарня, Г.Рятувальників 10 корп. 2	49,9	0,38	-9	0,00063	0,731
3	Магазин, Г.Рятувальників 10 корп.3	45,3	0,38	-9	0,00057	0,664
4	Магазин №141	80,1	0,38	-9	0,00101	1,174
5	Перукарня, В.Френчка 9	76,7	0,38	-9	0,00097	1,124
6	РОВД	440,7	0,38	-9	0,00555	6,458
7	Клуб «Юність»	203,2	0,45	-9	0,00256	2,977
8	Бібліотека, В.Френчка 7 корп.4	570	0,38	-9	0,00718	8,352
9	Аптека, В.Френчка 3	108,8	0,38	-9	0,00137	1,594
10	СШ №8	35239	0,38	-9	0,44399	516,356
11	Поліклініка ВТЕК	1012	0,38	-9	0,01275	14,829
12	Д/с-71	9635,7	0,38	-9	0,12140	141,192
13	Відділ зв'язку ВЗ-3	637,6	0,38	-9	0,00803	9,343
14	Котельня «Панфіловців»	3821,3	0,35	-9	0,04434	51,573
	Всього				8,66627	10078,871

2.3. Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання (ГВП)

Обчислення обсягів теплових навантажень на ГВП виконуємо детально для будівлі по вул. Г.Рятувальників 4 корп.5.

Обчислюємо середньогодинну витрату споживаної гарячої води для зимового періоду відповідно до:

$$G_{\text{з.в}}^{\text{cp}} = \frac{n \cdot g_{\text{cp}}}{(1000 \cdot T)} = \frac{270 \cdot 112}{(1000 \cdot 24)} = 1,26 \text{ м}^3/\text{год},$$

Значення середніх витрати тепла на ГВП:

$$Q_{\text{з.в}}^{\text{cp}} = G_{\text{з.в}}^{\text{cp}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot (t_{\text{з}} - t_{\text{х.з}}) \cdot 10^{-6} = 1,26 \cdot 998,23 \cdot (55 - 5) \cdot 10^{-6} = 0,06289 \text{ Гкал}.$$

Обчислюємо максимальні годинні витрати гарячої води та теплоти для будівель за виразами:

$$G_{\text{з.в}}^{\text{макс}} = \beta \cdot G_{\text{з.в}}^{\text{cp}} = 2 \cdot 1,26 = 2,52 \text{ т/год},$$

$$Q_{\text{з.в}}^{\text{макс}} = \beta \cdot Q_{\text{з.в}}^{\text{cp}} = 2 \cdot 0,06289 = 0,12578 \text{ Гкал/год},$$

Значення середньогодинної витрати споживаної гарячої води для літнього періоду відповідно до:

$$Q_{\text{з.в}}^{\text{л.ср}} = Q_{\text{з.в}}^{\text{cp}} \cdot \frac{t_{\text{з}} - t_{\text{х.л}}}{t_{\text{з}} - t_{\text{х.з}}} \cdot K_{\text{л}} = 0,06289 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,04025 \text{ Гкал/год}.$$

Отримані за наведеною методикою значення теплових навантажень на ГВП всіх підрозділів зведено у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Розрахунок теплових навантажень на ГВП

Назва цеху	Кількість споживачів, N шт	$G_{г.в}^{ср} \text{ м}^3/\text{год}$	$Q_{г.в}^{ср} \text{ Гкал}$	$G_{г.в}^{макс} \text{ т/год}$	$Q_{г.в}^{макс} \text{ Гкал/год}$	$Q_{г.в}^{л.ср} \text{ Гкал/год}$	$Q_{г.в}^{ср} \text{ кВт}$	$Q_{г.в}^{л.ср} \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теплові навантаження житлових будівель								
Г.Рятувальників 4 корп.5	270	1,260	0,06289	2,5200	0,12578	0,04025	146,279	46,809
Г.Рятувальників 4 корп.4	135	0,630	0,03144	1,2600	0,06289	0,02012	73,139	23,405
Г.Рятувальників 4 корп.1	540	2,520	0,12578	5,0400	0,25155	0,08050	292,557	93,618
Г.Рятувальників 4 корп.2	405	1,890	0,09433	3,7800	0,18867	0,06037	219,418	70,214
Г.Рятувальників 4 корп.3	270	1,260	0,06289	2,5200	0,12578	0,04025	146,279	46,809
Г.Рятувальників 6 корп.5	324	1,512	0,07547	3,0240	0,15093	0,04830	175,534	56,171
Г.Рятувальників 6 корп.4	324	1,512	0,07547	3,0240	0,15093	0,04830	175,534	56,171
Г.Рятувальників 6 корп.1	162	0,756	0,03773	1,5120	0,07547	0,02415	87,767	28,085
Г.Рятувальників 6 корп.2	675	3,150	0,15722	6,3000	0,31444	0,10062	365,697	117,023
Г.Рятувальників 6 корп.3	405	1,890	0,09433	3,7800	0,18867	0,06037	219,418	70,214
Г.Рятувальників 8 корп.1	162	0,756	0,03773	1,5120	0,07547	0,02415	87,767	28,085
Г.Рятувальників 8 корп.2	972	4,536	0,22640	9,0720	0,45280	0,14490	526,603	168,513
Г.Рятувальників 8 корп.3	324	1,512	0,07547	3,0240	0,15093	0,04830	175,534	56,171
Г.Рятувальників 10 корп.1	675	3,150	0,15722	6,3000	0,31444	0,10062	365,697	117,023
Г.Рятувальників 10 корп.2	675	3,150	0,15722	6,3000	0,31444	0,10062	365,697	117,023
Г.Рятувальників 10 корп.4	540	2,520	0,12578	5,0400	0,25155	0,08050	292,557	93,618
Г.Рятувальників 10 корп.5	600	2,800	0,13975	5,6000	0,27950	0,08944	325,064	104,020
Г.Рятувальників 12	600	2,800	0,13975	5,6000	0,27950	0,08944	325,064	104,020

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В.Френчка 9	495	0,840	0,04193	1,6800	0,08385	0,02683	268,177	31,206
В.Френчка 7 корп.3	180	1,050	0,05241	2,1000	0,10481	0,03354	97,519	39,008
В.Френчка 7 корп.4	225	1,890	0,09433	3,7800	0,18867	0,06037	121,899	70,214
В.Френчка 3	405	2,100	0,10481	4,2000	0,20963	0,06708	219,418	78,015
В.Френчка 5 корп.3	450	3,150	0,15722	6,3000	0,31444	0,10062	243,798	117,023
В.Френчка 5 корп.1	675	2,520	0,12578	5,0400	0,25155	0,08050	365,697	93,618
В.Френчка 5 корп.2	540	2,520	0,12578	5,0400	0,25155	0,08050	292,557	93,618
В.Френчка 7 корп.2	540	2,730	0,13626	5,4600	0,27252	0,08721	292,557	101,420
В.Френчка 7 корп.1	585	0,840	0,04193	1,6800	0,08385	0,02683	316,937	31,206
Теплові навантаження побутових споживачів								
Кривбасліфт, Г.Рятувальників 10 корп.1	92	0,429	0,02143	0,8587	0,04286	0,01371	49,843	15,950
Перукарня, Г.Рятувальників 10 корп. 2	9	0,042	0,00210	0,0840	0,00419	0,00134	4,876	1,560
Магазин, Г.Рятувальників 10 корп.3	8	0,037	0,00186	0,0747	0,00373	0,00119	4,334	1,387
Магазин №141	15	0,070	0,00349	0,1400	0,00699	0,00224	8,127	2,601
Перукарня, В.Френчка 9	8	0,037	0,00186	0,0747	0,00373	0,00119	4,334	1,387
РОВД	60	0,280	0,01398	0,5600	0,02795	0,00894	32,506	10,402
Клуб «Юність»	7	0,033	0,00163	0,0653	0,00326	0,00104	3,792	1,214
Бібліотека, В.Френчка 7 корп.4	25	0,117	0,00582	0,2333	0,01165	0,00373	13,544	4,334
Аптека, В.Френчка 3	6	0,028	0,00140	0,0560	0,00280	0,00089	3,251	1,040
СШ №8	1500	7,000	0,34938	14,0000	0,69876	0,22360	812,659	260,051
Поліклініка ВТЕК	35	0,163	0,00815	0,3267	0,01630	0,00522	18,962	6,068
Д/с-71	450	2,100	0,10481	4,2000	0,20963	0,06708	243,798	78,015

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відділ зв'язку	15	0,070	0,00349	0,1400	0,00699	0,00224	8,127	2,601
Котельня «Панфіловців»	8	0,028	0,00140	0,0560	0,00280	0,00089	3,251	1,040
Всього					6,70298	2,14495	7795,567	2494,582

У вигляді таблиці 2.4. подано загальне теплове навантаження.

Таблиця 2.4. Розрахункові значення теплового навантаження

№ з/п	Місцезнаходження будівлі	Q_o^p	Q_b^p	$Q_{ГВ}^{CP}$	Q_{Σ}
1	2	3	4	5	6
Теплові навантаження житлових будівель					
1	Г.Рятувальників 4 корп.5	319,094	220,911	146,279	686,284
2	Г.Рятувальників 4 корп.4	319,040	220,874	73,139	613,054
3	Г.Рятувальників 4 корп.1	698,174	483,351	292,557	1474,082
4	Г.Рятувальників 4 корп.2	318,221	220,307	219,418	757,945
5	Г.Рятувальників 4 корп.3	317,935	220,109	146,279	684,323
6	Г.Рятувальників 6 корп.5	333,228	230,696	175,534	739,459
7	Г.Рятувальників 6 корп.4	333,228	230,696	175,534	739,459
8	Г.Рятувальників 6 корп.1	688,664	476,767	87,767	1253,198
9	Г.Рятувальників 6 корп.2	688,949	476,965	365,697	1531,610
10	Г.Рятувальників 6 корп.3	688,664	476,767	219,418	1384,849
11	Г.Рятувальників 8 корп.1	778,900	539,239	87,767	1405,906
12	Г.Рятувальників 8 корп.2	687,452	475,928	526,603	1689,983
13	Г.Рятувальників 8 корп.3	778,900	539,239	175,534	1493,673
14	Г.Рятувальників 10 корп.1	638,063	441,736	365,697	1445,495
15	Г.Рятувальників 10 корп.2	697,881	483,149	365,697	1546,727
16	Г.Рятувальників 10 корп.4	366,710	253,876	292,557	913,143
1	Г.Рятувальників 10 корп.5	502,813	348,101	325,064	1175,978
17	Г.Рятувальників 12	504,130	349,013	325,064	1178,207
18	В.Френчка 9	390,989	270,685	268,177	929,851
19	В.Френчка 7 корп.3	68,175	47,198	97,519	212,892
20	В.Френчка 7 корп.4	293,196	202,982	121,899	618,077
21	В.Френчка 3	383,561	265,543	219,418	868,522
22	В.Френчка 5 корп.3	364,954	252,660	243,798	861,412
23	В.Френчка 5 корп.1	679,662	470,535	365,697	1515,894
24	В.Френчка 5 корп.2	505,795	350,166	292,557	1148,518
25	В.Френчка 7 корп.2	533,332	369,230	292,557	1195,119
26	В.Френчка 7 корп.1	583,274	403,805	316,937	1304,015
Теплові навантаження комунально-побутових споживачів					
27	Кривбасліфт, Г.Рятувальників 10 корп.1	2,857	1,978	49,843	54,679
28	Перукарня, Г.Рятувальників 10 корп. 2	1,056	0,731	4,876	6,663
29	Магазин, Г.Рятувальників 10 корп.3	0,959	0,664	4,334	5,957
30	Магазин №141	1,695	1,174	8,127	10,996

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6
31	Перукарня, В.Френчка 9	1,623	1,124	4,334	7,081
32	РОВД	9,328	6,458	32,506	48,292
33	Клуб «Юність»	4,301	2,977	3,792	11,071
34	Бібліотека, В.Френчка 7 корп.4	12,064	8,352	13,544	33,961
35	Аптека, В.Френчка 3	2,303	1,594	3,251	7,148
36	СШ №8	745,847	516,356	812,659	2074,862
37	Поліклініка ВТЕК	21,419	14,829	18,962	55,210
38	Д/с-71	203,943	141,192	243,798	588,933
39	Відділ зв'язку	13,495	9,343	8,127	30,964
40	Котельня «Панфіловців»	74,494	51,573	3,251	129,318
	Всього	14558,370	10078,871	7795,567	32432,808

2.4. Графіки теплових навантажень

Здійснено розрахунок годинних витрат, виходячи із значення температури зовнішнього повітря $t_3 = +8^\circ\text{C}$, тобто:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 14558,37 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 8921,67 \text{ Гкал/год}$$

Значення витрат у разі найнижчого значення температури зовнішнього повітря, що становитиме:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 100078,871 \cdot \left(\frac{18 + 25}{18 + 21} \right) = 6176,539 \text{ Гкал/год}$$

Отримання річного графіку навантаження за тривалістю вимагає визначення тривалості стояння зовнішніх температур з інтервалом 5°C та з врахуванням визначеної з [8] тривалості опалювального сезону $n_0 = 6836$ год. Розраховані показники споживання теплової енергії подано у вигляді табл. 2.5. Форма

річного графіку наведена на рисунку 2.1, а, відповідно, на рисунку 2.2 - графік помісячного споживання тепла.

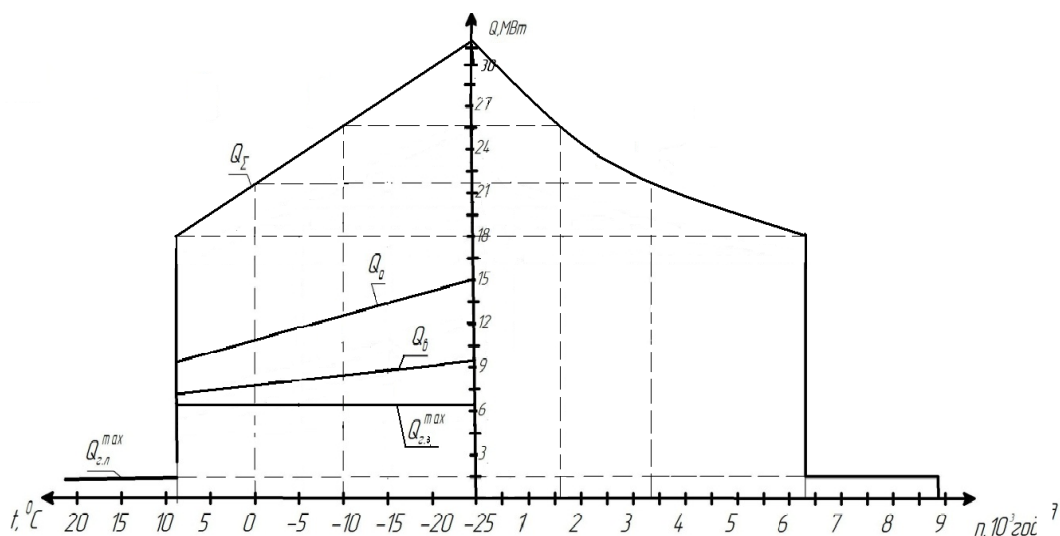


Рисунок 2.1. Графік річного споживання ТЕ за тривалістю

Таблиця 2.5. Значення середньогодинних витрат теплової енергії за місяцями

№	Місяць року	$t_p, ^\circ\text{C}$	$Q_0^P, \text{кВт}$	$Q_B^P, \text{кВт}$	$Q_{Г.З.}, \text{кВт}$	$Q_{\square}, \text{кВт}$
1	Січень	-5,9	8921,668	6176,539	7795,567	22893,774
2	Лютий	-5,2	8660,364	5995,636	7795,567	22451,567
3	Березень	-0,4	6868,564	4755,16	7795,567	19419,291
4	Квітень	7,5	3919,561	2713,542	7795,567	14428,67
5	Травень	14,7	0	0	1529,7	1529,7
6	Червень	17,8	0	0	1529,7	1529,7
7	Липень	23,2	0	0	1529,7	1529,7
8	Серпень	21,6	0	0	1529,7	1529,7
9	Вересень	13,9	0	0	1529,7	1529,7
10	Жовтень	7,5	3919,561	2713,542	7795,567	14428,67
11	Листопад	1,2	6271,298	4341,668	7795,567	18408,533
12	Грудень	-3,5	8025,768	5556,301	7795,567	21377,636

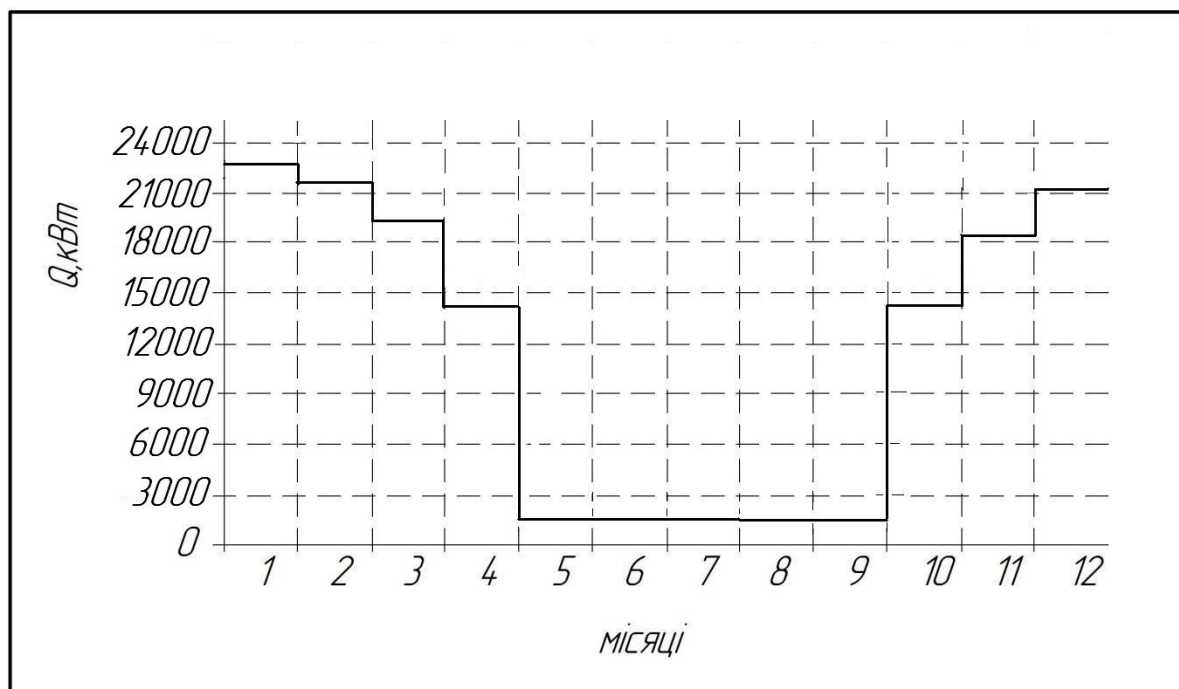


Рисунок 2.2. Графік споживання теплової енергії за місяцями впродовж року

3. ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Вибір джерела та системи теплопостачання

Для проєктування розглянемо водяну двотрубну закриту систему постачання теплової енергії, на рис. 3.1. зображена її принципова схема.

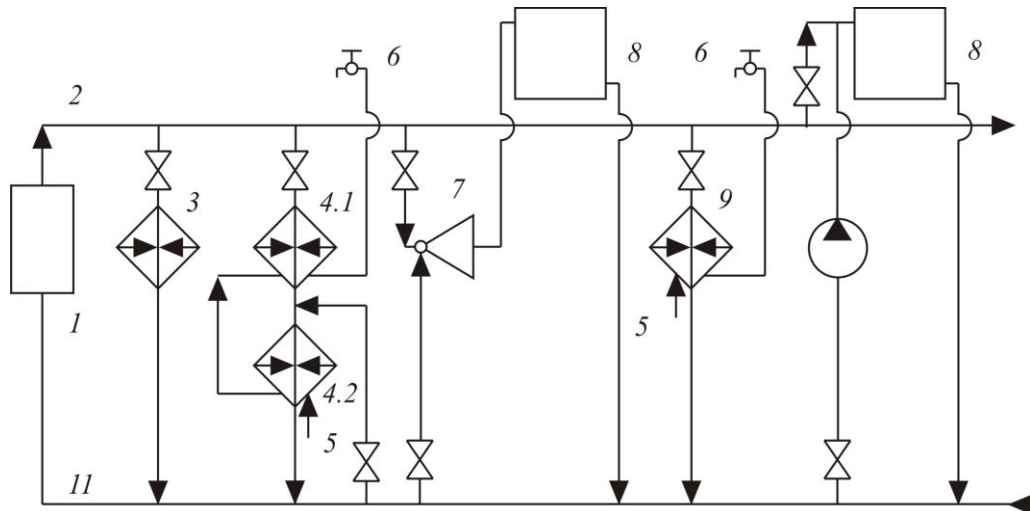


Рисунок 3.1. Схема водяної системи постачання теплової енергії

Відповідно, на рисунку 3.2 зображена схема групового теплового пункту, котрий і є джерелом теплопостачання об'єктів.

Принцип роботи полягає у тому, що тепла енергія підводиться до теплового пункту з використанням двотрубною теплової мережі. По трубопроводам I та II здійснюється подавання теплової енергії в опалювальну систему, а для реалізації ГВП слугують III та IV трубопроводи.

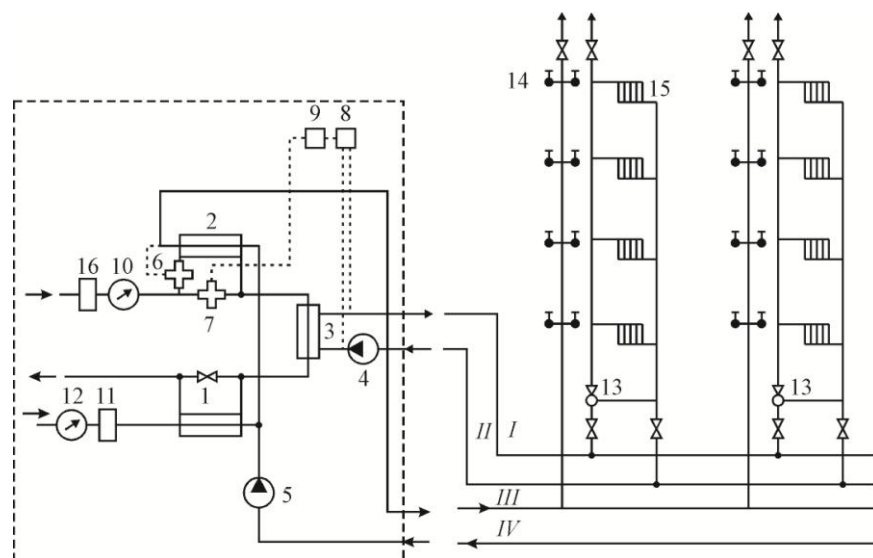


Рисунок 3.2. Схема теплового пункту (принципова)

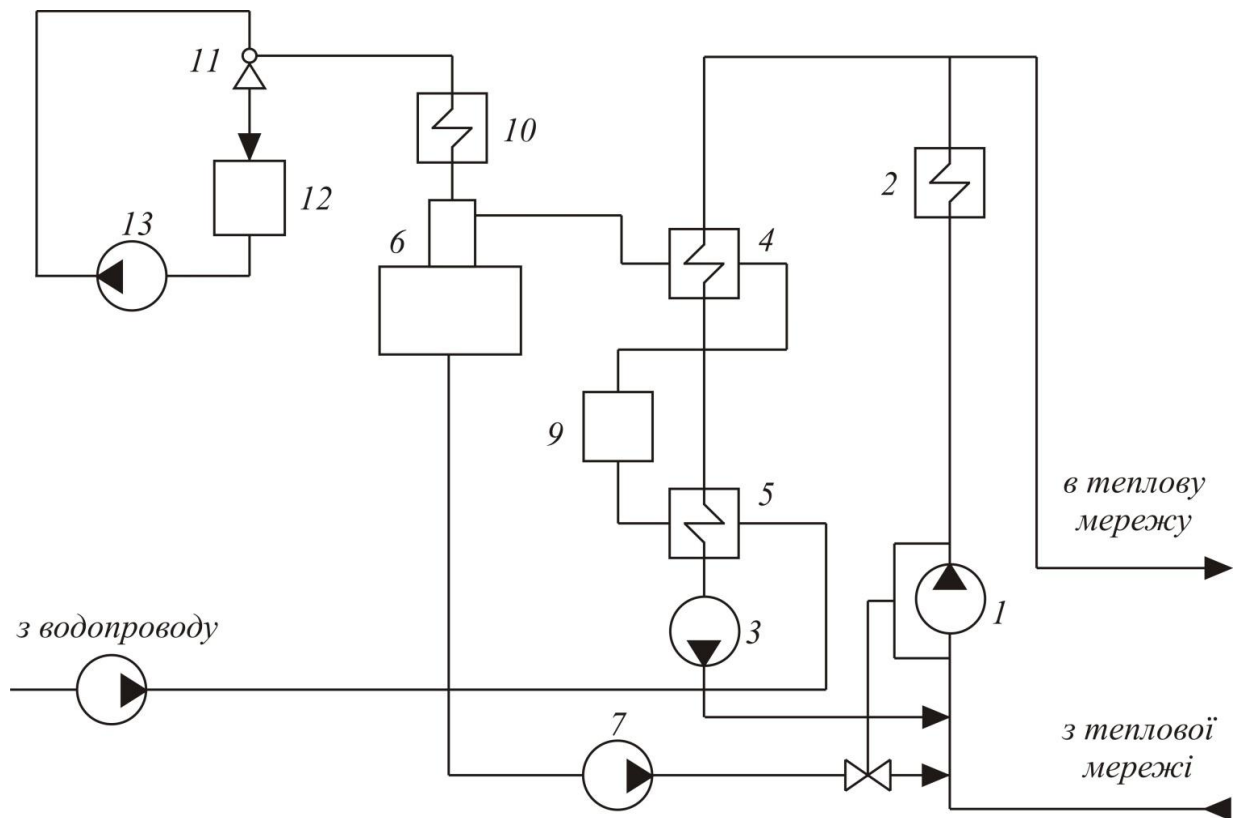


Рисунок 3.3. Принципова схема водогрійної котельні

Здійснимо підбір теплогенератора для системи тепlopостачання району «В.Френчка». Попередньо визначимо загальне теплове навантаження мікрорайону: $Q_{\Sigma} = 25,6$ МВт теплової енергії на тепlopостачання та на ГВП - $Q_{ГВ} = 7,8$ МВт.

Пропонуємо для встановлення три теплогенератори: 2 з котрих - основні типу ДЕВ-25-14ГМ-0 із номінальною потужністю 17,4 МВт та типу КВ-ГМ-10 із номінальною потужністю 11,63 МВт, а також додатково ще один, що виконуватиме функцію резервного типу ДЕВ-25-14ГМ-0 з номінальним значенням потужності 17,4 МВт. Задля постачання гарячої води пропонуємо котлоагрегат типу ТВГ-8М із встановленою потужністю 9,65 МВт.

У таблиці 3.1 подано основні характеристики запропонованих котлів.

Таблиця 3.1. Основні характеристики запропонованих котлів

Тип котлоагрегату	Значення теплової продуктивності, МВт	Тиск води на вході, МПа	Значення температури води, °С		Кількість циркулюючої води, т/год.
			На вході	На виході	
ДЕВ-25-14ГМ-0	17,400	1,30	70,00	150,00	125,00
КВ-ГМ-10	11,630	1,60	70,00	150,00	123,50
ТВГ-8М	9,650	1,40	70,00	95,00	104,00

За палива пропонуємо використовувати - природний газ.

3.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Основною вихідною інформацією для гідравлічного розрахунку є значення годинної витрати води та безпосередньо довжина труб. Результати гідравлічного розрахунку подано у таблиці 3.2.

Визначення параметрів теплової ізоляції виконано із використанням програми АО «ТЕПЛОПРОЕКТ», у таблиці 3.3 подано результуючі параметри.

Таблиця 3.3. Результуючі параметри теплової ізоляції

№	Діаметр трубопроводу, мм	Температура грунту, °С	Коефіцієнт теплопро. ґрунту, м	Розрахункова товщина ізоляції, м	Теплові втрати подаючого трубопроводу, Вт/м	Теплові втрати зворотнього трубопроводу, Вт/м
1	2	3	4	5	6	7
1	300,0	5,00	1,80	19,50	53,00	23,80
2	250,0	5,00	1,80	20,10	46,00	21,70
3	200,0	5,00	1,80	18,20	41,00	19,60
4	150,0	5,00	1,80	19,30	32,00	16,60
5	125,0	5,00	1,80	18,10	29,00	15,30

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
6	100,0	5,00	1,80	14,00	28,00	14,20
7	80,0	5,00	1,80	13,80	25,00	13,20
8	70,0	5,00	1,80	12,60	23,00	12,10
9	50,0	5,00	1,80	12,40	19,00	10,30

Таблиця 3.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі промислового об'єкта

№ ділянк и		Характерис- тика ділянки		Розрахункові дані ділянки										Втрати напору від джерела теплопостачання	Тиск в кінці ділянки
№ розрахункової	№ попередньої	Діаметр	Довжина	Витрати води	Швидкість води	Питомі втрати напору при K=0,5	Еквівалентна шорховатість	Поправковий коефіцієнт	Дійсне значення питомих втрат	Втрати напору на ділянці					
										Лінійні	Місцеві	Всього	Всього за двома трубопров.		
		D, мм	l, м	G, т/год	V, м/с	R, Па/м	E _ш , мм	K _{уд.в} тр	ΔR _{дій} , Па/м	Δp _{тр} , м	Δp _{міс} , м	Δp _Σ , м	Δp _Σ , м	Δp, м	P _{факт} , м.в.ст
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Теплова мережа															
1		300	10	270,78	1,065	4,2	2,0	1,5	6,300	0,063	0,013	0,076	0,15	0,15	13,85
2	1	300	240	165,43	0,650	1,5	2,0	1,5	2,250	0,540	0,108	0,648	1,30	1,45	12,55
3	2	300	38	152,49	0,600	1,48	2,0	1,5	2,220	0,084	0,017	0,101	0,20	1,64	12,36
4	3	300	67	100,97	0,397	0,57	2,0	1,5	0,855	0,057	0,011	0,069	0,14	1,78	12,22
5	4	300	93	75,55	0,297	0,33	2,0	1,5	0,495	0,046	0,009	0,055	0,11	1,89	12,11
6	5	300	55	58,42	0,230	0,19	2,0	1,5	0,285	0,016	0,003	0,019	0,04	1,92	12,08
7	6	150	57	58,42	0,919	8	2,0	1,56	12,480	0,711	0,142	0,854	1,71	3,62	10,38
8	7	200	93	43,45	0,384	0,9	2,0	1,53	1,377	0,128	0,026	0,154	0,31	3,93	10,07
9	8	150	60	32,76	0,515	2,6	2,0	1,56	4,056	0,243	0,049	0,292	0,58	4,51	9,49
10	9	200	43	16,45	0,146	0,13	2,0	1,53	0,199	0,009	0,002	0,010	0,02	4,53	9,47
11	10	150	60	10,71	0,168	0,28	2,0	1,56	0,437	0,026	0,005	0,031	0,06	4,57	9,43
12	11	150	12	4,38	0,069	0,069	2,0	1,56	7,020	0,084	0,017	0,101	0,20	4,78	9,22
13	12	100	32	4,38	0,155	0,38	2,0	1,6	0,608	0,019	0,004	0,023	0,047	4,83	9,17

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	11	80	15	6,33	0,350	4,48	2,0	1,63	7,302	0,110	0,022	0,131	0,263	4,83	9,17
15	10	80	10	5,74	0,415	4,57	2,0	1,65	7,541	0,075	0,015	0,090	0,181	4,71	9,29
16	9	80	26	4,84	0,268	1,45	2,0	1,63	2,364	0,061	0,012	0,074	0,147	4,65	9,35
17	16	80	26	3,64	0,201	0,7	2,0	1,63	1,141	0,030	0,006	0,036	0,071	4,72	9,28
18	17	80	26	3,18	0,176	0,59	2,0	1,63	0,962	0,025	0,005	0,030	0,060	4,77	9,23
19	17	70	16	2,39	0,173	0,85	2,0	1,65	1,403	0,022	0,004	0,027	0,054	4,77	9,23
20	9	80	26	4,84	0,268	1,44	2,0	1,63	2,347	0,061	0,012	0,073	0,146	4,65	9,35
21	8	80	26	5,07	0,280	1,6	2,0	1,63	2,608	0,068	0,014	0,081	0,163	4,09	9,91
22	21	80	50	3,19	0,176	0,63	2,0	1,63	1,027	0,051	0,010	0,062	0,123	4,21	9,79
23	8	80	26	2,61	0,144	0,42	2,0	1,63	0,685	0,018	0,004	0,021	0,043	3,97	10,03
24	7	80	16	14,92	0,825	13,5	2,0	1,63	22,005	0,352	0,070	0,422	0,845	4,46	9,54
25	24	80	13	8,12	0,449	4	2,0	1,63	6,520	0,085	0,017	0,102	0,203	4,65	9,35
26	24	80	62	6,72	0,372	2,8	2,0	1,63	4,564	0,119	0,024	0,142	0,285	4,74	9,26
27	26	80	30	0,1	0,005	0,005	2,0	1,63	0,0082	0,0002	0,00005	0,0003	0,0006	4,74	9,26
28	5	125	60	17,1	0,388	1,75	2,0	1,57	2,748	0,165	0,033	0,198	0,40	2,28	11,72
29	28	100	6	7,8	0,277	1,2	2,0	1,6	1,920	0,012	0,002	0,014	0,03	2,30	11,70
30	28	100	38	9,3	0,329	1,75	2,0	1,6	2,800	0,106	0,021	0,128	0,26	2,52	11,48
31	4	100	20	15,5	0,547	4,75	2,0	1,6	7,600	0,152	0,030	0,182	0,36	2,14	11,86
32	31	70	26	7,5	0,545	8,3	2,0	1,65	13,695	0,356	0,071	0,427	0,85	2,98	11,02
33	4	80	42	10,0	0,551	6,2	2,0	1,63	10,106	0,424	0,085	0,509	1,02	2,79	11,21
32	31	100	10	9,1	0,323	1,6	2,0	1,6	2,560	0,026	0,005	0,031	0,06	2,20	11,80
34	33	80	25	7,9	0,434	3,75	2,0	1,63	6,113	0,153	0,031	0,183	0,37	3,15	10,85
35	3	200	120	51,5	0,456	1,25	2,0	1,53	1,913	0,230	0,046	0,275	0,55	2,19	11,81
36	35	200	24	43,0	0,303	0,57	2,0	1,53	1,331	0,032	0,006	0,038	0,08	2,26	11,74
37	36	200	50	34,3	0,248	0,37	2,0	1,53	0,872	0,044	0,009	0,052	0,10	2,36	11,64
39	38	200	106	23,3	0,206	0,27	2,0	1,53	0,413	0,044	0,009	0,053	0,11	2,53	11,47

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40	39	150	60	23,3	0,366	1,3	2,0	1,56	2,028	0,122	0,024	0,146	0,29	2,82	11,18
41	37	70	66	6,3	0,454	5,7	2,0	1,65	9,405	0,621	0,124	0,745	1,49	3,85	10,15
42	36	70	40	8,7	0,630	10,9	2,0	1,65	17,985	0,719	0,144	0,863	1,73	3,99	10,01
43	42	70	26	8,7	0,630	10,9	2,0	1,65	17,985	0,468	0,094	0,561	1,12	5,12	8,88
44	43	70	26	6,4	0,459	5,8	2,0	1,65	9,570	0,249	0,050	0,299	0,60	5,72	8,28
45	2	100	12	13,0	0,461	3,5	2,0	1,6	5,600	0,067	0,013	0,081	0,16	1,60	12,40
46	45	80	52	13,0	0,721	10,4	2,0	1,63	16,952	0,882	0,176	1,058	2,12	3,71	10,29
47	46	80	30	4,9	0,269	14,8	2,0	1,63	24,124	0,724	0,145	0,868	1,74	5,44	8,56
48	46	70	40	0,6	0,043	0,05	2,0	1,65	0,083	0,003	0,001	0,004	0,01	3,72	10,28
49	1	100	80	10,77	0,381	2,6	2,0	1,6	4,160	0,333	0,067	0,399	0,80	0,94	13,06
50	1	250	12	94,48	0,535	1,3	2,0	1,5	1,950	0,023	0,005	0,028	0,056	0,2	13,8
51	50	200	80	84,88	0,751	3,5	2,0	1,53	5,355	0,428	0,086	0,514	1,028	1,23	12,77
52	51	200	30	53,92	0,477	1,4	2,0	1,53	2,142	0,064	0,013	0,077	0,154	1,38	12,62
53	52	200	20	41,31	0,365	0,8	2,0	1,53	1,224	0,024	0,005	0,029	0,059	1,44	12,56
54	53	200	100	82,83	0,733	3,2	2,0	1,53	4,896	0,490	0,098	0,588	1,175	2,61	11,39
55	54	150	280	14,88	0,234	0,54	2,0	1,56	0,842	0,236	0,047	0,283	0,566	3,17	10,83
56	55	100	31	7,49	0,265	1,2	2,0	1,6	1,920	0,060	0,012	0,071	0,143	3,32	10,68
57	55	100	34	7,39	0,262	1,1	2,0	1,6	1,760	0,060	0,012	0,072	0,144	3,31	10,69
58	54	100	34	7,21	0,255	1	2,0	1,6	1,600	0,054	0,011	0,065	0,131	2,73	11,27
59	53	100	25	4,63	0,164	0,4	2,0	1,6	0,640	0,016	0,003	0,019	0,038	1,48	12,52
60	53	100	120	7,85	0,278	1,2	2,0	1,6	1,920	0,230	0,046	0,276	0,553	1,99	12,01
61	52	100	13	4,56	0,161	0,4	2,0	1,6	0,640	0,008	0,002	0,010	0,020	1,58	12,42
62	52	125	15	8,05	0,182	0,4	2,0	1,57	0,628	0,009	0,002	0,011	0,023	1,4	12,6
63	51	200	93	30,96	0,274	0,45	2,0	1,53	0,689	0,064	0,013	0,077	0,154	1,37	12,63
64	63	150	23	2,70	0,042	0,02	2,0	1,56	0,031	0,001	0,000	0,001	0,002	1,37	12,63
65	63	200	38	28,26	0,250	0,4	2,0	1,53	0,612	0,023	0,005	0,028	0,056	1,42	12,58

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
66	65	100	78	5,28	0,187	0,6	2,0	1,6	0,960	0,075	0,015	0,090	0,180	1,59	12,41
67	65	200	40	22,98	0,203	0,2	2,0	1,53	0,306	0,012	0,002	0,015	0,029	1,45	12,55
68	67	200	70	13,13	0,116	0,08	2,0	1,53	0,122	0,009	0,002	0,010	0,021	1,45	12,55
69	68	100	10	6,19	0,219	0,75	2,0	1,6	1,200	0,012	0,002	0,014	0,029	1,48	12,52
70	68	100	10	6,94	0,246	1	2,0	1,6	1,600	0,016	0,003	0,019	0,038	1,49	12,51
71	67	150	52	9,85	0,155	0,25	2,0	1,56	0,390	0,020	0,004	0,024	0,049	1,5	12,5
73	50	200	62	9,44	0,084	0,043	2,0	1,53	0,066	0,004	0,001	0,005	0,010	0,21	13,79
74	73	200	46	9,44	0,084	0,043	2,0	1,53	0,066	0,003	0,001	0,004	0,007	0,22	13,78
75	74	200	62	9,44	0,084	0,043	2,0	1,53	0,066	0,004	0,001	0,005	0,010	0,23	13,77
76	75	150	94	4,78	0,075	0,055	2,0	1,56	0,086	0,008	0,002	0,010	0,019	0,25	13,75
77	76	150	56	3,75	0,059	0,034	2,0	1,56	0,053	0,003	0,001	0,004	0,007	0,26	13,74
78	77	100	22	3,75	0,133	0,3	2,0	1,6	0,480	0,011	0,002	0,013	0,025	0,28	13,72
79	76	50	41	1,03	0,146	0,82	2,0	1,72	1,410	0,058	0,012	0,069	0,139	0,14	13,86
81	50	50	10	0,16	0,023	0,21	2,0	1,72	0,361	0,004	0,001	0,004	0,009	0,21	13,79
80	75	70	40	4,66	0,337	3,2	2,0	1,72	5,504	0,220	0,044	0,264	0,528	0,73	13,27

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

Для прикладу розрахуємо радіус R_1 кола, площа котрого відповідає повному навантаженню житлової будівлі, що розташована по вул. Г.Рятувальників 4 корп.2 P_1 , кВт·А:

$$P_1 = \pi R_1^2 m = 399,5 \text{ кВт·А},$$

Обчислимо радіус кола силового навантаження, котрий набуде значення:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{399,5}{3,14 \cdot 0,5}} = 50,4 \text{ мм},$$

У той же час, значення радіусу кола освітлювального навантаження буде відповідати:

$$\alpha_1 = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360^\circ}{\pi \cdot R_1^2 \cdot m} = \frac{40,8 \cdot 360^\circ}{3,14 \cdot 50,4^2 \cdot 0,5} = 36,8^\circ.$$

Для визначення центру розташування ЦРП в мікрорайоні «В.Френчка» на першому етапі необхідно знайти місця розташування усіх ТП в даному мікрорайоні. І вже ґрунтуючись на їх географічному розташуванні, на другому етапі, визначати координати центру електричних навантажень мікрорайону загалом.

Відповідно, визначене місце розташування центру буде за координатами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 10,6 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 9,54 \text{ м}.$$

Результати розрахунків, подані у вигляді табл. 4.1, котрі отримані для інших будівель за аналогічним підходом.

Таблиця 4.1. Результати розрахунків для побудови картограми навантажень

№	Назва забудови	Координати		$r_{ц,i}$, мм	α_i	$P_{сил.}$ кВт	$P_{осв.}$ кВт
		X,мм	Y,мм				
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП-1		18,47	11,85				
1	Вул. Г.Рятувальників 4 корп.2	18,2	11,5	50,442	36,769	399,47	40,8
2	Вул. Г.Рятувальників 4 корп.3	18,9	12,4	40,441	38,696	256,77	27,6
ТП-2		18,31	10,7				
3	Вул. Г.Рятувальників 4 корп.1	18,31	10,7	62,425	33,069	611,82	56,2
ТП-3		9,5	16,19				
4	Вул. Г.Рятувальників 4 корп.5	9,5	15,7	46,887	28,37	345,15	27,2
5	Вул. Г.Рятувальників 4 корп.4	9,5	16,4	70,813	5,624	787,28	12,3
ТП-4		10,06	12,95				
6	Вул. Г.Рятувальників 6 корп.5	10	12,4	46,973	28,995	346,41	27,9
7	Вул. Г.Рятувальників 6 корп.4	10	13,2	47,107	25,316	348,39	24,5
8	Вул. Г.Рятувальників 6 корп.1	10,3	13,6	32,349	28,924	164,3	13,2
ТП-5		13,6	11,1				
9	Вул. Г.Рятувальників 6 корп.2	13,6	11,1	73,201	32,009	841,28	74,8
ТП-6		13,38	12,28				
10	Вул. Г.Рятувальників 6 корп.3	14,3	11,8	52,937	34,53	439,97	42,2
11	Вул. Г.Рятувальників 8 корп.3	12,2	12,9	46,887	25,554	345015	24,5
ТП-7		8,44	10,09				
12	Вул. Г.Рятувальників 8 корп.1	10,9	10,4	33,601	26,809	177,26	13,2
13	Вул. Г.Рятувальників 10 корп.4	7,7	10	61,477	47,687	593,37	78,6
ТП-8		19,8	17,3				
14	Вул. Г.Рятувальників 8 корп.4	19,8	17,3	84,91	31,391	1131,9	98,7

Продовження таблиці 4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
ТП-9		8	13				
15	Вул. Г.Рятувальників 8 корп.2	8	13	70,813	32,146	787,28	70,3
ТП-10		8,64	13,33				
15	Вул. Г.Рятувальників 10 корп.2	8,6	13,3	67,497	34,225	715,28	68
16	Магазин, вул. Г.Рятувальників 10 корп.3	9,3	13,8	15,962	27,0	40	3
ТП-11		5,46	10,73				
18	Вул. Г.Рятувальників 10 корп.4	8,2	7,6	65,521	48,071	674	90
19	Котельня «Панфіловців»	2,5	14,1	63,067	4,710	624,46	8,17
ТП-12		3,7	7,67				
20	Вул. Г.Рятувальників 12	3,7	10,7	61,820	54,0	600	90
21	Вул. В.Френчка 9	3,7	4,6	61,424	60,167	592,35	99

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

Вибір напруг і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання є ключовим аспектом у проектуванні електричних систем будівель та промислових об'єктів. Від правильного вибору залежить не лише ефективність та безпека функціонування електричної мережі, але й економічна доцільність її експлуатації.

Сучасні вимоги до електропостачання зумовлюють необхідність врахування багатьох факторів, таких як специфіка навантаження, відстань до джерел живлення, особливості роботи електрообладнання, нормативні вимоги, а також можливості інтеграції відновлюваних джерел енергії. Важливу роль відіграють також питання резервування електропостачання та забезпечення безперебійної роботи критичних систем.

Цей розділ присвячено детальному аналізу принципів і методів вибору оптимальних рівнів напруги для різних типів електричних мереж, а також розгляду найбільш ефективних електричних схем для забезпечення надійного і стабільного електропостачання. Особлива увага приділяється вимогам до якості електроенергії, методам захисту від перенапруг і коротких замикань, а також питанням енергозбереження.

5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення

У п.5.1 розглянемо та порівняємо за техніко-економічними показниками варіанти магістральної та радіальної схем електропостачання, кінцеві результати розрахунків параметрів та втрат в кабельних лініях магістральної та радіальної схем наведені у вигляді таблиць 5.1 - 5.4 нижче.

Таблиця 5.1. Розрахунок параметрів кабельних ліній магістральної схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ1,2	1706,6	2	49,324	197,3	44,8	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15
КЛ3,4	1185,8	2	34,272	137,1	31,2	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,12
КЛ5,6	1197,0	2	34,595	138,4	31,5	25	ААШВ(3 × 25)	90	0,19
КЛ7,8	1333,6	2	38,543	154,2	35,0	95	ААШВ(3 × 95)	205	0,09
КЛ9,10	1726,2	2	49,890	199,6	45,4	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15
КЛ11,12	1560,8	2	45,110	180,4	41,0	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,20
КЛ13,14	1324,8	2	38,289	153,2	34,8	120	ААШВ(3 × 120)	240	0,08
КЛ15,16	1677,6	2	48,486	193,9	44,1	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,17
КЛ17,18	1620,8	2	46,844	187,4	42,6	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,14
КЛ19,20	1542,4	2	44,578	178,3	40,5	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,14
КЛ21,22	1771,2	2	51,191	204,8	46,5	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,16
КЛ23,24	1326,6	2	38,341	153,4	34,9	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,17
КЛ25,26	1069,4	2	30,908	123,6	28,1	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,09
КЛ27,28	1034,2	2	29,890	119,6	27,2	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,11
КЛ29,30	1997,8	2	57,740	231,0	52,5	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,25
КЛ31,32	1318,8	2	38,116	152,5	34,7	95	ААШВ(3 × 95)	205	0,09
КЛ33,34	1701,0	2	49,162	196,6	44,7	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15

Таблиця 5.2. Обчислення втрат електричної енергії в кабельній мережі магістральної схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔP _л , кВт	ΔE _л , кВт·год	C _о , грн/кВт	C _{втр} , тис. грн
КЛ1,2	1706,6	2	49,324	0,15	0,211	0,132	452,0	4,009	1812,068
КЛ3,4	1185,8	2	34,272	0,12	0,078	0,030	104,1	4,009	417,3369
КЛ5,6	1197	2	34,595	0,19	0,12	0,044	151,8	4,009	608,5662
КЛ7,8	1333,6	2	38,543	0,09	0,192	0,054	186,0	4,009	745,674
КЛ9,10	1726,2	2	49,89	0,15	0,085	0,215	736,3	4,009	2951,827
КЛ11,12	1560,8	2	45,11	0,20	0,215	0,547	1873,4	4,009	7510,461
КЛ13,14	1324,8	2	38,289	0,08	0,547	0,056	191,8	4,009	768,9262
КЛ15,16	1677,6	2	48,486	0,17	0,056	0,044	149,5	4,009	599,3455
КЛ17,18	1620,8	2	46,844	0,14	0,277	0,156	535,2	4,009	2145,617
КЛ19,20	1542,4	2	44,578	0,14	0,13	0,066	227,5	4,009	912,0475
КЛ21,22	1771,2	2	51,191	0,16	0,529	0,356	1220,7	4,009	4893,786
КЛ23,24	1326,6	2	38,341	0,17	0,31	0,190	649,1	4,009	2602,242
КЛ25,26	1069,4	2	30,908	0,09	0,549	0,135	461,8	4,009	1851,356
КЛ27,28	1034,2	2	29,89	0,11	0,134	0,040	136,0	4,009	545,224
КЛ29,30	1997,8	2	57,74	0,25	0,101	0,140	479,6	4,009	1922,716
КЛ31,32	1318,8	2	38,116	0,09	0,322	0,089	305,0	4,009	1222,745
КЛ33,34	1701	2	49,162	0,15	0,161	0,100	342,6	4,009	1373,483
Всього							1630,2		32883,42

Таблиця 5.3. Розрахунок параметрів кабельних ліній радіальної схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ1,2	1706,60	2,00	49,324	98,65	44,84	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15
КЛ3,4	1185,80	2,00	34,272	68,54	31,16	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,12
КЛ5,6	1197,00	2,00	34,595	69,19	31,45	25	ААШВ(3 × 25)	90	0,19
КЛ7,8	1333,60	2,00	38,543	77,09	35,04	95	ААШВ(3 × 95)	205	0,09
КЛ9,10	1726,20	2,00	49,890	99,78	45,35	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15
КЛ11,12	1560,80	2,00	45,110	90,22	41,01	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,20
КЛ13,14	1324,80	2,00	38,289	76,58	34,81	120	ААШВ(3 × 120)	240	0,08
КЛ15,16	1677,60	2,00	48,486	96,97	44,08	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,17
КЛ17,18	1620,80	2,00	46,844	93,69	42,59	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,14
КЛ19,20	1542,40	2,00	44,578	89,16	40,53	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,14
КЛ21,22	1771,20	2,00	51,191	102,38	46,54	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,16
КЛ23,24	1326,60	2,00	38,341	76,68	34,86	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,17
КЛ25,26	1069,40	2,00	30,908	61,82	28,10	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,09
КЛ27,28	1034,20	2,00	29,890	59,78	27,17	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,11
КЛ29,30	1997,80	2,00	57,740	115,48	52,49	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,25
КЛ31,32	1318,80	2,00	38,116	76,23	34,65	95	ААШВ(3 × 95)	205	0,09
КЛ33,34	1701,00	2,00	49,162	98,32	44,69	70	ААШВ(3 × 70)	165	0,15

Таблиця 5.4. Обчислення втрат електричної енергії в кабельній мережі радіальної схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт·год	C _о , грн/кВт	C _{втр} , тис. грн
КЛ1,2	1706,6	2	49,324	0,15	0,211	0,132	452,0	4,009	1812,068
КЛ3,4	1185,8	2	34,272	0,12	0,078	0,030	104,1	4,009	417,3369
КЛ5,6	1197	2	34,595	0,19	0,12	0,044	151,8	4,009	608,5662
КЛ7,8	1333,6	2	38,543	0,09	0,192	0,054	186,0	4,009	745,674
КЛ9,10	1726,2	2	49,890	0,15	0,085	0,054	186,3	4,009	746,8767
КЛ11,12	1560,8	2	45,110	0,20	0,215	0,182	623,1	4,009	2498,008
КЛ13,14	1324,8	2	38,289	0,08	0,547	0,125	429,1	4,009	1720,262
КЛ15,16	1677,6	2	48,486	0,17	0,056	0,044	149,5	4,009	599,3455
КЛ17,18	1620,8	2	46,844	0,14	0,277	0,156	535,2	4,009	2145,617
КЛ19,20	1542,4	2	44,578	0,14	0,13	0,066	227,5	4,009	912,0475
КЛ21,22	1771,2	2	51,191	0,16	0,529	0,356	1220,7	4,009	4893,786
КЛ23,24	1326,6	2	38,341	0,17	0,31	0,190	649,1	4,009	2602,242
КЛ25,26	1069,4	2	30,908	0,09	0,549	0,135	461,8	4,009	1851,356
КЛ27,28	1034,2	2	29,890	0,11	0,134	0,040	136,0	4,009	545,224
КЛ29,30	1997,8	2	57,740	0,25	0,101	0,140	479,6	4,009	1922,716
КЛ31,32	1318,8	2	38,116	0,09	0,322	0,089	305,0	4,009	1222,745
КЛ33,34	1701	2	49,162	0,15	0,161	0,100	342,6	4,009	1373,483
Всього							5991,8463		26617,35

Таблиця 5.5. Обчислення капіталовкладень

тип схеми	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Вартість всього, тис. грн
магістральна	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються	шт	12	22,8	273,6
	Кабельна лінія типу				
	ААШв(3 × 35)	км	0,686	43	29,498
	ААШв(3 × 50)	км	0,268	42	11,256
	ААШв(3 × 70)	км	1,781	46	81,926
	ААШв(3 × 95)	км	0,192	48	9,216
	ААШв(3 × 120)	км	0,547	50	27,35
	Траншея	км	3,474	19,9	69,13
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				228,38
	Шафи КРУ з ТН, що додатково встановлюються на РП	шт	2	11,7	23,40
	Всього				1535,38
радіальна	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	шт	15	22,8	342
	Кабельна лінія типу				
	ААШв(3 × 35)	км	0,626	43	26,918
	ААШв(3 × 50)	км	0,268	42	11,256
	ААШв(3 × 70)	км	1,781	46	81,926
	ААШв(3 × 95)	км	0,192	48	9,216
	ААШв(3 × 120)	км	0,547	50	27,35
	ААШв(3 × 150)	км		51	0
	ААШв(3 × 185)	км		54	0
	ААШв(3 × 240)	км		58	0
	Траншея	км	3,414	19,9	67,94
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї		1		224,60
	Всього				1566,6

Таблиця 5.6. Визначення розміру поточних витрат

Тип схеми	Найменування об'єкту	К _i , тис грн	Р _a , %	С _a , %	Р _e , %	С _e , %	С _п , тис грн
магістральна	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються	273,6	15	41,04	5	13,68	54,72
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	228,38	5	11,42	5	11,42	22,84
	Шафи КРУ з трансформаторами напруги, що додатково встановлюються на РП	23,4	15	3,51	5	1,17	4,68
	Всього	535,38		55,97		26,27	182,24
радіальна	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	342	15	51,30	5	17,10	68,40
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	224,60	5	11,23	5	11,23	22,46
	Всього	566,6		62,53		28,33	254,86

Таблиця 5.7. Обчислення зведених витрат за варіантами схем

Показники	Тип схеми	
	магістральна	радіальна
Капіталовкладення	1501,98	1566,6
Поточні затрати	182,24	254,86
Вартість втрат електроенергії	328,83	266,17
Приведені витрати	691,31	709,02

Отже, базуючись на техніко-економічному порівнянні обираємо схему магістрального типу для електропостачання мікрорайону по вул. «В.Френчка» м. Кропивницький. Схема котрої наведена на рисунку 5.1.



Вибір напруги 10 кВ для внутрішнього електропостачання обумовлюється потребою у забезпеченні надійного та ефективного розподілу електроенергії для об'єктів. Використання цієї напруги дозволяє зменшити втрати енергії та знизити витрати на кабельні лінії завдяки меншому перерізу провідників. Схеми електропостачання 10 кВ часто включають використання трансформаторних підстанцій, що забезпечують пониження напруги до рівнів, необхідних для кінцевих споживачів. Такі системи вимагають надійного захисту від коротких замикань і перенапруг, що забезпечується сучасними автоматичними вимикачами та реле. Вибір конкретної схеми залежить від архітектури будівлі, розподілу навантажень та вимог до резервування й безперебійного живлення.

Внутрішні розподільчі мережі будівель мікрорайону виконано напругою 380/220 В.

6. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

6.1. Баланс реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Електродвигуни та трансформатори створюють індуктивне навантаження, спричиняючи циркуляцію струмів реактивної потужності в мережах. Це призводить до додаткових активних втрат. Конденсаторні батареї використовуються для компенсації такої потужності, яка оцінюється за величиною $\cos \varphi$.

У житловому мікрорайоні по вул. "В.Френчка" потреба встановлення компенсуючих пристроїв існує тільки для котельні, що є споживачем першої категорії.

Економічно обґрунтована реактивна потужність, яка передається котельні з енергосистеми обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{кп}} = P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_p - \operatorname{tg} \varphi_s) = 624,46 \cdot (0,7 - 0,15) = 343,45 \text{ квар},$$

де $\operatorname{tg} \varphi_s$ - задане значення кута для реактивної потужності; $\operatorname{tg} \varphi_p$ - розрахункове значення цього кута, що знаходиться за виразом:

$$\operatorname{tg} \varphi_p = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{437,1}{624,46} = 0,7.$$

У цій формулі P_p та Q_p - відповідно розрахункова активна та реактивна потужність котельні "Панфіловців".

Базуючись на визначеному $Q_{\text{кп}}$, обираємо до встановлення стандартну батарею сумарною потужністю 332 квар: 2 одиниці УКМ58-0,4-166-33 кВар ($2 \cdot 166 = 332$)

Таблиця 6.1. Визначення ЕН мікрорайону з встановлення КП

Найменування об'єкту	Одиниця вимірювання	Вихідні дані по об'єкту	Питоме навантаження	Встановлене навантаження, кВт	tgφ	Максимальне навантаження споживача		K _в	Розрахункове навантаження		
						Рм, кВт	Qм, кВар		Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-1											
вул.Г.Рятувальників 4, корп.2	кВт/квартиру	135	2,67	360,45	0,29	399,5	142,63	0,8	319,57	92,68	332,74
вул.Г.Рятувальників 4, корп.3	кВт/квартиру	90	2,56	230,4	0,29	256,8	92,48	0,8	205,42	59,57	213,88
Всього по КПС ТП									524,99	152,25	546,62
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									73,5	21,3	76,53
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-1									598,5	173,6	623,14
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			K _з =0,78		10,5	27,7	
Всього на шинах 10 кВ ТП-1									682,5	222,6	717,84
ТП-2											
вул.Г.Рятувальників 4, корп.1	кВт/квартиру	180	3,10	558	0,29	611,8	213,97	0,85	520,05	150,81	541,47
Всього по КПС ТП									520,05	150,81	541,47
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									72,8	21,1	75,81
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-2									592,9	171,9	617,28
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			K _з =0,78		10,4	27,5	
Всього на шинах 10 кВ ТП-2									676,0	220,6	711,12
ТП-3											
вул.Г.Рятувальників 4, корп.5	кВт/квартиру	108	2,98	321,84	0,29	345,2	116,71	0,8	276,12	80,07	287,5
вул.Г.Рятувальників 4, корп.4	кВт/квартиру	225	3,20	720	0,29	787,3	273,98	0,6	472,37	136,99	491,83

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього по КПС ТП									748,49	217,06	779,32
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									104,8	30,4	109,11
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-3									853,3	247,4	888,43
Втратив тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,7$		13,3	42,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-3									971,4	320,3	1022,8
ТП-4											
вул.Г.Рятувальників 6, корп.5	кВт/квартиру	108	2,96	319,68	0,29	346,4	118,65	0,7	242,49	70,32	252,48
вул.Г.Рятувальників 6, корп.4	кВт/квартиру	108	3,01	325,08	0,29	348,4	117,65	0,7	243,87	70,72	253,92
вул.Г.Рятувальників 6, корп.1	кВт/квартиру	54	2,81	151,74	0,29	164,3	56,37	0,6	98,58	28,59	102,64
Всього по КПС ТП									584,94	169,63	609,04
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									81,9	23,7	85,27
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-4									666,8	193,4	694,3
Втратив тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,79$		11,4	30,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-4									760,2	247,5	799,44
ТП-5											
вул.Г.Рятувальників 6, корп.2	кВт/квартиру	225	3,42	769,5	0,29	841,3	291,71	0,9	757,15	219,57	788,34
Всього по КПС ТП									757,15	219,57	788,34
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									106,0	30,7	110,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-5									863,1	250,3	898,71
Втратив тран-рах ТП-5	шт	2	400	800			$K_3=0,79$		13,5	42,8	

		Продовження таблиці 6.1.											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього на шинах 10 кВ ТП-8									954,9	315,0	1005,5
		ТП-9											
		вул.Г.Рятувальників 10, корп.1	кВт/квартиру	225	3,20	720	0,29	787,3	273,98	0,9	708,55	205,48	737,74
		Кривбасліфт, Г.Рятувальників 10 корп.1	кВт/ м²	92	0,036	97,5	0,48	3,312	2,99	0,4	1,325	0,636	1,470
		освітлення						1,29			1,08	0,52	
		Всього						4,602			2,315	1,716	2,752
		Всього по КПС ТП									710,86	207,19	740,44
		Втрати в ПЛ-0,4 кВ									99,5	29,0	103,66
		Всього на шинах 0,4 кВ ТП-9									810,4	236,2	844,10
		Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			K₃=0,7		12,8	40,8	
		Всього на шинах 10 кВ ТП-9									922,7	306,0	972,11
		ТП-10											
		вул.Г.Рятувальників 10, корп.2	кВт/квартиру	225	2,89	650,25	0,29	715,3	252,07	0,9	643,75	186,69	670,27
		Перукарня, Г.Рятувальників 10 корп.2	кВт/ місце	9	1,3	11,7	0,25	11,7	2,9	0,5	5,85	2,925	6,54
		освітлення						0,53			0,45	0,78	
		Всього						12,23			6,3	3,71	7,31
		Магазин, Г.Рятувальників 10 корп.3	кВт/ м²	200	0,2	40	0,7	40	28	0,6	24	16,8	29,30
		освітлення						3			2,4	1,16	
		Всього									26,4	17,96	31,93
		Всього по КПС ТП									676,45	208,35	707,81
		Втрати в ПЛ-0,4 кВ									94,7	29,2	99,09

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-10									771,2	237,5	806,9
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630				K ₃ =0,73		12,4	39,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-10									878,2	306,1	930,02
ТП-11											
<i>вул. Г.Рятувальників10, корп.5</i>	кВт/квартиру	200	2,92	584	0,29	674	236,9	0,8	539,2	156,37	561,42
<i>Котельня «Панфіловців»</i>	кВт/м ²	48,36	1,2	58,032	0,7	624,5	437,1	0,5	312,23	336,73	381,13
освітлення						8,17			7,84	3,79	
БК 0,4 кВ							-332			-335	
Всього							102,1		320,07	5,15	320,11
Всього по КПС ТП									1171,5	497,88	1272,9
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									164,0	69,7	178,21
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-11									1335,5	567,6	1138,6
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			K ₃ =0,86		16,4	53,5	
Всього на шинах 10 кВ ТП-11									1515,9	690,8	1665,9
ТП-12											
<i>вул.Г.Рятувальників 12</i>	кВт/квартиру	200	2,55	510	0,29	600	215,4	0,6	360	104,40	374,83
<i>вул.В.Френчка 9</i>	кВт/квартиру	165	2,99	493,35	0,29	592,4	214,32	0,6	355,41	103,07	370,05
<i>Перукарня, В.Френчка 9</i>	кВт/ місце	8	1,3	10,4	0,25	10,4	2,6	0,4	4,16	1,04	4,29
освітлення						0,48			0,4	0,69	
Всього						14,53			4,56	1,73	4,88
<i>Магазин №141</i>	кВт/ м ²	423	0,2	84,6	0,7	84,6	59,2	0,6	50,76	35,53	61,96
освітлення						6,77			6,09	0,00	6,09
Всього						91,37			56,85	35,53	67,04

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього по КПС ТП									776,82	244,73	814,46
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									108,8	34,3	114,02
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-12									885,6	279,73	814,46
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,74$		13,8	44,0	
Всього на шинах 10 кВ ТП-12									1008,2	357,3	1069,6
ТП-13											
<i>вул.В.Френчка 7, корп.3</i>	кВт/квартиру	60	2,82	169,2	0,29	205,2	76,07	0,8	164,16	47,61	170,92
<i>вул.В.Френчка 7, корп.4</i>	кВт/квартиру	75	2,78	208,5	0,29	235,5	80,72	07,	164,85	47,81	171,64
<i>вул.В.Френчка 5, корп.3</i>	кВт/квартиру	150	2,7	405	0,29	492,3	182,93	0,65	320	92,8	333,18
<i>РОВД</i>	кВт/м ²	1080	0,036	38,88	0,48	38,88	18,7	0,6	23,33	11,20	25,88
освітлення						19,4			19,83	9,6	
Всього						58,28			43,16	20,8	47,91
<i>Клуб «Юність»</i>	кВт/місце	7	0,4	2,8	0,43	2,8	1,2	0,4	1,12	0,48	1,22
освітлення						3,58			3,21	5,56	
Всього						6,38			4,33	6,04	7,43
<i>Бібліотека, В.Френчка 7, корп.4</i>	кВт/місце	25	0,4	10	0,2	10	2	0,2	5	1	5,10
освітлення						2,76			2,65	1,28	
Всього						12,76			7,65	2,28	7,98
<i>Д/с-71</i>	кВт/місце	450	0,4	180	0,2	180	36	0,65	117	23,4	119,32
освітлення						35,31			33,9	16,41	
Всього						215,3			150,9	39,81	156,06
<i>Поліклініка ВТЕК</i>	кВт/м ²	505	0,036	19,8	0,7	19,8	13,9	0,7	13,86	9,70	
освітлення						7,58			7,28	3,52	
Всього						27,38			21,14	13,22	

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього по КПС ТП									876,19	270,36	916,95
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									122,7	37,9	128,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-13									998,9	308,2	1045,3
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,8$		15,2	49,0	
Всього на шинах 10 кВ ТП-13									1136,7	395,1	1203,5
ТП-14											
<i>вул. В.Френчка 7, корп. 2</i>	кВт/квартиру	190	3,28	639,6	0,29	756,6	273,23	0,8	605,28	175,53	630,22
Всього по КПС ТП									453,6	175,53	486,38
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									63,5	24,6	68,09
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-14									517,1	200,1	554,47
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,7$		9,5	25,4	
Всього на шинах 10 кВ ТП-14									590,1	250,1	640,95
ТП-15											
<i>вул. В.Френчка 7, корп.2</i>	кВт/квартиру	180	3	540	0,29	648	237,6	0,7	453,6	131,54	472,29
<i>Відділ з'язку ОС-3</i>	кВт/місце	15	1,3	19,5	0,25	19,5	4,9	0,7	13,65	3,41	14,07
освітлення						1,9			1,82	0,88	2,02
Всього						21,4			15,47	4,29	16,05
Всього по КПС ТП									469,07	135,83	488,34
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									65,7	19,0	68,37
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-15									534,7	154,9	556,71
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,7$		9,6	25,5	

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-15									534,7	154,9	556,71
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800			$K_3=0,7$		9,6	25,5	
Всього на шинах 10 кВ ТП-15									610,0	199,4	641,72
ТП-16											
<i>вул. В.Френчка 5, корп.1</i>	кВт/квартиру	225	2,58	580,5	0,29	647,8	233,53	0,7	453,44	131,5	472,12
<i>вул. В.Френчка 5, корп.2</i>	кВт/квартиру	180	2,56	460,8	0,29	487,7	159,71	0,6	292,63	84,86	304,68
Всього по КПС ТП									746,07	216,36	776,81
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									104,4	30,3	108,75
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-16									850,5	246,7	885,56
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	630	1260			$K_3=0,7$		13,3	42,3	
Всього на шинах 10 кВ ТП-16									968,3	319,3	1019,6
ТП-17											
<i>вул. В.Френчка 5, корп.1</i>	кВт/квартиру	135	2,88	388,8	0,29	468,2	172,29	0,7	327,73	95,04	341,23
<i>Аптека, В.Френчка 3</i>	кВт/місце	6	1,3	3,9	0,7	39	2,7	0,4	1,56	1,09	1,90
освітлення						2,01			2,05	0,99	
Всього						5,91			3,61	2,08	4,17
<i>СШ №8</i>	кВт/учня	1500	0,22	330	0,38	330	125,4	0,6	198	75,24	211,81
освітлення						48,13			49,09	23,73	
Всього						378,1			247,09	98,97	266,17
Всього по КПС ТП									578,43	196,09	610,76
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									81,0	27,5	85,51
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-17									659,4	223,5	696,27

Σ	

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Втрати в транс-рах ТП	шт	2	630	1260			Kз=0,6		11,0	35,8	
Всього на шинах 10 кВ ТП-17									751,4	286,8	804,27
Всього по об'єкту 10 кВ									13694,4	5300,1	15969,02
КП 10 кВ										0,0	
Всього 10 кВ за КП									13694,4	5300,1	15969,02

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

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ)

Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного обладнання і високовольтних мереж є невід'ємними етапами проектування систем електропостачання. Високовольтні мережі забезпечують передачу електроенергії на великі відстані з мінімальними втратами, що робить їх критично важливими для стабільного функціонування енергосистеми.

Правильний розрахунок струмів коротких замикань дозволяє забезпечити адекватний захист електрообладнання, знизити ризик аварійних ситуацій та забезпечити безпеку персоналу. Цей розрахунок включає аналіз можливих сценаріїв коротких замикань, визначення максимальних струмів і вибір відповідних захисних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі, запобіжники та реле захисту.

Вибір високовольтного обладнання, такого як трансформатори, вимикачі, роз'єднувачі та кабельні лінії, повинен враховувати не лише результати розрахунків струмів коротких замикань, але й експлуатаційні характеристики, надійність, довговічність та вартість. Високовольтні мережі потребують ретельного планування і проектування для забезпечення безперебійного постачання електроенергії споживачам з урахуванням можливих змін навантаження та умов експлуатації.

Цей розділ детально розглядає методологію розрахунку струмів коротких замикань, принципи вибору високовольтного обладнання та підходи до проектування високовольтних мереж. Розуміння цих аспектів є ключовим для створення ефективних, надійних та безпечних систем електропостачання, що відповідають сучасним стандартам та вимогам енергетичної галузі.

На рисунках 7.1 та 7.2 наведені розрахункова та її заступна схема, відповідно до якої і було виконано розрахунки.

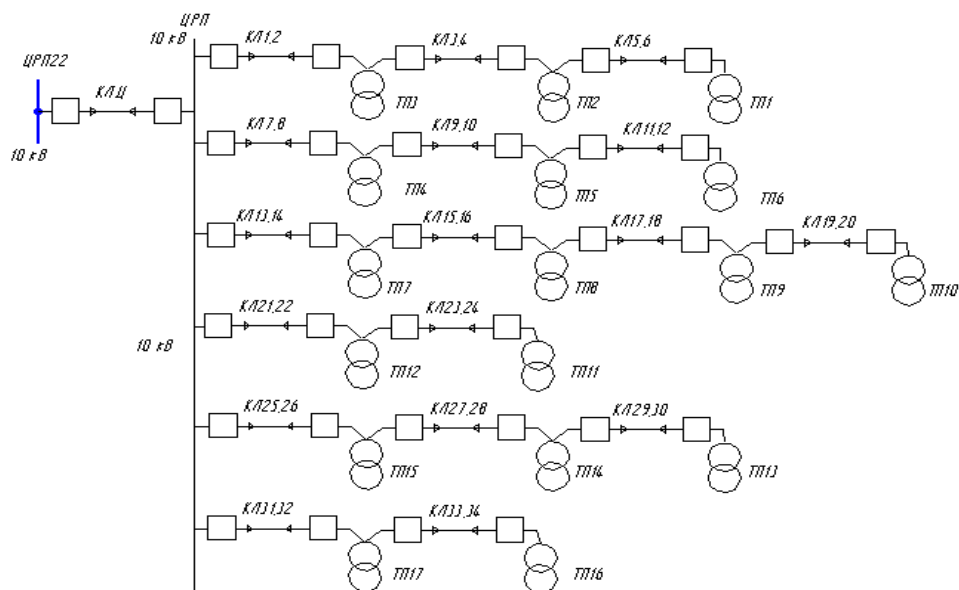


Рисунок 7.1. Розрахункова схема електропостачання мікрорайону по вул. «В.Френчка»

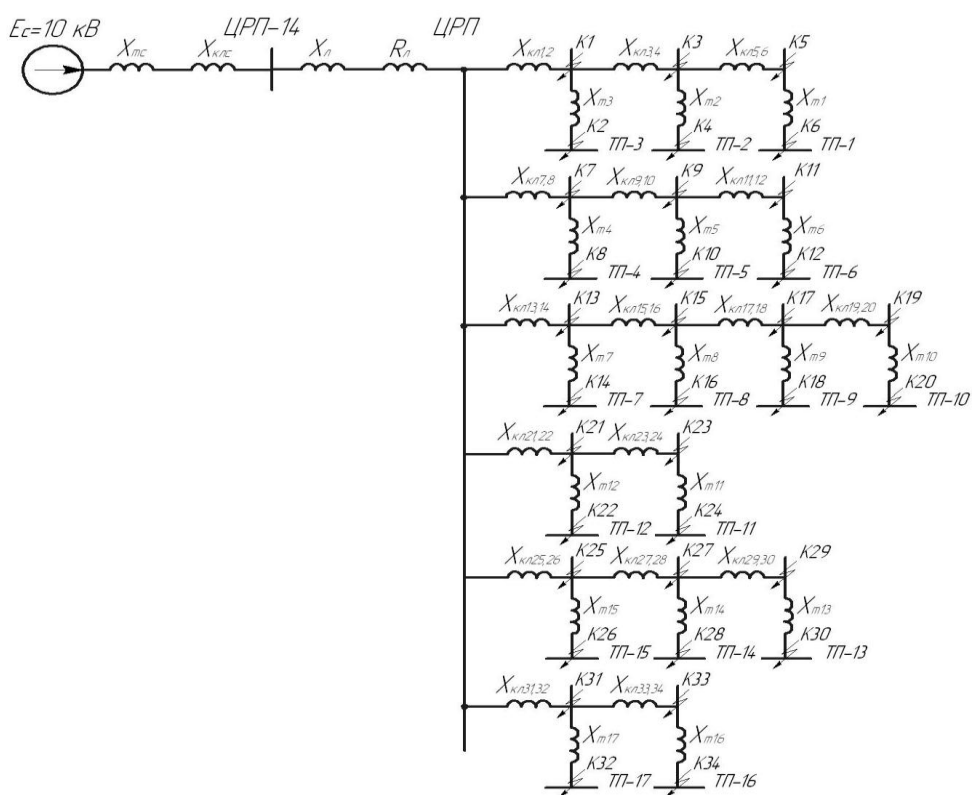


Рисунок 7.2. Заступна схема для мікрорайону по вул. «В.Френчка»

Електропостачання системи виконано від ЦРП-14. Відстань від ЦРП-14 до ЦРП мікрорайону «В.Френчка» складає 1,6 км. Приймаємо опір системи $X_{сис}=1,2$ Ом, базуючись на технічних параметрах системи.

Визначаємо опір лінії від ЦРП-14 до ЦРП мікрорайону, що становитиме:

$$X_{л} = 0,08 \cdot l = 0,08 \cdot 1,6 = 0,128 \text{ Ом.}$$

Визначаємо значення загального опору системи, що набуде значення:

$$Z = X_{л} + X_{с} = 0,128 + 1,2 = 1,328 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір для КЛ-1,2 $X_{кл1,2}$, що складе:

$$X_{кл1,2} = 0,08 \cdot l_{кл1,2} = 0,08 \cdot 0,211 = 0,017 \text{ Ом.}$$

У той же час значення загального опору становитиме:

$$Z_{кл1,2} = Z + X_{кл1,2} = 1,328 + 0,017 = 1,345 \text{ Ом.}$$

Обчислюємо струм короткого замикання та ударний струм в точці К1 на стороні 10 кВ, ці показники набудуть значень:

$$I_{к1} = \frac{U_{НОМ.6}}{\sqrt{3} \cdot Z_{кл1,2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,4} = 4,508 \text{ кА,}$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_{y0} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 4,508 = 11,474 \text{ кА,}$$

Крім того, визначаємо опір трансформатора ТП-3 $Z_{тр}$, що становитиме:

$$Z_{mp} = \frac{U_{\kappa} \%}{100} \cdot \frac{U_{cp}}{S_{ном}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{0,4} = 15,159 \text{ Ом},$$

У той же час загальний опір на стороні 0,4 кВ $Z_{сум}$ буде рівний:

$$Z_{сум} = Z_{mp} + Z_{кл1,2} = 15,159 + 1,345 = 16,504 \text{ Ом},$$

Зведене значення $Z_{сум}$ до низької сторонни становитиме:

$$Z_{сум}^{0,4} = Z_{сум} \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)^2 = 16,504 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,024 \text{ Ом},$$

Обчислюємо значення струму короткого замикання та ударного струму в точці К2 на стороні 0,4 кВ:

$$I_{\kappa 2} = \frac{U_{ном.н}}{\sqrt{3} \cdot Z_{сум}^{0,4}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,024} = 9,642 \text{ кА},$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{\kappa 2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 9,642 = 24,544 \text{ кА}.$$

Всі розрахунки, виконані для т.К3-К33 виконано аналогічно та подано у вигляді таблиці 7.1, котра наведена нижче.

Таблиця 7.1. Розрахунок струмів КЗ на стороні 10 кВ та 0,4кВ.

№	$I_{\kappa 3}^{10}, \text{кА}$	$i_{y\partial}^{10}, \text{кА}$	№	$I_{\kappa 3}^{0,4}, \text{кА}$	$i_{y\partial}^{0,4}, \text{кА}$
1	2	3	4	5	6
К1	4,508	11,474	К2	9,642	24,544
К3	4,544	11,566	К4	11,584	29,488
К5	4,532	11,537	К6	11,581	29,481
К7	4,513	11,487	К8	11,576	29,468
К9	4,542	11,561	К10	9,648	24,559
К11	4,507	11,472	К12	9,642	24,544
К13	4,419	11,25	К14	11,552	29,407
К15	4,55	11,581	К16	11,585	29,492
К17	4,49	11,43	К18	9,639	24,536
К19	4,529	11,53	К20	9,646	24,554

Продовження таблиці 7.1.

1	2	3	4	5	6
K21	4,424	11,261	K22	9,627	24,506
K23	4,481	11,407	K24	9,637	24,532
K25	4,419	11,248	K26	11,552	29,407
K27	4,528	11,527	K28	11,58	29,478
K29	4,537	11,55	K30	9,647	24,557
K31	4,478	11,399	K32	9,637	24,531
K33	4,521	11,509	K34	9,644	24,55

8. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

У контексті глобальних викликів, пов'язаних з екологією та економією ресурсів, забезпечення енергетичної ефективності набуває особливого значення. Цей розділ розглядає не тільки технічні аспекти модернізації будівель і систем, але й підходи до оптимізації управління енергетичними потоками. Важливим елементом є аналіз економічної доцільності впровадження таких заходів та їх вплив на комфорт мешканців. Особлива увага приділяється нормативним вимогам і стандартам, які регулюють процеси підвищення енергоефективності в житлових будівлях.

Розглянемо енергетичну ефективність житлової будівлі на прикладі будівлі гуртожитку.

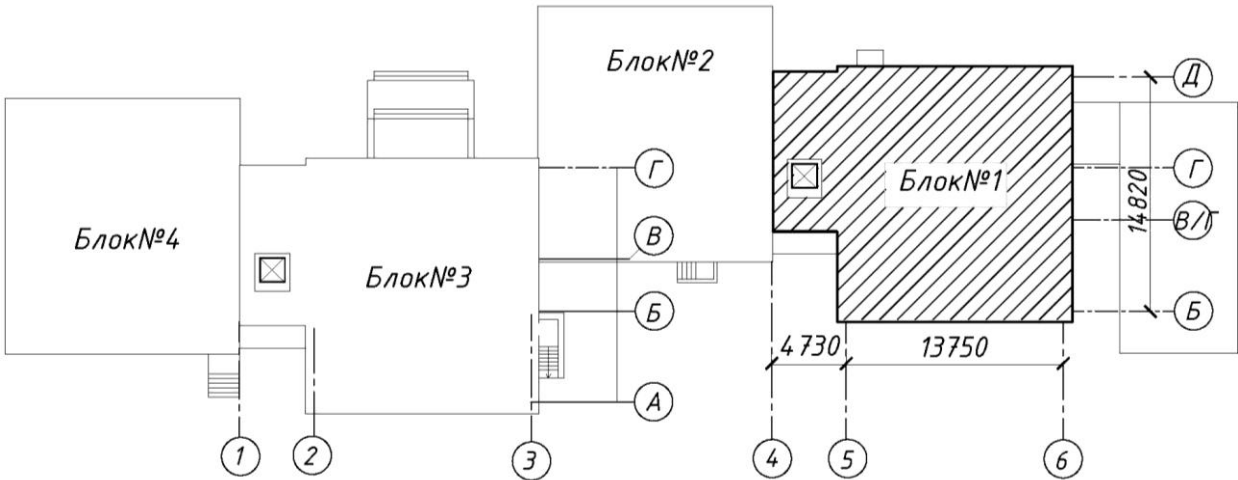


Рисунок 8.1 План розташування блоків будівлі гуртожитку

Об'єкт знаходиться у І температурній зоні з розрахунковою зимовою температурою мінус 22°С (ДБН В.2.6-31:2021, табл. Б.4).

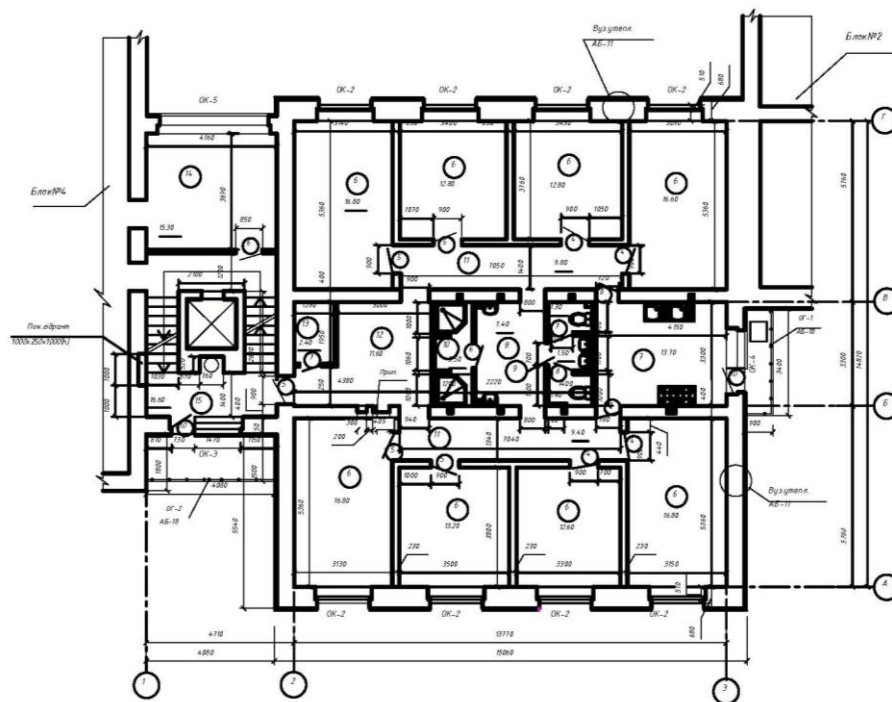


Рисунок 8.2. План 1-го поверху будівлі гуртожитку

Таблиця 8.1. Середньомісячна температура та відносна вологість зовнішнього повітря згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27

Середньомісячна температура зовнішнього повітря, °C											
Середньомісячна відносна вологість зовнішнього повітря, %											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-4,90	-3,90	0,80	9,10	15,20	18,60	20,40	19,70	14,70	8,20	2,10	-2,60
86,0	84,0	79,0	67,0	62,0	65,0	66,0	64,0	68,0	76,0	86,0	88,0

8.1. Визначення термічних опорів огорожувальних конструкцій

Нормативне значення термічного опору теплопередачі для I кліматичної зони (згідно ДБН В.2.6-31:2021) становить 4,0 (м·°C/Вт).

Таблиця 8.2. Склад стінового огороження для стін товщиною 0,705 м

№ зп	Найменування будів. матер.	Товщина, δ, м	Теплопровідність, λ, Вт/(м·K)	$\sum \delta_i / \lambda_i$	Густина ρ ₀ , кг/м ³
1	2	3	4	5	6
1	Цем.-піщ. розчин	0,030	0,930	0,0323	1800
2	Кладка цегл. з повнотілої сил. цегли на цем.-піщ. розч.	0,520	0,870	0,5977	1800

Продовження таблиці 8.2.

1	2	3	4	5	6
3	Вироби тепл. з мін. вати з густиною 145 кг/ куб. м	0,150	0,0490	3,0612	145
4	Силікатна штукатурка	0,0050	0,870	0,0057	1800
	Загалом	0,7050		3,6969	

Розраховуємо дійсне значення опору теплопередачі для зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma 1} = 1/\alpha_B + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_3 = 1/8,7 + 3,6969 + 1/23 = 3,855 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Таблиця 8.3. Розрахунок лінійних теплопровідних включень стіни товщиною 0,705 м

№ з/п	Тип лін.включення	Довжина вкл., L, м	К-ть вкл., N, шт.	Лін.коєфіц. теплопер., ψ_m , Вт/(м·К)	$l_m \psi_m$
1	Віконний відкос утеплений з опорядж.шт-кою в зоні перемички	174	1	0,081	14,1
2	Віконний відкос утеплений з опорядж.штукатуркою в зоні ряд.примикання	312,2	1	0,068	21,2
3	Віконний відкос утеплений з опорядж.штукатуркою в зоні підвіконня	174	1	0,059	10,3
	Σ	660			45,6

Таблиця 8.4. Розрахунок точкових теплопровідних включень стіни товщиною 0,705 м

№ з/п	Тип точкового включення	Кількість включень, N , шт.	Точковий коеф. теплопер., χ_j , Вт/К	$N_j \chi_j$
1	Дюбелі для кріплення мінеральних плит	6349,20	0,0050	31,746
	Σ			31,74

Зведений опір теплопередачі термічно неоднорідної зовнішньої стіни становитиме:

$$R_{\Sigma PR1} = 696,2 / (696,2 / 3,855 + 45,6 + 31,74) = 2,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Нормативне значення термічного опору теплопередачі перекриття горища для I кліматичної зони (згідно ДБН В.2.6-31:2021) становить 6,0 (м²·°С/Вт).

Таблиця 8.5. Визначення складу перекриття неопалювального горища

№ з/п	Назва і-го шару буд.конструкції	Товщ., δ , м	Теплопровідність, λ , Вт/(м·К)	$\Sigma \delta_i / \lambda_i$	Густина ρ_0 , кг/м ³
1	З/б плита з пов. прошарками	0,22	1,24	0,1774	2500
2	Гравій керам. 400 кг/куб. м	0,15	0,14	1,0714	400
3	Цем.-піщ. розчин	0,05	0,93	0,0538	1800
4	Пароізол. плівка	0,005	0,3	0,0167	1600
5	Вироби теплоізол. з мін. вати з густиною 145 кг/куб. м	0,2	0,049	4,0816	145
6	Мембрана, ПВХ	0,0005	0,23	0,0022	1000
7	Цем.-піщ. розчин	0,04	0,93	0,043	1800
	Разом	0,666		5,4461	

Визначаємо дійсне значення опору теплопередачі перекриття:

$$R_{\Sigma 1} = 1/h_{SI} + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/h_{SE} = \\ = 1/10 + 5,4461 + 1/6 = 5,713 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Нормативне значення термічного опору теплопередачі для І кліматичної зони (згідно ДБН В.2.6-31:2021) становить 0,90 (м²·°С/Вт).

Таблиця 8.6. Світлопрозорі конструкції

№ зп	Тип світлопрозорої огорож. кон-ції	Площа 1-го вікна, A_i , м ²	К-сть вікон, N , шт.	Площа вікон, A_{gli} , м ²	Термічний опір, $R_{сп}$, (м ² ·К)/Вт	$A_{gli}/R_{сп}$
1	Двокамерне ПВХ вікно 4М1-16Ar+4М1+14Ar+4i	290,1*	1	290,1	0,90	322,3
				290,1		322,3

*- зведене значення

Приведений опір теплопередачі вікон:

$$R_{пр\sum gl} = \frac{A_{\sum gl}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_{gli}}{R_{gli}}} = 0,900 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

8.2. Визначення показників енергетичної ефективності будівлі

Значення первинної енергії набуде значення:

$$E_p = \Sigma(E_{del,i} \cdot f_{p,del,i}) = 2375482,8 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік},$$

де $E_{del,i}$ – значення поставленої енергії, кВт·год;

$f_{p,del,i}$ – значення фактору первинної енергії для i -го поставленого енергетичного носія.

Значення питомого показника споживання первинної енергії становитиме:

$$e_p = E_p/A_f = 2375482,8/7930 = 299,56 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2.$$

Значення маси викидів парникових газів набуде значення:

$$m_{CO_2} = \Sigma(E_{del,i} \cdot K_{del,i})/1000 = 444540,86 \text{ кг/рік}.$$

Значення питомого показника викидів парникових газів становитиме:

$$e_{CO_2} = m_{CO_2}/A_f = 444540,86/7930 = 56,1 \text{ кг/м}^2.$$

Значення розрахункової питомої річної енергопотреби набуде значення:

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use} = 105,41 + 0,81 = 106,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Значення нормативного максимального питомого енергоспоживання будівлі гуртожитку:

$$EP_p = 85 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$$

Відповідно до Наказу Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 261 «Про затвердження змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель» клас енергетичної ефективності будівель встановлюється залежно від показника, Δ_{EP} , %:

$$\Delta_{EP} = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \times 100\% = [(106,2 - 85) / 85] \times 100\% = 25 \text{ \%}.$$

Відповідно до табл.1 Наказу № 261 будівля належить до класу енергетичної ефективності "E".

8.4. Оптимізації режимів роботи існуючих ІТП із погодним регулюванням

Житлово-комунальний фонд України характеризується низькою енергоефективністю будівель різних типів. Це призводить до значних витрат на теплопостачання для створення комфортних умов життєдіяльності людей та функціонування обладнання. Відсутність можливості швидкого регулювання подачі тепла в централізованих опалювальних системах, разом з їхньою високою інерційністю, спричиняє нерівномірний розподіл температури: надмірне нагрівання одних зон при недостатньому обігріві інших (як показано на рисунку 8.3).

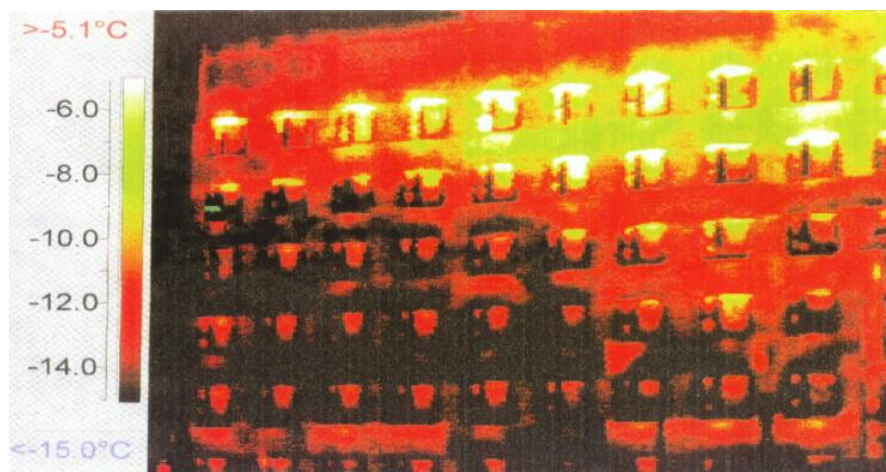
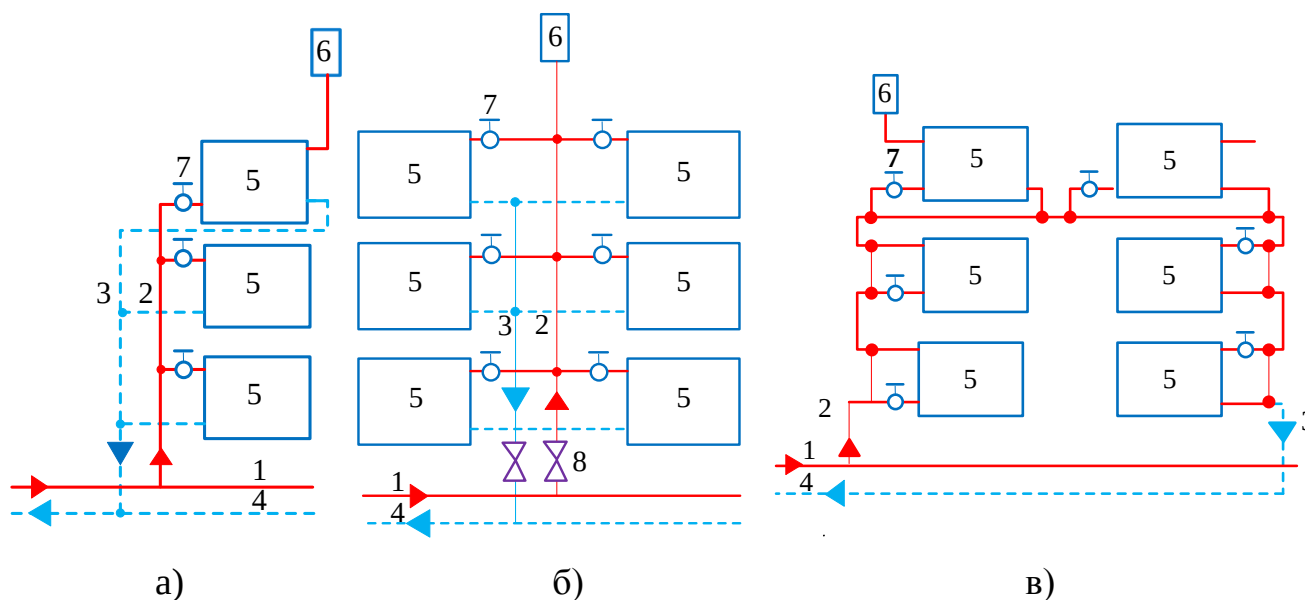
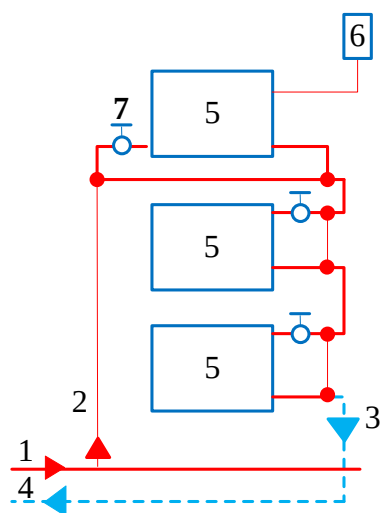


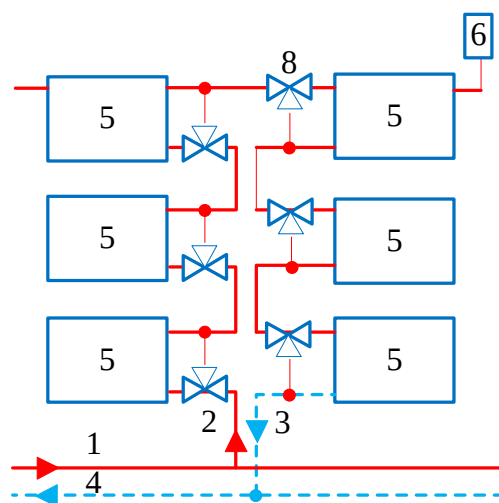
Рисунок 8.3. Характерний температурний розподіл по зовнішньому фасаду житлових будівель з низьким рівнем енергетичної ефективності

Це обумовлено особливостями конструкції внутрішніх опалювальних мереж. Серед поширених схем переважає верхня подача теплоносія (див. рис. 8.4, д). Проблему додатково посилює недостатній перепад тиску в системі та відсутність визначених механізмів регулювання тепловіддачі, що перешкоджає рівномірному прогріванню приміщень.





г)



д)

Рисунок 8.4. Приклади побудови внутрішніх систем ЦО

Для житлової будівлі досліджувався вплив значень температури й вологості на тепло споживання, і в той же час, можливості їх компенсації за рахунок урахування його інерції у випадку варіювання температури зовнішнього середовища з -19°C до $+2^{\circ}\text{C}$ впродовж доби для випадку підвищення вологості повітря від 73 до 98%, що може бути обумовлене, наприклад, додатковими опадами.

За контрольні параметри теплоспоживання обрано наступні параметри: значення теплової енергії, об'єм теплоносія, споживаний за одиницю часу та його температура (рис. 8.5). Значення параметрів внутрішнього середовища визначались за трендами зміни значення його температури.

Date ▼	Energy [Wh]	Volume [m³]	Power [W]	Volume Flow [m³/h]	Flow temperature [°C]	Return temperature [°C]	Operating time	Operating time	Status
2022-01-20 15:02	4594233000	163977.03	227570	7	72.35	44.84	188646158	187647518	0
2022-01-20 14:02	4594002000	163969.66	234342	7	72.64	44.75	188642548	187643908	0
2022-01-20 13:02	4593769000	163962.28	230691	7	72.71	45.12	188638958	187640318	0
2022-01-20 12:02	4593570000	163955.63	175694	7	73.49	49.70	188635358	187636718	0
2022-01-20 11:02	4593231000	163944.12	64395	2	73.00	45.55	188631758	187633118	0
2022-01-20 10:02	4592997000	163936.55	257677	8	73.73	46.89	188628168	187629528	0
2022-01-20 09:01	4592733000	163927.79	273719	9	73.48	47.56	188624548	187625908	0
2022-01-20 08:02	4592468000	163918.59	269936	10	72.96	48.55	188620958	187622318	0
2022-01-20 07:02	4592180000	163908.31	264391	8	76.32	48.47	188617358	187618718	0
2022-01-20 06:02	4591929000	163900.39	232659	8	77.45	51.94	188613748	187615108	0
2022-01-20 05:02	4591573000	163888.51	313082	10	76.95	49.05	188610158	187611518	0
2022-01-20 04:02	4591280000	163879.13	293848	10	76.27	49.29	188606558	187607918	0

Рисунок 8.5. Вихідні дані щодо витрати теплоносія на об'єкті



а)



б)

Рисунок 8.6. Графіки варіювання температури на контрольному об'єкті (а – добовий, б – тижневий)

Для оцінювання окремого впливу швидкості та напрямку вітру, а також змін вологості, було створено спеціальні вибірки даних. Це дозволило мінімізувати взаємодію цих факторів. У цьому контексті "Контур 1" позначає температуру в подавальному трубопроводі ІТП, а "Контур 2" - у зворотному.

Для порівняння використовувалась контрольна вибірка, сформована на основі архівних записів контролера та теплового лічильника за схожих погодних умов.

Вплив вітру, вологості та їх комбінованої дії на тепловий режим житлового будинку відображено на рисунку 8.7. Ці дані використовуються для аналізу теплової інерції споруди.

Завдяки налаштуванню погодозалежного регулятора через коригування коефіцієнтів теплового графіка вдалося значно оптимізувати енергоспоживання. У контрольних випадках це призвело до зменшення витрат тепла в перехідних режимах у 1,49–1,72 рази порівняно з початковим алгоритмом. При цьому було забезпечено комфортну температуру в житлових приміщеннях (детальніше див. рис. 8.8).

Таблиця 8.7. Кореляційний вплив напрямку та швидкості вітру на теплові втрати

Дата, час	$T_{nc},$ °C	Напрямок та швидкість вітру	Вологість, %	Контур 1, $T_{in},$ °C	Контур 2, $T_{out},$ °C	$\Delta T,$ °C
12.2022, 1:00	-2,0	ПнЗх., 1 м/с	96,00	53,20	46,10	7,10
12.2022, 14:00	-2,0	ПнЗх., 14 м/с	98,00	52,0	44,40	7,60
01.2023, 18:00	0,0	Зх., 1 м/с	80,00	53,60	46,30	7,30
12.2022, 3:00	0,90	Зх., 10 м/с	84,00	50,10	42,30	7,80
12.2022, 9:00	-1,0	ПнЗх., 1 м/с	83,00	55,00	47,70	7,30
01.2023, 19:00	-2,0	ПнЗх., 6 м/с	85,00	54,10	46,40	7,70
02.2023, 6:00	-4,0	Пн, 1 м/с	59,00	55,60	46,60	9,0
02.2022, 13:00	-4,0	Пн, 6 м/с	56,00	49,80	43,30	6,50

Як наслідок, спостерігаються підвищені витрати теплоносія для підтримки комфортних умов у житлових приміщеннях.

Застосування імпульсного керування з алгоритмом "день/ніч" продемонструвало здатність швидко підвищувати температуру в комунальних спорудах після тривалої роботи в економному режимі зі зниженою подачею тепла. Короткочасне збільшення теплоспоживання на 20–35% протягом доби компенсується нижчою температурою теплоносія вночі. Цей метод ефективний і при вимушених зупинках через перебої електропостачання. Особливо актуальним він стає в умовах запланованих блекаутів опалювального сезону, підтвердження ефективності методу наведено на рисунку 2.9.

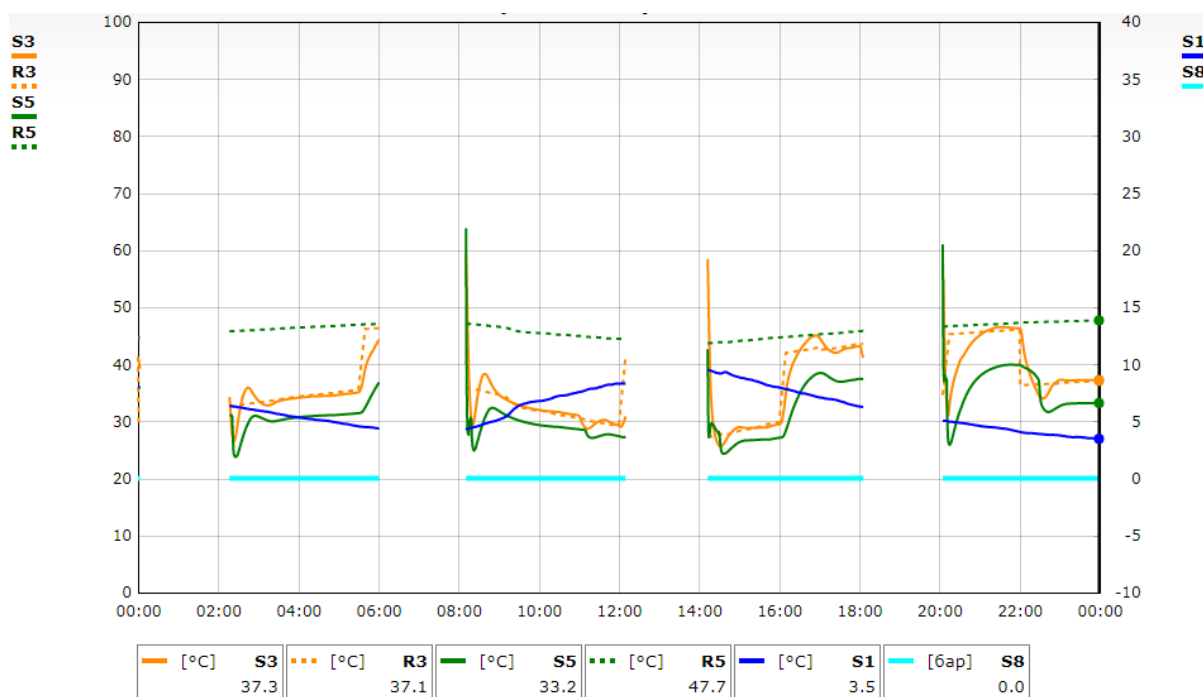


Рисунок 2.9. Приклад використання імпульсного натопу комунальних будівель за одночасного знеструмлення системи

Впровадження описаних методів забезпечує стабільну роботу та швидке відновлення керованих систем тепlopостачання за складних технічних умов. Це підтверджується даними на рисунку 2.10 (а-б), які ілюструють процес відновлення опалення в контрольованій будівлі м.Кропивницький.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи на тему: "Проектування енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький" були досягнуті наступні результати та зроблені відповідні висновки:

1) Аналіз існуючих умов та потреб. Було проведено детальний аналіз поточних умов енергопостачання та визначено потреби житлового мікрорайону в електроенергії.

2) Вибір оптимальної напруги та схеми електропостачання. На основі техніко-економічного аналізу було обрано оптимальні рівні напруги та схеми розподілу електроенергії для забезпечення надійного та безперебійного енергопостачання. Рішення включають використання підстанцій та розподільчих мереж, що відповідають сучасним стандартам.

3) Розрахунок струмів коротких замикань. Виконано розрахунок струмів коротких замикань у різних точках мережі, що дозволило вибрати відповідне захисне обладнання. Це забезпечує безпеку та мінімізацію можливих пошкоджень обладнання у разі аварійних ситуацій.

4) Вибір обладнання та матеріалів. Визначено і обрано високоякісне електротехнічне обладнання та матеріали, зокрема трансформатори, кабелі, вимикачі та реле. Враховано їх відповідність вимогам надійності, ефективності та довговічності.

5) Проектування високовольтних мереж. Розроблено детальний проект високовольтних мереж, включаючи розташування трансформаторних підстанцій, прокладку кабельних ліній та встановлення розподільчих щитів. Проект забезпечує оптимальний баланс між вартістю, надійністю та гнучкістю системи електропостачання.

6) Екологічні та економічні аспекти. У процесі проектування було враховано екологічні аспекти та вимоги щодо енергоефективності, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та зниженню експлуатаційних витрат.

Дослідження показало, що котельня була розрахована на теплове навантаження $Q_{\Sigma} = 25,6$ МВт теплової енергії на тепlopостачання та на ГВП - $Q_{ГВ} = 7,8$ МВт. Запропоновано для встановлення три теплогенератори: 2 з котрих - основні типу ДЕВ-25-14ГМ-0 із номінальною потужністю 17,4 МВт та типу КВ-ГМ-10 із номінальною потужністю 11,63 МВт, а також додатково ще один, що виконуватиме функцію резервного типу ДЕВ-25-14ГМ-0 з номінальним значенням потужності 17,4 МВт. Задля постачання гарячої води пропонуємо котлоагрегат типу ТВГ-8М із встановленою потужністю 9,65 МВт.

Результати проведеного дослідження та проєктування показали, що обрані рішення забезпечують надійне, ефективне та безпечне енергопостачання житлового мікрорайону м. Кропивницький. Запропоновані підходи та технічні рішення можуть бути використані як зразок для аналогічних проєктів в інших районах та містах України.

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: Національний стандарт України, 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 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. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.

10. Клименко, В. В. Енергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: навч. посіб. / В. В. Клименко, В. І. Кравченко, Р. В. Телюта ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Ексклюзив-Систем, 2020. – 219 с.
