

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

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ-22мб

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

_____ Святослав СТРАХОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук,

_____ Катерина ПЕТРОВА

« ____ » _____ 2025 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

«_____» _____ 2025 р.

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

Страхов Святослав Маркович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Проектування системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький
Design of the power supply system of Shkilny district 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 02.06.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Розроблення ефективної, надійної та енергоощадної системи енергозабезпечення будівель житлового мікрорайону з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності.

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 б. 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>03.02.25</i>	
2	<i>Теплові навантаження в системі теплопостачання</i>	<i>17.04.25</i>	
3	<i>Теплові мережі системи теплопостачання</i>	<i>03.03.25</i>	
4	<i>Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання</i>	<i>17.03.25</i>	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання</i>	<i>31.03.25</i>	
6	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>14.04.25</i>	
7	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>28.04.25</i>	
8	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>05.05.25</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>19.05.25</i>	
10	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>26.05.25</i>	
11	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>26.05.25</i>	

Дата видачі завдання
«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника _____

Катерина ПЕТРОВА

Завдання прийнято до виконання
«03» лютого 2025 р.

Підпис здобувача _____

Святослав СТРАХОВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 104 с.; 20 рис.; 30 табл.; 14 джерел

Страхов С. М. Проектування системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025 рік.

У кваліфікаційній роботі розглянуто проектування системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький. Основна мета роботи — розробка ефективної, надійної та енергоощадної системи забезпечення електричною та тепловою енергією житлової забудови з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності.

У ході дослідження виконано аналіз електричних та теплових навантажень, спроектовано мережі електро- та теплопостачання, визначено оптимальне розташування головної знижувальної підстанції та джерел теплоти. Проведено техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання, а також компенсуючих пристроїв для зменшення втрат реактивної потужності.

Окремий розділ присвячено підвищенню енергоефективності будівель. У ньому розраховано термічні опори зовнішніх огорожувальних конструкцій, оцінено показники енергетичної ефективності та проаналізовано доцільність впровадження індивідуального теплового пункту (ІТП), що дозволяє значно знизити витрати теплової енергії.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні нових житлових мікрорайонів або модернізації існуючих інженерних мереж в умовах урбанізованого середовища.

Ключові слова: енергопостачання, енергоефективність, інженерні мережі, клас енергетичної ефективності будівлі, техніко-економічне обґрунтування

ABSTRACT

Qualification work: 104 p.; 20 fig.; 30 tables; 14 sources.

Strakhov S.M. Design of the power supply system of Shkilny district 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, 2025.

The qualification thesis examines the design of the power supply system for the “Shkilnyi” residential district in Kropyvnytskyi. The main objective of the work is to develop an efficient, reliable, and energy-saving system for supplying residential buildings with electrical and thermal energy, taking into account modern energy efficiency requirements.

During the study, an analysis of electrical and thermal loads was conducted, and electric and heat supply networks were designed. The optimal location of the main step-down substation and heat sources was determined. A techno-economic justification of external and internal power supply schemes, as well as compensation devices for reducing reactive power losses, was carried out.

A separate section is devoted to improving the energy efficiency of buildings. It includes the calculation of thermal resistance of external enclosing structures, the assessment of energy performance indicators, and the analysis of the feasibility of implementing an Individual Heating Substation (IHS), which significantly reduces heat energy consumption.

The results of the work can be applied in the design of new residential neighborhoods or the modernization of existing engineering networks in an urbanized environment.

Keywords: power supply, energy efficiency, engineering networks, building energy performance class, techno-economic justification

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1. Електричні навантаження в системі електропостачання.....	11
1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В	11
1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень	20
1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В	23
1.4. Графіки електричних навантажень.....	34
2. Теплові навантаження в системі теплопостачання	38
2.1. Визначення теплових навантажень на опалення	38
2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію	40
2.3. Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання.....	42
2.4. Графіки теплових навантажень.....	47
3. Теплові мережі системи теплопостачання	51
3.1. Вибір джерела та системи теплопостачання	51
3.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі	55
4. Картограма електричних та теплових навантажень, місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції) та джерел теплопостачання.....	60
5. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання	63
5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	63
5.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання	70

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	С. Страхов				Проектування системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький Design of the power supply system of Shkilny district in Kropyvnytskyi				5	104
<i>Перевір.</i>	К. Петрова							ЦНТУ гр.ЕЕ-22мб		
<i>Н.контр.</i>	К. Петрова									
<i>Затв.</i>	П. Плешков									

Таблиця 1.1. Розрахунок ел. нав. до 1000 В для будівель житлового призначення

Адреса об'єкту	n	P_0 , кВт/кв	$P_{р.кв.}$, кВт	$tg\phi_{кв}$	n	$P_{р.л.}$, кВт	$k_{н.л.}$	$tg\phi_{л.}$	$P_{р.л.}$, кВт	$k_{п.сп.}$	$P_{р.сп.}$, кВт	$tg\phi_{сп.}$	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
пров. Кріпосний 23	144	2,55	367,2	0,29	4	7	0,8	1,17	4	9	0,9	0,75	420	157	448,2
вул. Солдатська	105	2,62	275,1	0,29	3	7	0,8	1,17	3	9	0,9	0,75	315	117,7	335,8
пров. Кріпосний 25	50	2,31	115,5	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	1	0,75	143	53,7	152,3
пров. Кріпосний 27	72	2,67	192,24	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	5	9	0,87	0,75	231	85,1	246,5
вул. Сугокліївська, 29	56	2,06	115,36	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,9	0,75	140	51,7	148,9
вул. Сугокліївська, 27	78	2,96	230,88	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	6	9	0,7	0,75	269	95,3	285,1
вул. Зінченка, 9	72	3,20	230,4	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	6	9	0,7	0,75	268	95,2	284,6
вул. Зінченка, 7	75	3,08	231	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	4	9	0,8	0,75	260	88,6	274,5
вул. Зінченка, 5	45	3,42	153,9	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,85	0,75	177	61,8	187,4
вул. Сугокліївська, 25	104	2,64	274,56	0,29	3	7	0,85	1,17	3	9	0,75	0,75	311	115,7	331,7
вул. Сугокліївська, 23	40	2,88	115,2	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,8	0,75	137	49,6	145,5
вул. Сугокліївська, 21	36	2,58	92,88	0,29	1	7	0,85	1,17	1	9	0,7	0,75	105	38,6	111,4
вул. Сугокліївська, 17	72	2,53	182,16	0,29	2	7	0,85	1,17	2	9	0,7	0,75	205	76,2	219,1
вул. Сугокліївська, 15	36	3,20	115,2	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,9	0,75	140	51,6	148,7
вул. Зінченка, 3	60	2,56	153,6	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	4	9	0,7	0,75	179	63,4	189,7

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
вул. Зінченка 1	72	3,20	230,4	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	5	9	0,7	0,75	262	90,4	277,1
вул. Сугокліївська, 5а	6	2,86	17,16	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	1	0,75	44,2	25,2	50,9
вул. Сугокліївська, 5	8	2,92	23,36	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,9	0,75	47,7	25	53,8
вул. Садова, 16	18	2,55	45,9	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	2	9	0,8	0,75	60,3	24,1	64,9
пров. Кріпосний, 21	160	2,86	457,6	0,29	5	7	0,85	1,17	5	9	0,7	0,75	516	191,1	550,1
пров. Кріпосний, 21А	260	2,82	733,2	0,29	8	7	0,85	1,17	8	9	0,7	0,75	826	306,1	881,3
пров. Кріпосний, 19а	180,	2,56	460,80	0,29	5	7	0,85	1,17	5	9	0,7	0,75	519	192,1	553,5
пров. Кріпосний, 19	92	2,99	275,08	0,29	3	7	0,85	1,17	3	9	0,7	0,75	310	114,8	330,6
вул. В. Пермська, 54	12	3,20	38,4	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	2	9	0,7	0,75	51	20,6	55
вул. Можайського, 6	102	2,70	275,4	0,29	3	7	0,85	1,17	3	9	0,7	0,75	310	114,9	331
вул. Зінченка, 4б	90	2,99	269,1	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,9	0,75	293	96,3	308,8
вул. Зінченка, 3а	60	2,56	153,6	0,29	0,0	0,0	0,0	1,17	3	9	0,9	0,75	178	62,8	188,6

Таблиця 1.2. Розрахунок ел. нав. для будівель громадського та комунального призначення мікрорайону «Шкільний»

№ з/п	Адреса об'єкту	n	P _{плт}	Од. вимір.	Загальне навантаження, кВт	cos φ	tg φ	Значення розр. нав.		
								P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Дит. садок №72	400	0,40	кВт/місце	160	0,98	0,2	160	32,0	163,3
2	Дит. садок № 49	250	0,40	кВт/місце	100	0,98	0,2	100	20,0	102,0
3	Бібліотека	30	0,40	кВт/місце	12	0,98	0,2	12,0	2,4	12,2
4	Будівля дит. садка	80	0,40	кВт/місце	32	0,98	0,2	32,0	6,4	32,7
5	Харчоблок	30	1,30	кВт/місце	39	0,97	0,25	39,0	9,8	40,2
6	Пральня	18	1,30	кВт/місце	23,40	0,97	0,25	23,40	5,9	24,1
7	ПП «Інтер»	542	0,036	кВт/м ²	19,512	0,70	0,48	19,512	9,4	27,9
8	ПП «Гегяна»	620	0,036	кВт/м ²	22,32	0,70	0,48	22,32	10,7	31,9
9	Управління ЖКГ 13	214	0,036	кВт/м ²	7,704	0,70	0,48	7,704	3,7	11,0
10	Збірника 49/016	84	0,036	кВт/м ²	3,024	0,70	0,48	3,024	1,50	4,30
11	Головоштамп ОС-1	112	0,036	кВт/м ²	4,032	0,70	0,48	4,032	1,90	5,80
12	МВД	1112	0,036	кВт/м ²	40,0428	0,70	0,48	40,0428	19,2	57,2
13	АТС-238	256	0,036	кВт/м ²	9,216	0,70	0,48	9,216	4,4	13,2
14	Пожежне депо	944	0,036	кВт/м ²	33,984	0,70	0,48	33,984	16,3	48,5
15	Ремонт взуття	4	1,30	кВт/місце	5,2	0,97	0,25	5,2	1,3	5,4
16	Салон краси	8,0	1,300	кВт/місце	10,40	0,97	0,25	10,40	2,60	10,70
17	Слюсарна майстерня	7	1,30	кВт/місце	9,10	0,97	0,25	9,10	2,3	9,4
18	Майстерні школи	75	1,30	кВт/місце	97,5	0,97	0,25	97,5	24,4	100,5

Арк.

Зм

Арк

№ доквм.

Підпис

Дата

Продовження таблиці 1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	клуб «Гіряк»	6	0,12	кВт/місце	0,72	0,92	0,43	0,72	0,3	0,8
20	КП «Кропивн. ринки»	8	0,12	кВт/місце	0,96	0,92	0,43	0,96	0,4	1,0
21	ПП Бугаєв О.А.	1100	0,22	кВт/учня	242	0,95	0,38	242	92,0	254,7
22	СШ № 16 Корпус №1	600	0,22	кВт/учня	132	0,95	0,38	132	50,2	138,9
23	СШ № 16 корпус №2	700	0,22	кВт/учня	154	0,95	0,38	154	58,5	162,1
24	СШ № 7	580	0,22	кВт/учня	127,6	0,95	0,38	127,6	48,5	134,3
25	Допоміжна школа	245	0,04	кВт/м ²	8,82	0,9	0,48	8,82	4,2	9,8
26	Відділення «Промінвестбанк»	423,0	0,20	кВт/м ²	84,60	0,82	0,7	84,60	59,20	103,20
27	Медцентр «Універсам»	5	1,30	кВт/місце	6,5	0,97	0,25	6,5	1,6	6,7
28	Перукарня «Камелія»	5	1,30	кВт/місце	6,5	0,97	0,25	6,5	1,6	6,7

Таблиця 1.3. Розрахунок ел. нав. для будівлі котельні

№	Назва групи споживачів	Кіль-ть ЕС	Встановлена потужність, кВт		m	K _и	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		K _м	Розрахункове навантаження			
			Одного	Сумарн					P _{с.м.} , кВт	Q _{с.м.} , 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	Двигуни СН-1, СН-4	4	90	360	1	0,8	0,75	0,88	288	253,5	14	1	288	279,3	401,2
2	ПН-1	1	5,5	5,5	1	0,8	0,8	0,75	4,4	3,3	1,0	1,0	4,4	3,63	5,7
3	ПН-2	1	3	3	1	0,8	0,8	0,75	2,4	1,8	1,0	1,0	2,4	1,98	3,11
4	ПН-3	1	11	11	1	0,80	0,75	0,88	8,8	7,76	1,0	1,0	8,80	8,540	12,26
5	Двигун цирк. насосу	1	17	17	1	0,8	0,7	1,02	13,6	13,87	1,0	1,0	13,68	15,26	20,44
6	ГВ-1,2	2	4	8	1	0,80	0,75	0,88	6,40	5,64	2,0	1,0	6,40	6,20	8,910
7	ВН-1,2,3	3	11	33	1	0,75	0,80	0,750	24,75	18,56	3,0	1,35	33,45	20,42	39,19
8	Зварювальний тр-р	1	20	20	1	0,8	0,4	2,29	16	36,6	1,0	1,0	16	40,33	43,39
9	Свердильний станок	1	1,20	1,20	1	0,85	0,5	1,73	1,02	1,77	1,0	1,0	1,02	1,95	2,2
10	Заточний верстат	1	1,20	1,20	1	0,85	0,5	1,73	0,98	1,7	1,0	1,0	0,98	1,87	2,11
11	Токарний верстат	1	4,50	4,50	1	0,8	0,5	1,73	3,6	6,24	1,0	1,0	3,6	6,86	7,75
12	ВП і А	1	4,0	4,0	1	0,8	0,7	1,02	3,2	3,26	1,0	1,0	3,2	3,59	4,81
	Всього по котельній	18	1,2	468,4	75	0,8	0,725	0,95	373,1	354,5	10	1,0	1,0	390	539,7

Таблиця 1.4. Визначення обсягів освітлювальних ел.нав. об'єктів мікрорайону «Шкільний»

№	Призначення будівлі	F , м ²	P_0 , Вт/м ²	P_B , кВт	K_{II}	K_1	$\cos \varphi$	$t_g \varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Харчоблок	645,3	15	9,68	0,70	1,2	0,90	0,484	8,13	3,93	9,03
2	Пральня	524,3	17	8,91	0,8	1,20	0,90	0,4840	8,55	4,14	9,5
3	Клуб "Гіряк"	215,4	17	3,66	0,80	1,12	0,50	1,732	3,28	5,68	6,56
4	Медцентр "Універсам"	400	18	7,2	0,820	1,20	0,90	0,484	7,08	3,43	7,87
5	ПП "Інтер"	540	15	8,1	0,80	1,2	0,90	0,484	7,78	3,77	8,65
6	АТС-238	256	14	3,58	0,7	1,2	0,90	0,484	3,01	1,46	3,35
7	Ремонт взуття	84,5	14	1,18	0,7	1	1	0	0,83	0	0,83
8	Салон краси	125,40	16	2,01	0,75	1,20	0,90	0,484	1,81	0,88	2,01
9	КП "Кіровоград. Ринки"	115,6	15	1,73	0,85	1	1	0	1,47	0	1,47
10	ПП Бугаєв О.А.	77,78	17	1,32	0,8	1,20	0,90	0,484	1,27	0,61	1,41
11	Перукарня "Камелія"	92,36	18	1,66	0,87	1,20	0,90	0,484	1,73	0,84	1,92
12	Головоштамп ОС-1	112,00	17	1,9	0,8	1,20	0,90	0,484	1,82	0,88	2,02
13	МВД	1112,3	17	18,91	0,8	1,2	0,90	0,484	18,15	8,78	20,16
14	Промінвестбанк	245	17	4,16	0,8	1,20	0,90	0,484	3,99	1,93	4,43
15	ПАТ "Тетяна"	620	17	10,54	0,8	1,2	0,90	0,484	10,12	4,9	11,24
16	СШ №7	2746	17	46,68	0,85	1,20	0,90	0,484	47,61	23,04	52,89
17	Допоміжна школа	2145,3	17	36,47	0,85	1,2	0,9	0,484	37,2	18	41,33
18	Пожежне депо	944	18	16,99	0,8	1,20	0,90	0,484	16,31	7,89	18,12
19	Приміщення д/садка	724,5	17	12,32	0,850	1,2	0,9	0,484	12,57	6,08	13,96
20	СШ №16 корпус №1	3954,2	17	67,22	0,85	1,2	0,9	0,484	68,56	33,18	76,17
21	ЖКГ №13	214	15	3,21	0,8	1,20	0,90	0,4840	3,08	1,49	3,42

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	Слюсарна майстерня	112,4	17	1,91	0,70	1,120	0,5	1,732	1,5	2,6	3
23	Бібліотека	148,9	17	2,53	0,80	1,20	0,9	0,4840	2,43	1,18	2,7
24	Д/с №49	2522,12	14	35,31	0,80	1,20	0,90	0,4840	33,90	16,41	37,66
25	СШ №16 корпус №2	2416,2	17	41,08	0,85	1,20	0,9	0,484	41,9	20,28	46,55
26	Майстерні школи	405,2	17	6,89	0,80	1,20	0,9	0,484	6,61	3,2	7,34
27	Збіркаса 49/016	81,4	18	1,470	0,85	1,20	0,9	0,484	1,5	0,73	1,67
28	Котельня "Шкільна"	478,3	17	8,13	0,80	1,20	0,9	0,484	7,8	3,78	8,67
29	Д/с № 72	3783	15	56,74	0,80	1,20	0,9	0,484	54,47	26,36	60,51
	Всього			421,49					475,96	447,85	653,63

Продовження табл.1.5

1	2	3	4	5	6
2	517,04	2	TM400-10/0,4	0,64	1,29
3	585,99	2	TM400-10/0,4	0,73	1,46
4	532,96	2	TM400-10/0,4	0,67	1,33
5	552,97	2	TM400-10/0,4	0,69	1,38
6	437,27	1	TM630-10/0,4	0,694	0,69
7	584,43	2	TM400-10/0,4	0,73	1,46
8	597,83	2	TM400-10/0,4	0,74	1,49
9	566,56	2	TM400-10/0,4	0,7	1,41
10	885,19	2	TM630-10/0,4	0,7	1,4
11	542,51	2	TM400-10/0,4	0,67	1,35
12	878,4	2	TM630-10/0,4	0,7	1,39
13	631,74	2	TM400-10/0,4	0,72	1,58

$$K_{3H} = \frac{S_{TII2}}{n_{TII} S_{mp2}} = \frac{562,31}{2 \cdot 400} = 0,7,$$

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_{HX} + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2,0 \cdot (1,10 + 5,5 \cdot 0,7^2) = 9,6 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_{HX}}{100} \cdot S_n + \frac{U_{K3}}{100} \cdot S_n \cdot K_3^2 \right) = 25,7 \text{ кВар.}$$

Відповідно до наданого підходу, остаточні результати зведено до табл. 1.5, розраховано значення втрат потужностей для всіх підстанцій, що передбачені до встановлення на території мікрорайону Шкільний.

Таблиця 1.6. Розрахунок ел. нав. в мережі понад 1кВ

Місцерозташування об'єкту	Вим. Одиниці	Вих. дані по об'єкту	Пит. нава.	Встановлене нав., кВт	tgφ	Макс. нав. спож.		Кв	Розр. нав.		
						Рм, кВт	Qм, кВт		Рр, кВт	Qр, кВт	Sp, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП №1											
вул. Зінченка 4б	кВт/квартиру	90	2,99	269,1	0,29	293,4	96,264	0,7	205,38	59,56	213,84
вул. Зінченка 3а	кВт/квартиру	60	2,56	153,6	0,29	177,9	62,769	0,7	124,53	36,11	129,66
Майстерські школи освітлення	кВт/місце	75	1,3	97,5	0,25	97,5	24,375	0,4	39	9,75	40,2
Всього						6,89			6,61	3,2	
СШ № 16 корп.2 освітлення	кВт/учня	600	0,22	132	0,38	132	50,16	0,4	45,61	12,95	47,41
Всього						41,08			52,8	20,06	0,42
Всього по КПС ТП						173			41,9	20,28	
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									94,7	40,34	102,9
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №1									470,22	148,97	493,25
Втрати в тран-рах ТП	шт	2	400	800					65,8	20,9	69,06
Загалом на шинах 10 кВ ТП №1									536,1	169,8	562,31
ТП №2									9,6	25,7	
вул. Можайського,6	кВт/квартиру	102	2,70	275	0,29	310	115	0,8	248,3	72	258,52
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									248,3	72	258,52

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №2									496,6	144	517,04
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,64		9,0	24,3	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №2									753,9	240,3	791,27
ТП №3											
вул. Зінченка 7	кВт/квартиру	3,08	231	0,29	0,29	259,8	88,59	0,7	181,86	52,74	189,35
вул. Зінченка 5	кВт/квартиру	3,42	153,9	0,29	0,29	176,8	61,8435	0,7	123,79	35,90	128,90
СШ № 16 Корпус №1 освітлення	кВт/учня	1100	0,22	242	0,38	242	91,96	0,4	96,8	36,78	103,6
						67,22			68,56	33,18	
Всього						309,2			165,4	69,96	179,6
Слюсарна майстерня освітлення	кВт/місце	7	1,3	9,1	0,25	9,1	2,275	0,4	3,64	0,91	3,75
						1,91			1,5	2,6	
Всього						11,01			5,14	3,51	6,22
ЖКГ 13	кВт/м ²	214	0,036	7,704	0,48	7,704	3,6979	0,9	6,934	3,33	7,69
освітлення						3,21			3,08	1,49	
Всього						10,91			10,01	4,818	11,11
Всього по КПС ТП									486,16	166,932	514,03
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									68,1	23,4	71,96
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №3									554,2	190,3	585,99
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,73		10,0	26,5	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №3									632,3	240,1	676,32
ТП №4											
вул. Сутокліівська25	кВт/квартиру	104	2,64	274,56	0,29	310,8	115,6944	0,8	248,7	72,12	258,95

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
вул. Сутокліівська, 23	кВт/квартиру	40	2,88	115,2	0,29	136,8	49,608	0,8	109,44	31,74	113,95
вул. Сутокліівська, 21	кВт/квартиру	36	2,58	92,88	0,29	104,5	38,6217	0,8	83,628	24,25	87,07
Бібліотека освітлення	кВт/місце	30	0,4	12	0,2	12	2,4	0,4	4,8	0,96	4,9
Всього						2,53			2,43	1,18	
Всього по КПС ТП						14,53			7,23	2,14	7,54
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									448,99	130,253	467,51
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №4									62,9	18,2	65,45
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400,0	800,0					511,9	148,5	532,96
Загалом на шинах 10 кВ ТП №4							Кз=0,67		9,2	24,8	
ТП №5											
вул. Зінченка, 3	кВт/квартиру	60	2,56	153,6	0,29	178,8	63,444	0,7	125,16	36,30	130,32
вул. Сутокліівська, 17	кВт/квартиру	72	2,53	182,16	0,29	205,4	76,1994	0,7	143,82	41,71	149,75
вул. Сутокліівська, 15	кВт/квартиру	36	3,20	115,2	0,29	139,5	51,6	0,8	111,6	32,36	116,20
Дитячий садок № 49 освітлення	кВт/місце	250	0,4	100	0,2	100	20	0,4	40	8	69,06
Всього						35,31			33,9	16,41	
Збірका 49/016 освітлення	кВт/м ²	84	0,036	3,024	0,48	3,024	1,4515	0,9	2,722	1,31	2,68
Всього						1,47			1,5	0,73	
ІПШ «Бугаєв О.А.» освітлення	кВт/місце	8	0,12	0,96	0,43	4,494			4,222	2,036	4,69
Всього						0,96	0,4128	0,4	0,384	0,17	40,79
освітлення						1,32			1,27	0,61	
Всього						2,28			1,654	0,775	1,83

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перукарня «Камелія» освітлення	кВт/місце	5	1,3	6,5	0,25	6,5	1,625	0,4	2,6	0,65	2,68
Всього по КПС ТП						1,66			1,73	0,84	
Втрати в ПЛ-0,4 кВ						8,16			4,33	1,49	4,58
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №5									464,69	139,082	485,06
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800					65,1	19,5	67,91
Загалом на шинах 10 кВ ТП №5									529,8	158,6	552,97
							K ₃ =0,69		9,5	25,4	
									604,3	203,4	637,63
ТП №6											
вул. Сутокліівська5а	кВт/квартиру	6	2,86	17,16	0,29	44,16	25,2264	0,8	35,328	10,25	36,78
вул. Сутокліівська5	кВт/квартиру	8	2,92	23,36	0,29	47,66	24,9994	0,8	38,128	11,06	39,70
вул. Зінченка 1	кВт/квартиру	72	3,2	230,4	0,29	261,9	90,441	0,7	183,33	53,17	190,88
Дитячий садок №3	кВт/місце	340	0,40	136	0,2	136	32	0,4	54,4	10,88	55,48
МВД	кВт/м ²	1112,3	0,036	40,04	0,48	40,04	19,22	0,8	32,03	15,38	35,53
освітлення						18,91		0,6	18,15	8,78	
Всього						58,95			50,18	24,16	55,7
Головноштамп ОС-1	кВт/м ²	112	0,036	4,032	0,48	4,032	1,9353	0,9	3,629	1,74	4,03
освітлення						1,9			1,82	0,88	
Всього						5,932			5,449	2,622	6,05
Всього по КПС ТП									366,81	112,13	383,57
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									51,4	15,7	53,70
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №6									418,2	127,8	437,27
Втратив тран-рах ТП	шт	1	630	630					6,6	29,3	
							K ₃ =0,69				

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 10 кВ ТП №6									476,1	172,8	506,51
ТП №7											
пров.Кріпосний 25	кВт/квартиру	72	2,31	166,32	0,29	142,5	53,745	0,7	99,75	28,93	103,86
пров.Кріпосний 23	кВт/квартиру	144	2,55	367,2	0,29	419,7	156,996	0,6	272,84	79,12	284,09
Дитячий садок №72	кВт/місце	400	0,4	160	0,2	160	32	0,4	64	12,8	65,27
освітлення						56,74			54,47	26,36	
Всього						216,7			118,5	39,16	124,8
Всього по КПС ТП									491,06	147,212	512,66
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									68,7	20,6	71,77
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №7									559,8	167,8	584,43
Втрати в гр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,73		9,9	26,4	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №7									638,5	214,8	673,67
ТП №8											
вул. Зінченка 9	кВт/квартиру	72	3,2	230,4	0,29	268,2	95,166	0,6	174,33	50,56	181,51
Солдатська	кВт/квартиру	105	2,62	275,1	0,29	314,5	117,66	0,6	188,71	54,73	196,49
ПП"Інтер"	кВт/м ²	542	0,036	19,512	0,48	19,51	9,3658	0,9	17,56	8,43	19,48
освітлення						8,1			7,78	3,77	
Всього						27,61			25,34	12,2	28,12
АТС-238	кВт/м ²	256	0,036	9,216	0,48	9,216	4,4237	0,9	8,294	3,98	9,2
освітлення						3,58			3,01	1,46	
Всього						12,79			11,3	5,441	12,55
Медцентр "Універсам"	кВт/м ²	423	0,20	84,60	0,70	84,60	59,22	0,9	76,140	53,30	92,94
освітлення						7,2			7,08	3,43	

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього						91,8			83,22	56,73	100,7
Ремонт взуття освітлення	кВт/місце	4	1,3	5,2	0,25	5,2	1,3	0,4	2,08	0,52	2,14
Всього						1,18			0,83	0	
Салон краси освітлення	кВт/місце	8	1,30	10,40	0,25	10,40	2,60	0,4	4,160	1,040	4,290
Всього						2,01			1,81	0,88	
КП "Кіровоград. Ринки" освітлення	кВт/місце	6	0,12	0,72	0,43	0,72	0,3096	0,4	0,288	0,12	0,31
Всього по КПС ТП						1,73			1,47	0	
Втрати в ПЛІ-0,4 кВ						2,45			1,758	0,124	1,76
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №8									491,78	182,091	524,41
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800					68,9	25,5	73,42
Загалом на шинах 10 кВ ТП №8									560,6	207,6	597,83
ТП №9									10,1	26,9	
вул. Сугоклівська 29	кВт/квартиру	56	2,06	115,36	0,29	139,6	51,6794	0,7	97,762	28,35	101,79
вул. Сугоклівська 27	кВт/квартиру	78	2,96	230,88	0,29	268,6	95,3052	0,7	188,07	54,54	195,82
пров.Кріпосний 27	кВт/квартиру	72	2,67	192,24	0,29	231,3	85,1121	0,7	161,97	46,97	168,65
Клуб "Гіряк" освітлення	кВт/місце	150	0,4	60	0,43	60	25,8	0,4	24	10,32	26,12
Всього						3,66			3,28	5,68	
Всього по КПС ТП						63,66			27,28	16	31,63
Втрати в ПЛІ-0,4 кВ									475,09	145,865	496,98
									66,5	20,4	69,58

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №9									541,6	166,3	566,56
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,7		9,7	25,8	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №9									617,8	212,5	653,34
ТП №10											
пров.Кріпосний 19 а	кВт/квартиру	180	2,56	461	0,29	519	192	0,7	363,35	105,37	378,32
В.Пермська 54	кВт/квартиру	12	3,20	38	0,29	51	21	0,8	40,8	11,83	42,48
пров.Кріпосний 19	кВт/квартиру	92	2,99	275,08	0,29	310,0	114,83	0,7	217,03	62,94	225,97
Допоміжна школа освітлення	кВт/учня	580	0,22	127,6	0,38	127,6	48,488	0,4	51,04	19,4	54,6
Всього по КПС ТП						67,22			68,56	33,18	
Втрати в ПЛІ-0,4 кВ						194,8			119,6	52,58	130,7
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №10									740,78	232,719	776,48
Втрати в тр-х ТП	шт	2	630	1260					103,7	32,6	108,71
Загалом на шинах 10 кВ ТП №10									844,5	265,3	885,19
ТП №11											
пров.Кріпосний 21	кВт/квартиру	164	2,86	458	0,29	516	191	0,8	412,7	119,68	429,7
"Промінвестбанк" освітлення	кВт/м ²	245	0,036	8,82	0,48	8,82	4,2336	0,9	7,938	3,81	8,81
Всього						4,16			3,99	1,93	
ІШ"Тетяна" освітлення	кВт/м ²	620	0,036	22,32	0,48	22,32	10,714	0,9	20,09	9,64	22,28
Загалом на шинах 10 кВ ТП №11						10,54			10,12	4,9	

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Всього					32,86			30,21	14,54	33,53
Всього по КПС ТП									454,83	139,96	475,88
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									63,7	19,6	66,62
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №11									518,5	159,6	542,51
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,67		9,4	25,1	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №11									591,5	204,2	625,81
ТП №12											
пров.Кріпосний 21А	кВт/квартиру	260	2,82	733,2	0,29	826,4	306,12	0,7	578,50	167,77	602,34
вул.Садова 16	кВт/квартиру	18	2,55	45,9	0,29	60,3	24,111	0,8	48,24	13,99	50,23
СШ № 7	кВт/учня	700	0,22	154	0,38	154	58,52	0,4	61,6	23,41	65,9
освітлення						46,68			47,61	23,04	
Всього						200,6			109,2	46,45	118,7
Всього по КПС ТП									735,95	228,205	770,53
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									103,0	31,9	107,87
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №12									839,0	260,2	878,40
Втрати в тр-х ТП	шт	2	630	1260			Кз=0,7		13,2	42,0	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №12									955,2	334,1	1012,0
ТП №13											
Будинок д/садка	кВт/місце	80	0,4	32	0,2	32	6,4	0,4	12,8	2,56	13,05
освітлення						12,32			12,57	6,08	
Всього						44,32			25,37	8,64	26,8

Продовження табл. 1.б.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Харчоблок освітлення	кВт/місце	30	1,3	39	0,25	39	9,75	0,4	15,6	3,9	16,08
Всього						9,68			8,13	3,93	
Пральня освітлення	кВт/місце	18	1,3	23,4	0,25	23,4	5,85	0,4	9,36	2,34	9,65
Всього						8,91			8,55	4,14	
Пожедепо освітлення	кВт/м ²	944	0,036	33,984	0,48	33,98	16,312	0,9	30,59	14,68	33,93
Всього						16,99			16,31	7,89	
Всього						50,97			46,9	22,57	52,04
Котельня "Шкільна" освітлення		18		468,4	0,8	373,1	390	0,8	298,5	312	382,24
Всього						8,13			7,8	3,78	
Всього по КПС ТП						381,2			306,3	315,78	438,5
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									420,19	361,3	554,16
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №13									58,8	8,6	59,45
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,72		479,0	411,9	631,74
Загалом на шинах 10 кВ ТП №13									9,9	26,3	
Всього по об'єкту 10 кВ КП 10 кВ									546,4	490,5	735,76
Всього 10 кВ за КП									8478,0	3200,5	9062,0
									8478,0	3200,5	9062,0

1.4. Графіки електричних навантажень

Графіки електричних навантажень є важливим інструментом для аналізування та прогнозування потреб у електричній енергії в різних умовах експлуатації системи енергопостачання. Вони дають змогу візуалізувати коливання навантаження за певні часові періоди, що дозволяє оптимізувати проектування електричних мереж, враховуючи пікові навантаження, мінімальні споживання та можливі коливання. У п.1.4. розглядаються основні методи розрахунку графіків навантажень, їх використання для прогнозування енергетичних потреб мікрорайону «Шкільний» та роль таких графіків у забезпеченні надійності і ефективності системи енергопостачання.

Визначення форми та побудова графіків ел. нав. виконувалось із застосуванням допоміжного програмного комплексу «Grafik».

Значення річних витрат, використання максимуму навантаження та час максимальних втрат визначаємо за відповідними виразами:

$$W_r = \sum P_i T_i = 109793 \cdot 147 + 164472 \cdot 65 + 93319 \cdot 105 + 139800 \cdot 48 = 43339146 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$V_r = \sum Q_i T_i = 33760 \cdot 147 + 54400 \cdot 65 + 28696 \cdot 105 + 46240 \cdot 48 = 13731320 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

$$T_{max} = \frac{\sqrt{W_r^2 + Q_r^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{43339146^2 + 13731320^2}}{9061,99} = 5016,82 \text{ год},$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{5016,82}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 3429,35 \text{ год}.$$

2. ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1. Визначення теплових навантажень на опалення

Розрахунок значень теплових навантажень здійснюємо на прикладі житлової будівлі, розташованої по пров. Кріпосний № 23:

$$Q_o^P = (1 + \alpha) \cdot q_0 V_3 \cdot (t_{B.P} - t_{P.0}) = 1,17 \cdot 0,32 \cdot 39729 \cdot (18 - (-21)) \cdot 10^{-6} = 0,608 \text{ Гкал/год,}$$

де $\alpha = 0,228$ – додатковий прийнятий коефіцієнт інфільтрації для житлової будівлі;

$V_3 = 39729 \text{ м}^3$ – розрахований об'єм будівлі;

$q_0 = 0,32 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$ – показник питомої опалювальної характеристики для житлової будівлі, що залежить від її конструктивних особливостей.

До таблиці 2.1. зведено отримані результати визначення теплових навантажень на опалення для інших будівель мікрорайону.

Таблиця 2.1. Значення теплових навантажень будівель мікрорайону

№ з/п	Розташування об'єкту	$V_3, \text{ м}^3$	$q_0, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$	$t_{P.B.}, \text{ °C}$	$Q_o^P, \text{ Гкал}$	$Q_o^P, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
Рзрахунок теплових навантажень для житлових будівель мікрорайону						
1	пров.Кріпосний 23	39729	0,32	-21	0,60886	708,109
2	вул.Солдатська	27939	0,32	-21	0,42817	497,970
3	пров. Кріпосний 25	13015	0,35	-21	0,21816	253,720
4	пров. Кріпосний 27	20818	0,32	-21	0,31904	371,049
5	вул. Сугокліївська29	18166	0,32	-21	0,27840	323,781
6	вул. Сугокліївська27	22775	0,32	-21	0,34903	405,929
7	вул. Зінченка 9	18612	0,32	-21	0,28523	331,730
8	вул. Зінченка 7	19647	0,32	-21	0,30109	350,178
9	вул. Зінченка 5	15124	0,32	-21	0,23178	269,562
10	вул. Сугокліївська 25	20186	0,32	-21	0,30935	359,784
11	вул. Сугокліївська 23	12954	0,35	-21	0,21713	252,531
12	вул. Сугокліївська 21	12665	0,35	-21	0,21229	246,897
13	вул. Сугокліївська 17	12665	0,35	-21	0,21229	246,897
14	вул. Сугокліївська 15	15357	0,32	-21	0,23535	273,715

Продовження табл.2.1

1	2	3	4	5	6	7
15	вул. Зінченка 3	13350	0,35	-21	0,22377	260,250
16	вул. Зінченка 1	13350	0,35	-21	0,22377	260,250
17	вул. Сугокліївська5а	2031	0,43	-21	0,04182	48,6430
18	вул. Сугокліївська5	2031	0,43	-21	0,04182	48,6430
19	вул. Садова,16	2481	0,43	-21	0,05109	59,4207
20	пров. Кріпосний 21	37557	0,32	-21	0,57557	669,396
21	пров. Кріпосний 21А	46763	0,32	-21	0,71666	833,479
22	пров. Кріпосний 19а	31056	0,32	-21	0,47594	553,526
23	пров. Кріпосний 19	32730	0,32	-21	0,50160	583,362
24	вул. В. Пермська,54	1413	0,43	-21	0,02909	33,8417
25	вул.Можайского 6	29569	0,32	-21	0,45315	527,022
26	вул. Зінченка 4б	21924	0,32	-21	0,33599	390,762
27	вул. Зінченка 3а	13350	0,35	-21	0,22377	260,250
Розрахунок теплових навантажень побутових споживачів						
1	Д/с №72	3215	0,38	-21	0,05851	68,0467
2	Д/с № 49	2132	0,38	-21	0,0388	45,1246
3	Бібліотека	446,7	0,38	-21	0,00812	9,45458
4	Будинок д/садка	2898,3	0,38	-21	0,05274	61,3436
5	Харчоблок	3226,5	0,38	-21	0,05871	68,2901
6	Пральня	2097,2	0,38	-21	0,03816	44,3880
7	ПП "Інтер"	2160	0,38	-21	0,03931	45,7172
8	ПП"Тетяна"	2480	0,38	-21	0,04513	52,4901
9	ЖКГ 13	642	0,38	-21	0,01168	13,5881
10	Збіркаса 49/016	244,2	0,38	-21	0,00444	5,16858
11	Головпоштамп ОС-1	448	0,38	-21	0,00815	9,48209
12	МВД	11123,4	0,38	-21	0,20243	235,431
13	АТС-238	1024,3	0,38	-21	0,01864	21,6797
14	Пожежне депо	5664	0,45	-21	0,12206	141,964
15	Ремонт взуття	169	0,38	-21	0,00307	3,57695
16	Салон краси	376,2	0,38	-21	0,00684	7,96242
17	Слюсарна майстерня	337,2	0,38	-21	0,00613	7,13697
18	Майстерські школи	1620,8	0,38	-21	0,02949	34,3048
19	клуб "Гірняк"	861,6	0,38	-21	0,01568	18,2361
20	КП "Кіровогр. Ринки"	346,8	0,38	-21	0,00631	7,34015
21	ПП Бугаєв О.А.	155,56	0,38	-21	0,00283	3,29248
22	СШ №16 корпус №1	27679,4	0,39	-21	0,51699	601,262
23	СШ №16 корпус №2	16913,4	0,39	-21	0,31590	367,399
24	СШ № 7	19222	0,39	-21	0,35902	417,547
25	Допоміжна школа	15017,1	0,39	-21	0,28048	326,207
26	"Промінвестбанк"	980,2	0,38	-21	0,01783	20,7463

1	2	3	4	5	6	7
27	Медцентр "Універсам"	1632	0,38	-21	0,02970	34,5419
28	Перукарня "Камелія"	369,44	0,38	-21	0,00672	7,81934
29	Котельня "Шкільна"	3826,4	0,35	-21	0,06413	74,5935
	Всього				10,474	12181,9

2.2. Визначення теплових навантажень на вентиляцію

У якості прикладу подамо деталізоване обчислення граничних розмірів теплового навантаження на вентиляцію для обраної будівлі, розташованої по пров. Кріпосний № 23:

$$Q_B^P = \alpha_B V_3 \cdot (t_{B.P} - t_{P.3}) = 1,17 \cdot 0,32 \cdot 39729 \cdot (18 - (-21)) \cdot 10^{-6} = 0,421 \text{ Гкал/год,}$$

Загалом для всіх інших будівель визначення обсягів теплових навантажень на вентиляцію здійснюємо за аналогічним підходом, а результуючі значення зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Обсяги теплових навантажень на вентиляцію для визначених будівель мікрорайону

№ з\п	Розташування об'єкту	$V_3, \text{ м}^3$	$q_B, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$	$t_{B.P}, \text{ °C}$	$Q_B^P, \text{ Гкал}$	$Q_B^P, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
1	пров. Кріпосний 23	39729	0,32	-9	0,4215	490,2295
2	вул. Солдатська	27939	0,32	-9	0,2964	344,7487
3	пров. Кріпосний 25	13015	0,35	-9	0,1510	175,6524
4	пров. Кріпосний 27	20818	0,32	-9	0,2208	256,8803
5	вул. Сугокліївська 29	18166	0,32	-9	0,1927	224,1564
6	вул. Сугокліївська 27	22775	0,32	-9	0,2416	281,0284
7	вул. Зінченко 9	18612	0,32	-9	0,1974	229,6597
8	вул. Зінченко 7	19647	0,32	-9	0,2084	242,431
9	вул. Зінченко 5	15124	0,32	-9	0,16046	186,6201
10	вул. Сугокліївська 25	20186	0,32	-9	0,2141	249,0819

1	2	3	4	5	6	7
12	вул. Сугокліївська21	12665	0,35	-9	0,1469	170,9287
13	вул. Сугокліївська17	12665	0,35	-9	0,1469	170,9287
14	вул. Сугокліївська15	15357	0,32	-9	0,1629	189,4952
15	вул.Зінченко 3	13350	0,35	-9	0,1549	180,1736
16	вул.Зінченко 1	13350	0,35	-9	0,1549	180,1736
17	вул. Сугокліївська5а	2031	0,43	-9	0,0289	33,67598
18	вул. Сугокліївська5	2031	0,43	-9	0,0289	33,67598
19	вул. Садова,16	2481	0,43	-9	0,0353	41,13742
20	пров. Кріпосний 21	37557	0,32	-9	0,3984	463,4285
21	пров. Кріпосний 21А	46763	0,32	-9	0,4961	577,0244
22	пров. Кріпосний 19а	31056	0,32	-9	0,3295	383,2104
23	пров. Кріпосний 19	32730	0,32	-9	0,3472	403,8665
24	вул. В. Пермська,54	1413	0,43	-9	0,0201	23,42893
25	вул.Можайского 6	29569	0,32	-9	0,3137	364,8619
26	вул. Зінченко 4б	21924	0,32	-9	0,2326	270,5276

Для комунально-побутових споживачів

1	Д/с №72	18915	0,38	-9	0,04050	47,10927
2	Д/с № 49	2132	0,38	-9	0,02686	31,24012
3	Бібліотека	446,7	0,38	-9	0,00562	6,545478
4	Будинок д/садка	2898,3	0,38	-9	0,03651	42,46868
5	Харчоблок	3226,5	0,38	-9	0,04065	47,27778
6	Пральня	2097,2	0,38	-9	0,02642	30,73019
7	ПП "Інтер"	2160	0,38	-9	0,02721	31,6504
8	ПП "Тетяна"	2480	0,38	-9	0,03124	36,33935
9	ЖКГ 13	642	0,38	-9	0,00808	9,407202
10	Збіркаса 49/016	244,2	0,38	-9	0,00307	3,578253
11	Головпоштамп ОС-1	448	0,38	-9	0,00564	6,564527
12	МВД	11123,4	0,38	-9	0,14014	162,9908
13	АТС-238	1024,3	0,38	-9	0,01290	15,00903
14	Пожежне депо	5664	0,45	-9	0,08450	98,28282
15	Ремонт взуття	169	0,38	-9	0,00212	2,476351
16	Салон краси	376,2	0,38	-9	0,00474	5,512445
17	Слюсарна майстерня	337,2	0,38	-9	0,00424	4,940979
18	Майстерські школи	1620,8	0,38	-9	0,02042	23,74952
19	клуб "Гірняк"	861,6	0,38	-9	0,01085	12,62499
20	КП "Кіровогр. Ринки"	346,8	0,38	-9	0,00436	5,081647
21	ПП «Бугаєв» О.А.	155,56	0,38	-9	0,00196	2,279415
22	СШ № 16 Корпус №1	27679,4	0,39	-9	0,35791	416,2585
23	СШ № 16 корпус №2	16913,4	0,39	-9	0,21870	254,3533
24	СШ № 7	19222	0,39	-9	0,24855	289,0713

Продовження таблиці 2.2.

25	Допоміжна школа	15017,1	0,39	-9	0,19418	225,8357
26	"Промінвестбанк"	980,2	0,38	-9	0,01235	14,36283
27	Медцентр "Універсам"	1632	0,38	-9	0,02056	23,91364
28	Перукарня "Камелія"	369,44	0,38	-9	0,00465	5,413391
29	Котельня "Шкільна"	3826,4	0,35	-9	0,04440	51,64167
	Всього				7,251	8433,67

2.3. Визначення теплових навантажень на ГВП

Визначення обсягів навантажень на ГВП здійснюємо детально для будівлі, розташованої по пров. Кріпосний № 23.

Визначаємо витрату споживаної гарячої води за виразом:

$$G_{z.g}^{cp} = \frac{n \cdot g_{cp}}{(1000 \cdot T)} = \frac{432 \cdot 112}{(1000 \cdot 24)} = 2,016 \text{ м}^3/\text{год},$$

Обсяги витрати тепла на ГВП (середнє):

$$Q_{z.g}^{cp} = G_{z.g}^{cp} \cdot \rho_g \cdot (t_z - t_{x.z}) \cdot 10^{-6} = 2,016 \cdot 998,23 \cdot (55 - 5) \cdot 10^{-6} = 0,1006 \text{ Гкал}.$$

Визначаємо значення максимальних годинних витрат гарячої води та теплової енергії для будівель відповідно до:

$$G_{z.g}^{max} = \beta \cdot G_{z.g}^{cp} = 2 \cdot 2,016 = 4,032 \text{ т/год},$$

$$Q_{z.g}^{max} = \beta \cdot Q_{z.g}^{cp} = 2 \cdot 0,1006 = 0,2012 \text{ Гкал/год},$$

Відповідно, отримаємо середньогодинне значення витрати спож. гарячої води:

$$Q_{z.g}^{л.ср} = Q_{z.g}^{cp} \cdot \frac{t_z - t_{x.л}}{t_z - t_{x.z}} \cdot K_{л} = 0,1006 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,0643 \text{ Гкал/год}.$$

У табл. 2.3. подано визначені, за аналогічним підходом, значення теплових навантажень на гаряче водопостачання для всіх інших обраних будівель мікрорайону.

Таблиця 2.3. Розрахунок обсягів теплових навантажень на ГВП

Найменування об'єкту	№	G _{г.в.} ^{ср} м ³ /год	Q _{г.в.} ^{ср} Гкал	G _{г.в.} ^{макс} т/год	Q _{г.в.} ^{макс} Гкал/год	Q _{г.в.} ^{л.ср} Гкал/год	Q _{г.в.} ^{ср} кВт	Q _{г.в.} ^{л.ср} кВт
Обсяги теплових навантажень для житлових будівель м. Ікрорайону								
пров.Кріпосний 23	432	2,016	0,10062	4,032	0,201243	0,064398	234,0458	74,894
вул.Солдатська	315	1,47	0,07337	2,94	0,14674	0,046957	170,6584	54,61069
пров. Кріпосний 25	150	0,7	0,03493	1,4	0,069876	0,02236	81,2659	26,00509
пров. Кріпосний 27	216	1,008	0,05031	2,016	0,100622	0,032199	117,0229	37,44733
вул. Сугокліївська29	168	0,784	0,03913	1,568	0,078261	0,025044	91,01781	29,1257
вул. Сугокліївська27	234	1,092	0,05450	2,184	0,109007	0,034882	126,7748	40,56794
вул.Зінченко 9	216	1,008	0,05031	2,016	0,100622	0,032199	117,0229	37,44733
вул.Зінченко 7	225	1,05	0,05240	2,1	0,104814	0,033541	121,8989	39,00763
вул.Зінченко 5	135	0,63	0,03144	1,26	0,062888	0,020124	73,13931	23,40458
вул. Сугокліївська25	312	1,456	0,07267	2,912	0,145342	0,04651	169,0331	54,09059
вул. Сугокліївська23	120	0,56	0,02795	1,12	0,055901	0,017888	65,01272	20,80407
вул. Сугокліївська21	108	0,504	0,02515	1,008	0,050311	0,016099	58,51145	18,72366
вул. Сугокліївська17	216	1,008	0,05031	2,016	0,100622	0,032199	117,0229	37,44733
вул. Сугокліївська15	108	0,504	0,02515	1,008	0,050311	0,016099	58,51145	18,72366
вул.Зінченко 3	180	0,84	0,0419	1,68	0,083851	0,026832	97,51909	31,20611
вул.Зінченко 1	216	1,008	0,05031	2,016	0,100622	0,032199	117,0229	37,44733
вул. Сугокліївська5а	18	0,084	0,00419	0,168	0,008385	0,002683	9,751909	3,120611
вул. Сугокліївська5	24	0,112	0,00559	0,224	0,01118	0,003578	13,00254	4,160814
вул.Садова 16	54	0,252	0,01257	0,504	0,025155	0,00805	29,25573	9,361832

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
пров. Кріпосний 21	480	2,24	0,111802	4,48	0,223604	0,071553	260,0509	83,21629
пров. Кріпосний 21А	780	3,64	0,181678	7,28	0,363356	0,116274	422,5827	135,2265
пров. Кріпосний 19а	540	2,52	0,125777	5,04	0,251554	0,080497	292,5573	93,61832
пров. Кріпосний 19	276	1,288	0,064286	2,576	0,128572	0,041143	149,5293	47,84936
вул. В. Пермська,54	36	0,168	0,008385	0,336	0,01677	0,005366	19,50382	6,241221
вул.Можайського 6	306	1,428	0,071274	2,856	0,142547	0,045615	165,7824	53,05038
вул.Зінченко 4б	270	1,26	0,062888	2,52	0,125777	0,040249	146,2786	46,80916
вул.Зінченко 3а	180	0,84	0,041926	1,68	0,083851	0,026832	97,51909	31,20611
Обсяги теплових навантажень для комунально-побутових споживачів мікрорайону								
Д/с №72	400	1	0,049912	2	0,099823	0,031943	116,0941	37,15013
Д/с № 49	250	0,625	0,031195	1,25	0,062389	0,019965	72,55884	23,21883
Бібліотека	30	0,0125	0,000624	0,025	0,001248	0,000399	1,451177	0,464377
Будинок д/садка	80	0,2	0,009982	0,4	0,019965	0,006389	23,21883	7,430026
Харчоблок	30	0,005	0,00025	0,01	0,000499	0,00016	0,580471	0,185751
Пральня	18	0,0375	0,001872	0,075	0,003743	0,001198	4,353531	1,39313
ПП "Інтер"	15	0,00625	0,000312	0,0125	0,000624	0,0002	0,725588	0,232188
ПП "Тетяна"	12	0,005	0,00025	0,01	0,000499	0,00016	0,580471	0,185751
ЖКГ 13	12	0,007	0,000349	0,014	0,000699	0,000224	0,812659	0,260051
Збіркаса 49/016	4	0,001333	6,65E-05	0,002667	0,000133	4,26E-05	0,154792	0,049534
Головпоштамп ОС-1	6	0,0025	0,000125	0,005	0,00025	7,99E-05	0,290235	0,092875
МВД	230	0,479167	0,023916	0,958333	0,047832	0,015306	55,62845	17,8011
АТС-238	8	0,006667	0,000333	0,013333	0,000665	0,000213	0,773961	0,247668
Пожежне депо	18	0,045	0,002246	0,09	0,004492	0,001437	5,224237	1,671756
Ремонт взуття	4	0,008333	0,000416	0,016667	0,000832	0,000266	0,967451	0,309584

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Салон краси	8	0,023333	0,001165	0,046667	0,002329	0,000745	2,708863	0,866836
Слюсарна майстерня	7	0,0175	0,000873	0,035	0,001747	0,000559	2,031648	0,650127
Майстерські школи клуб "Гірняк"	75	1,40625	0,070188	2,8125	0,140376	0,04492	163,2574	52,24237
КП "Кіровоград. Ринки"	150	0,3125	0,015597	0,625	0,031195	0,009982	36,27942	11,60941
КП "Кіровоград. Ринки"	6	0,0075	0,000374	0,015	0,000749	0,00024	0,870706	0,278626
ПП «Бугаєв» О.А.	8	0,005333	0,000266	0,010667	0,000532	0,00017	0,619169	0,198134
СШ № 16 Корпус №1	1100	2,75	0,137257	5,5	0,274513	0,087844	319,2589	102,1629
СШ № 16 корпус №2	600	1,5	0,074867	3	0,149735	0,047915	174,1412	55,72519
СШ № 7	700	1,75	0,087345	3,5	0,17469	0,055901	203,1648	65,01272
Допоміжна школа	580	1,45	0,072372	2,9	0,144743	0,046318	168,3365	53,86769
"Промінвестбанк"	7	0,004667	0,000233	0,009333	0,000466	0,000149	0,541773	0,173367
Медцентр "Універсам"	5	0,005	0,00025	0,01	0,000499	0,00016	0,580471	0,185751
Перукарня "Камелія"	5	0,009167	0,000458	0,018333	0,000915	0,000293	1,064196	0,340543
Котельня "Шкільна"	8	0,016667	0,000832	0,033333	0,001664	0,000532	1,934902	0,619169
Всього					4,11	1,31	4780	1529,67

До таблиці 2.4. зводимо обсяги отриманого загального теплового навантаження об'єктів мікрорайону.

Таблиця 2.4. Загальні обсяги теплового навантаження об'єктів мікрорайону

№ з\п	Місцезнаходження об'єкту	Q_o^p	Q_B^p	$Q_{ГВ}^{CP}$	Q_{Σ}
1	2	3	4	5	6
Обсяги теплових навантажень житлових будівель мікрорайону					
1	пров.Кріпосний 23	708,1093	490,2295	234,045	1432,38
2	вул.Солдатська	497,9704	344,7487	170,6584	1013,378
3	пров. Кріпосний 25	253,7201	175,6524	81,2659	510,6384
4	пров. Кріпосний 27	371,0493	256,8803	117,0229	744,9526
5	вул. Сугокліївська29	323,7815	224,1564	91,01781	638,9557
6	вул. Сугокліївська27	405,9299	281,0284	126,7748	813,7331
7	вул.Зінченко 9	331,7307	229,6597	117,0229	678,4134
8	вул.Зінченко 7	350,178	242,431	121,8989	714,5079
9	вул.Зінченко 5	269,5624	186,6201	73,13931	529,3219
10	вул. Сугокліївська25	359,7849	249,0819	169,0331	777,8998
11	вул. Сугокліївська23	252,531	174,8291	65,01272	492,3728
12	вул. Сугокліївська21	246,8971	170,9287	58,51145	476,3373
13	вул. Сугокліївська17	246,8971	170,9287	117,0229	534,8487
14	вул. Сугокліївська15	273,7153	189,4952	58,51145	521,7219
15	вул.Зінченко 3	260,2508	180,1736	97,51909	537,9434
16	вул.Зінченко 1	260,2508	180,1736	117,0229	557,4473
17	вул. Сугокліївська5а	48,64308	33,67598	9,751909	92,07097
18	вул. Сугокліївська5	48,64308	33,67598	13,00254	95,3216
19	вул. Садова,16	59,42072	41,13742	29,25573	129,8139
20	пров. Кріпосний 21	669,3967	463,4285	260,0509	1392,876
21	пров. Кріпосний 21А	833,4797	577,0244	422,5827	1833,087
22	пров. Кріпосний 19а	553,5262	383,2104	292,5573	1229,294
23	пров. Кріпосний 19	583,3627	403,8665	149,5293	1136,758
24	вул. В. Пермська,54	33,84179	23,42893	19,50382	76,77454
25	вул.Можайского 6	527,0227	364,8619	165,7824	1057,667
26	вул.Зінченко 4б	390,7621	270,5276	146,2786	807,5684
27	вул.Зінченко 3а	260,2508	180,1736	97,51909	537,9434
28	пров.Кріпосний 23	708,1093	490,2295	234,045	1432,38

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6
Обсяги теплових навантажень комунально-побутових споживачів мікрорайону					
31	Д/с №72	68,04673	47,10927	116,0941	231,2502
32	Д/с № 49	45,12461	31,24012	72,55884	148,9236
33	Бібліотека	9,45458	6,545478	1,451177	17,45124
34	Будинок д/садка	61,34365	42,46868	23,21883	127,0312
35	Харчоблок	68,29013	47,27778	0,580471	116,1484
36	Пральня	44,38806	30,73019	4,353531	79,47178
37	ПП "Інтер"	45,71724	31,6504	0,725588	78,09323
38	ПП "Тетяна"	52,49017	36,33935	0,580471	89,40999
39	ЖКГ 13	13,58818	9,407202	0,812659	23,80804
40	Збіркаса 49/016	5,168588	3,578253	0,154792	8,901634
41	Головпоштамп ОС-1	9,482095	6,564527	0,290235	16,33686
42	МВД	235,4311	162,9908	55,62845	454,0503
43	АТС-238	21,67971	15,00903	0,773961	37,4627
44	Пожежне депо	141,9641	98,28282	5,224237	245,4711
45	Ремонт взуття	3,576951	2,476351	0,967451	7,020753
46	Салон краси	7,96242	5,512445	2,708863	16,18373
47	Слюсарна майстерня	7,13697	4,940979	2,031648	14,1096
48	Майстерські школи	34,30486	23,74952	163,2574	221,3118
49	клуб "Гірняк"	18,2361	12,62499	36,27942	67,14051
50	КП "Кіровогр. Ринки"	7,340157	5,081647	0,870706	13,29251
51	ПП «Бугаєв» О.А.	3,292488	2,279415	0,619169	6,191072
52	СШ № 16 Корпус №1	601,2623	416,2585	319,2589	1336,78
53	СШ № 16 корпус №2	367,3992	254,3533	174,1412	795,8937
54	СШ № 7	417,5475	289,0713	203,1648	909,7836
55	Допоміжна школа	326,2071	225,8357	168,3365	720,3792
56	"Промінвестбанк"	20,74632	14,36283	0,541773	35,65092
57	Медцентр "Універсам"	34,54192	23,91364	0,580471	59,03602
58	Перукарня "Камелія"	7,819342	5,413391	1,064196	14,29693
59	Котельня "Шкільна"	74,59352	51,64167	1,934902	128,1701
	Всього	12181,98	8433,67	4780,22	25395,88

2.4. Графіки теплових навантажень

Для отримання годинних графіків витрати теплоти на опалення доцільно використати значення теплового навантаження Q_o^p за температур $t_3 = t_{p.o.}$ та $t_3 = +8$ °С. За тим же принципом, для отримання годинних графіків витрати

теплоти на вентиляцію використаємо значення обсягів теплового навантаження Q_o^p за температур $t_3 = t_{p.в.}$ та $t_3 = +8$ °С.

Виконаємо розрахунок годинних витрат, базуючись на відомих значеннях температури зовнішнього повітря $t_3 = +8$ °С, отримаємо:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 12181,98 \cdot \frac{(18 - (-5,3))}{(18 - (-21))} = 7465,36 \text{ Гкал/год}$$

Значення обсягів витрат, для випадку найнижчого значення температури зовнішнього повітря, набуде значень:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{B.P} - t_3}{t_{B.P} - t_{P.O}} \right) = 8433,67 \cdot \frac{(18 - (-5,3))}{(18 - (-21))} = 5168,32 \text{ Гкал/год}$$

Визначаємо загальне значення витрати теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання, наприклад, для січня:

$$Q_{\Sigma}^{\text{січ}} = Q_o^p + Q_b^p + Q_{г.з.}^{\text{макс}} = 7465,36 + 5168,32 + 4780,22 = 17413,91 \text{ кВт/год}$$

де Q_o^p - розрахункове значення теплового навантаження на опалення, кВт/год;

Q_b^p - розрахункове значення теплового навантаження на вентиляцію, кВт/год.

Визначення річного графіка навантаження за тривалістю ґрунтується на аналізі розподілу зовнішніх температур із кроком 5 °С, з урахуванням тривалості опалювального періоду, яка згідно з [8] становить $n_0 = 6836$ год. На основі цих даних були отримані розрахункові параметри споживання теплової енергії, які зведено у таблицю 2.5. Форма річного графіка навантаження представлена на рисунку 2.1, тоді як на рисунку 2.2 наведено графік щомісячного споживання теплової енергії.

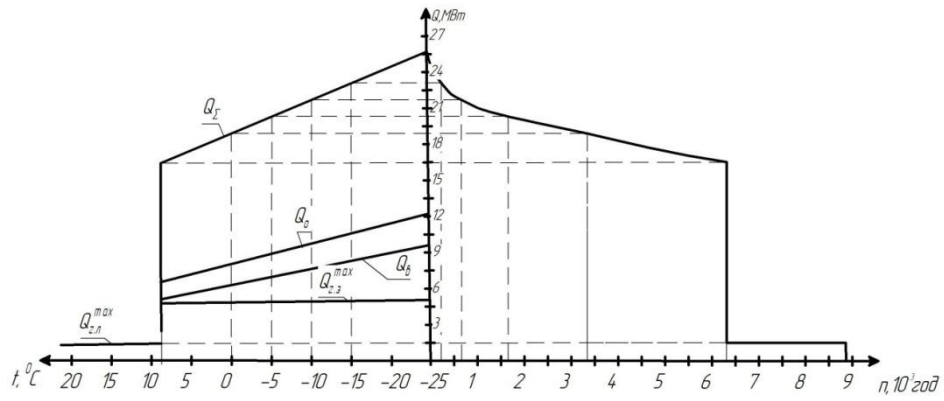


Рисунок 2.1. Графік (за тривалістю) для річного споживання тепл. енергії

Таблиця 2.5. Отримані середньогодинні витрати теплової енергії

№	Місяць	$t_{p.}, ^\circ\text{C}$	$Q_{o^p}, \text{кВт}$	$Q_{o^v}, \text{кВт}$	$Q_{г.з.}, \text{кВт}$	$Q_{\square}, \text{кВт}$
1	Січень	-5,90	7465,367	5168,326	4780,22	17413,91
2	Лютий	-5,20	7246,716	5016,952	4780,22	17043,89
3	Березень	-0,40	5747,396	3978,962	4780,22	14506,58
4	Квітень	7,50	3279,764	2270,603	4780,22	10330,59
5	Травень	14,70	0	0	1529,70	1529,70
6	Червень	17,80	0	0	1529,70	1529,70
7	Липень	23,20	0	0	1529,70	1529,70
8	Серпень	21,60	0	0	1529,70	1529,70
9	Вересень	13,90	0	0	1529,70	1529,70
10	Жовтень	7,50	3279,764	2270,603	4780,22	10330,59
11	Листопад	1,20	5247,622	3632,966	4780,22	13660,81
12	Грудень	-3,5	4529,198	3135,595	4780,22	12445,01

Обґрунтування вибору полягає у відсутності необхідності у постачанні пари, а також у характері теплових навантажень, які можуть бути ефективно покриті водяним теплоносієм у замкненому циклі.

Джерелом теплопостачання об'єктів (див. рисунок 3.2) є груповий тепловий пункт.

Принцип функціонування системи полягає у транспортуванні теплової енергії до теплового пункту за допомогою двотрубної теплової мережі. Теплоносій подається до системи опалення через магістральні трубопроводи I та II, які забезпечують циркуляцію теплоносія між джерелом тепла та споживачами. Для забезпечення процесу гарячого водопостачання використовуються окремі контури – трубопроводи III та IV, які здійснюють подачу та відведення води відповідно.

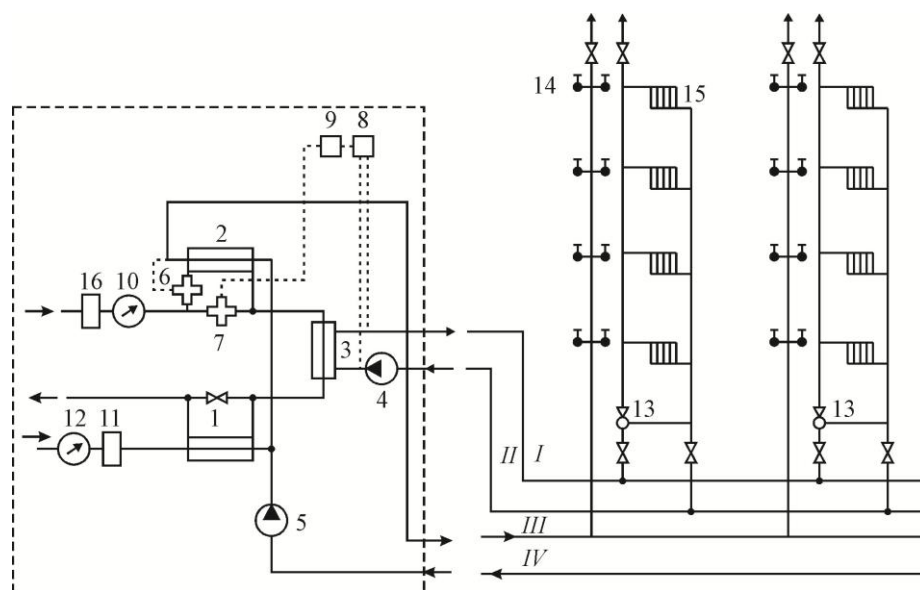


Рисунок 3.2. Система теплопостачання на рівні теплового пункту (принципова схема)

Виконаємо підбір водогрійних котлів (теплогенераторів) для котельні, що забезпечуватиме теплопостачання мікрорайону «Шкільний».

Згідно з проведеними теплотехнічними розрахунками, сумарне теплове навантаження району становить:

- $Q_{\Sigma} = 20,6$ МВт - для системи опалення та технологічних потреб,

- $Q_{ГВ} = 4,7 \text{ МВт}$ - для системи гарячого водопостачання.

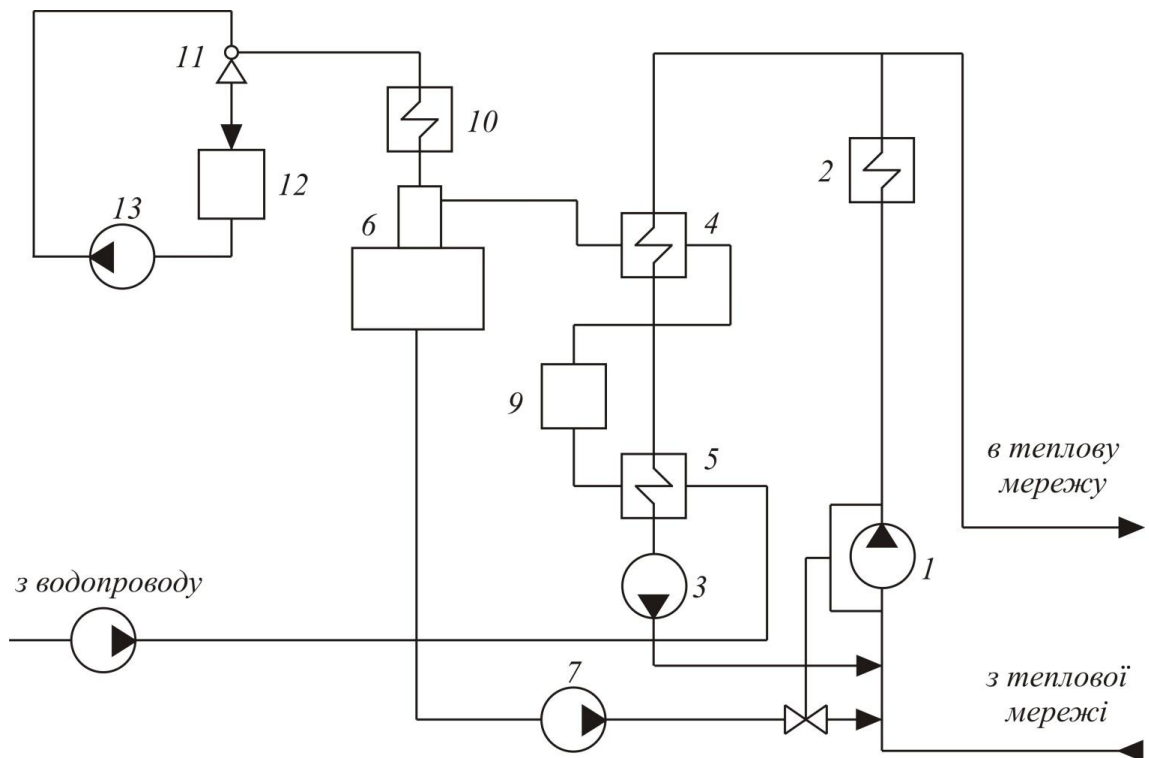


Рисунок 3.3. Схема організації теплового процесу у водогрійній котельні

З метою забезпечення надійності теплозабезпечення передбачається встановлення двох котлів типу КВ-ГМ-20 номінальною потужністю по 46,52 МВт — один працює у штатному режимі, інший виконує функцію резервного агрегату. Для покриття теплового навантаження, пов'язаного з підготовкою гарячої води, обирається водогрійний котел типу КВГ-7,5, тепла потужність якого становить 7,56 МВт. Обраний вид палива - природний газ.

Основні техніко-експлуатаційні характеристики зазначених котлів подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Техніко-експлуатаційні характеристики котлів КВ-ГМ-20 та КВГ-7,5

Тип котельної установки	Теплова прод. агрегату, МВт	Початковий тиск теплоносія, МПа	Температура води на виході, °С	Температура води на вході, °С	Обсяг циркулюючої води, т/год.
КВ-ГМ-20	23,26	2,45	150	70	247
КВГ-7,5	7,56	1,6	150	70	80,2

3.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Базовою інформацією для виконання гідравлічного розрахунку є вихідна інформація щодо годинної витрати води та визначена довжина труб. У табл. 3.2 наведено отримані дані гідравлічного розрахунку.

У той же час, розрахунок параметрів теплової ізоляції, проієдано із застосуванням програмного комплексу АО «ТЕПЛОПРОЕКТ», отримані під час розрахунку значення згруповано та подано у вигляді табл.3.3.

Таблиця 3.3. Параметри теплової ізоляції за результатами розрахунків

№ з/П	Діаметр трубопроводу, мм	Температура ґрунтового середовища, С ⁰	Коеф. теплопро. ґрунту, м	Визначена товщина ізоляційного шару, м	Теплові втрати в подаючому трубопроводі, Вт/м	Теплові втрати у зворотному трубопроводі, Вт/м
1	400	5,0	1,8	31,5	87,0	15,1
2	300	5,0	1,8	29,0	74,0	14,1
3	250	5,0	1,8	28,9	65,0	13,7
4	200	5,0	1,8	28,9	55,0	12,8
5	150	5,0	1,8	26,2	46,0	11,5
6	100	5,0	1,8	20,9	39,0	9,6
7	80	5,0	1,8	24,6	35,0	12,5
8	70	5,0	1,8	23,9	32,0	11,8
9	50	5,0	1,8	20,9	28,0	10,2

Таблиця 3.2. Гідрравлічні розрахунки для проектування теплової мережі для об'єктів мікрорайону

№	№ розрахункової	Характеристика		Визначені дані розглянутої ділянки											Втрати напорів від дж. Теплопостач. Δр, М	Тиск в кінці ділянки Р факт, М.В.СТ
		Діаметр D, мм	Довжина L, м	Втрати води G, т/год	Швидкість води G, т/год	Питомі втрати напорів для значень K=0,5	R Па/м	Еквівалентна шорховатість Fш, мм	Поправковий коефіцієнт, K _{уЛ-втр}	Дійсне значення питомих втрат ΔR _{дп} , Па/м	Лінійні Δртр, М	Місцеві Δрміс, М	Всього Δрв, М	Всього за двома трубопровод Δрв, М		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Теплова мережа																
1		400	67	245,73	0,54	0,75	2,0	1,46	1,091	0,073	0,0146	0,088	0,175	0,175	49,82	
2	1	400	402	156,22	0,35	0,30	2,0	1,46	0,441	0,177	0,0355	0,213	0,425	0,601	49,40	
3	2	300	120	135,30	0,53	1,03	2,0	1,49	1,531	0,184	0,0367	0,220	0,441	1,042	48,96	
4	3	300	185	127,78	0,50	0,92	2,0	1,49	1,365	0,253	0,0505	0,303	0,606	1,648	48,35	
5	4	300	280	125,31	0,49	0,88	2,0	1,49	1,313	0,368	0,0735	0,441	0,882	2,530	47,47	
6	5	200	56	97,92	0,87	4,55	2,0	1,52	6,920	0,388	0,0775	0,465	0,930	3,460	46,54	
7	6	200	191	89,89	0,80	3,84	2,0	1,52	5,831	1,114	0,2228	1,337	2,673	6,133	43,87	
8	7	200	51	72,79	0,64	2,52	2,0	1,52	3,824	0,195	0,0390	0,234	0,468	6,601	43,40	
9	8	150	51	47,24	0,74	4,84	2,0	1,55	7,500	0,382	0,0765	0,459	0,918	7,519	42,48	
10	9	150	69	41,31	0,65	3,70	2,0	1,55	5,735	0,396	0,0791	0,475	0,950	8,469	41,53	
11	10	150	70	34,69	0,55	2,61	2,0	1,55	4,044	0,283	0,0566	0,340	0,679	9,149	40,85	
12	11	150	75	24,64	0,39	1,32	2,0	1,55	2,040	0,153	0,0306	0,184	0,367	9,516	40,48	

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	12	150	102	9,64	0,15	0,20	2,0	1,55	0,312	0,032	0,0064	0,038	0,076	9,592	40,41
14	13	50	120	3,72	0,53	10,25	2,0	1,71	17,527	2,103	0,4206	2,524	5,048	14,640	35,36
15	14	80	60	2,20	0,12	0,29	2,0	1,63	0,478	0,029	0,0057	0,034	0,069	14,709	35,29
16	15	70	65	2,20	0,16	0,60	2,0	1,65	0,985	0,064	0,0128	0,077	0,154	14,862	35,14
17	14	80	70	1,52	0,08	0,14	2,0	1,63	0,228	0,016	0,0032	0,019	0,038	14,678	35,32
18	17	80	50	0,80	0,04	0,04	2,0	1,63	0,063	0,003	0,0006	0,004	0,008	14,686	35,31
19	13	100	25	5,92	0,21	0,65	2,0	1,6	1,040	0,026	0,0052	0,031	0,062	9,655	40,35
20	12	80	100	5,03	0,28	1,53	2,0	1,63	2,500	0,250	0,0500	0,300	0,600	10,116	39,88
21	12	80	35	4,39	0,24	1,17	2,0	1,63	1,904	0,067	0,0133	0,080	0,160	9,676	40,32
22	12	50	35	5,58	0,79	23,06	2,0	1,71	39,435	1,380	0,2760	1,656	3,313	12,828	37,17
23	11	80	15	10,05	0,56	6,12	2,0	1,63	9,980	0,150	0,0299	0,180	0,359	9,508	40,49
24	23	50	45	1,00	0,14	0,74	2,0	1,71	1,267	0,057	0,0114	0,068	0,137	9,645	40,36
25	23	70	25	9,05	0,65	10,10	2,0	1,65	16,662	0,417	0,0833	0,500	1,000	10,508	39,49
26	10	80	62	6,62	0,37	2,66	2,0	1,63	4,330	0,268	0,0537	0,322	0,644	9,113	40,89
27	9	100	25	5,93	0,21	0,65	2,0	1,6	1,043	0,026	0,0052	0,031	0,063	7,582	42,42
28	27	80	40	3,81	0,21	0,88	2,0	1,63	1,434	0,057	0,0115	0,069	0,138	7,720	42,28
29	27	80	25	2,12	0,12	0,27	2,0	1,63	0,444	0,011	0,0022	0,013	0,027	7,609	42,39
30	8	100	40	5,60	0,20	0,58	2,0	1,6	0,931	0,037	0,0074	0,045	0,089	6,691	43,31
31	8	100	86	9,81	0,35	1,78	2,0	1,6	2,856	0,246	0,0491	0,295	0,589	7,191	42,81
32	7	100	68	17,10	0,61	5,42	2,0	1,6	8,677	0,590	0,1180	0,708	1,416	7,549	42,45
33	6	80	31	8,03	0,44	3,91	2,0	1,63	6,372	0,198	0,0395	0,237	0,474	3,934	46,07
34	5	100	12	27,39	0,97	13,91	2,0	1,6	22,262	0,267	0,0534	0,321	0,641	3,171	46,83
35	34	100	72	19,23	0,68	6,86	2,0	1,6	10,973	0,790	0,1580	0,948	1,896	5,068	44,93
36	35	100	60	11,02	0,39	2,25	2,0	1,6	3,604	0,216	0,0432	0,259	0,519	5,587	44,41
37	35	80	15	8,21	0,45	4,09	2,0	1,63	6,660	0,100	0,0200	0,120	0,240	5,307	44,69
38	4	150	10	2,47	0,04	0,01	2,0	1,55	0,021	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,648	48,35

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
39	38	80	15	2,47	0,14	0,37	2,0	1,63	0,603	0,009	0,0018	0,011	0,022	1,670	48,33
40	3	80	30	7,52	0,42	3,43	2,0	1,63	5,588	0,168	0,0335	0,201	0,402	1,444	48,56
41	2	200	150	20,92	0,19	0,21	2,0	1,52	0,316	0,047	0,0095	0,057	0,114	0,715	49,29
42	41	150	40	20,92	0,33	0,95	2,0	1,55	1,471	0,059	0,0118	0,071	0,141	0,856	49,14
43	42	80	17	11,27	0,62	7,70	2,0	1,63	12,551	0,213	0,0427	0,256	0,512	1,368	48,63
44	42	80	52	9,65	0,53	5,65	2,0	1,63	9,202	0,478	0,0957	0,574	1,148	2,004	48,00
45	1	250	10	89,51	0,51	1,17	2,0	1,5	1,761	0,018	0,0035	0,021	0,042	0,218	49,78
46	45	250	232	82,68	0,47	1,00	2,0	1,5	1,502	0,348	0,0697	0,418	0,836	1,054	48,95
47	46	250	80	82,36	0,47	0,99	2,0	1,5	1,491	0,119	0,0238	0,143	0,286	1,340	48,66
48	47	250	25	69,86	0,40	0,71	2,0	1,5	1,072	0,027	0,0054	0,032	0,064	1,405	48,60
49	48	200	75	60,87	0,54	1,76	2,0	1,52	2,674	0,201	0,0401	0,241	0,481	1,886	48,11
50	49	250	95	34,38	0,19	0,17	2,0	1,5	0,260	0,025	0,0049	0,030	0,059	1,945	48,05
51	50	250	25	32,16	0,18	0,15	2,0	1,5	0,227	0,006	0,0011	0,007	0,014	1,959	48,04
52	51	200	191	19,79	0,18	0,19	2,0	1,52	0,283	0,054	0,0108	0,065	0,130	2,088	47,91
53	52	200	33	18,16	0,16	0,16	2,0	1,52	0,238	0,008	0,0016	0,009	0,019	2,107	47,89
54	53	80	282	13,06	0,72	10,34	2,0	1,63	16,854	4,753	0,9506	5,703	11,407	13,514	36,49
55	54	80	40	13,06	0,72	10,34	2,0	1,63	16,854	0,674	0,1348	0,809	1,618	15,132	34,87
56	55	100	10	13,06	0,46	3,16	2,0	1,6	5,061	0,051	0,0101	0,061	0,121	15,253	34,75
57	56	80	20	13,06	0,72	10,34	2,0	1,63	16,854	0,337	0,0674	0,404	0,809	16,062	33,94
58	57	100	60	4,38	0,16	0,36	2,0	1,6	0,569	0,034	0,0068	0,041	0,082	16,144	33,86
59	57	100	20	8,68	0,31	1,40	2,0	1,6	2,236	0,045	0,0089	0,054	0,107	16,170	33,83
60	53	80	15	5,10	0,28	1,58	2,0	1,63	2,570	0,039	0,0077	0,046	0,093	2,200	47,80
61	52	80	27	1,63	0,09	0,16	2,0	1,63	0,263	0,007	0,0014	0,009	0,017	2,105	47,89
62	50	80	30	6,75	0,37	2,76	2,0	1,63	4,502	0,135	0,0270	0,162	0,324	2,269	47,73
63	50	80	20	5,62	0,31	1,91	2,0	1,63	3,121	0,062	0,0125	0,075	0,150	2,095	47,91

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
64	50	58	2,22	0,31	3,65	2,0	1,71	6,242	0,362	0,0724	0,434	0,869	2,814	47,19	
65	49	200	14,25	0,13	0,10	2,0	1,52	0,147	0,022	0,0044	0,026	0,053	1,939	48,06	
66	65	80	14,25	0,79	12,31	2,0	1,63	20,065	0,401	0,0803	0,482	0,963	2,902	47,10	
67	66	70	7,64	0,55	7,20	2,0	1,65	11,874	2,731	0,5462	3,277	6,555	9,456	40,54	
68	67	70	6,62	0,48	5,40	2,0	1,65	8,915	3,120	0,6241	3,744	7,489	16,945	33,05	
69	67	50	1,02	0,14	0,77	2,0	1,71	1,318	0,036	0,0071	0,043	0,085	9,542	40,46	
70	49	80	12,24	0,68	9,08	2,0	1,63	14,804	0,444	0,0888	0,533	1,066	2,952	47,05	
71	48	80	8,99	0,50	4,90	2,0	1,63	7,986	0,104	0,0208	0,125	0,249	1,654	48,35	
72	47	80	12,50	0,69	9,47	2,0	1,63	15,440	0,232	0,0463	0,278	0,556	1,896	48,10	
73	46	80	0,32	0,02	0,01	2,0	1,63	0,010	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,054	48,95	
74	45	70	6,83	0,49	5,75	2,0	1,65	9,490	0,285	0,0569	0,342	0,683	0,901	49,10	
75		250	15,06	0,09	0,03	2,0	1,5	0,050	0,007	0,0015	0,009	0,018	0,018	49,98	
76	75	150	15,06	0,24	0,49	2,0	1,55	0,762	0,114	0,0229	0,137	0,274	0,292	49,71	
77	76	100	11,13	0,39	2,30	2,0	1,6	3,676	0,221	0,0441	0,265	0,529	0,822	49,18	
78	76	80	3,93	0,22	0,94	2,0	1,63	1,526	0,049	0,0098	0,059	0,117	0,410	49,59	

Таблиця 4.1. Розрахунки умовного центру для побудови картограми навантажень мікрорайону

№ з/п	Розташування об'єкта	Координати		$r_{ци}$, мм	α_i	Р _{осв.} кВт	Р _{сил.} кВт
		X,мм	Y,мм				
ТП №1		38,93	18,83				
1	Вул. Сугокліївська 5а	36,8	19	16,7712	220,108	44,16	27
2	Вул. Сугокліївська 5	37,1	20	17,4231	183,55	47,66	24,3
3	Вул. Зінченка 1	35,5	16,6	40,8430	43,2989	261,9	31,5
4	МВД	39,7	19,2	15,9697	163,186	40,04	18,1
ТП №2		33,18	13,78				
5	Вул. Зінченка 4б	33,7	13,5	43,2295	29,8159	293,4	24,3
6	Вул. Зінченка 3а	33,8	15,1	33,6618	49,1736	177,9	24,3
7	Майстерські школи	31,2	11,9	24,9202	24,4061	97,5	6,61
8	СШ № 16 корпус №2	32,2	13,6	31,3191	97,9480	154	41,9
ТП №3		33,2	17,6				
9	Вул. Сугокліївська15	34,1	18,3	29,8083	62,7096	139,5	24,3
10	Вул. Сугокліївська17	33,2	18,4	36,1763	42,9259	205,47	24,5
11	Вул. Зінченка 3	33,7	16,3	33,7469	50,7382	178,8	25,2
12	Д/с № 49	31	17,5	25,2377	122,04	100	33,9
ТП №4		27,2	17,8				
13	Вул. Сугокліївська25	26,3	17,8	44,4982	44,1206	310,87	38,1
14	Вул. Сугокліївська23	28,1	18,1	29,5184	56,8421	136,8	21,6
15	Вул. Сугокліївська21	28,9	17,7	25,8036	42,1868	104,53	12,2
ТП №5		26,7	14,8				
16	Вул. Зінченка 5	28,6	15,4	33,5623	46,7175	176,85	22,9
17	Вул. Зінченка 7	26,1	15,6	40,6789	39,9076	259,8	28,8
18	СШ № 16 Корпус №1	26,2	13,5	28,9959	186,981	132	68,5
ТП №6		21,7	13,6				
19	Вул. Зінченка 9	22,9	14,1	41,3313	50,7382	268,2	37,8
20	Солдатська	20,6	13,2	44,7583	47,0431	314,52	41,1
ТП №7		21,8	11,0				
21	пров.Кріпосний 25	24,4	12,7	30,1271	68,2105	142,5	27
22	пров.Кріпосний 23	22,1	10,5	51,7071	46,9982	419,76	54,8
23	Д/с №72	19,25	10,9	31,9234	122,557	160	54,4
ТП №8		20,7	17,4				
24	Вул. Сугокліївська29	19,8	17,3	29,8253	62,6378	139,66	24,3

Продовження таблиці 4.1.

25	Вул. Сугокліївська27	20,8	18,6	41,3683	50,6476	268,68	37,8
ТП №9		27,2	8,6				
24	Вул. Можайського,6	27,2	8,6	37,19	57,93	310,65	36,75
ТП №10		21,3	4,48				
26	пров.Кріпосний 19	22,5	5,2	44,4388	42,6712	310,04	36,7
27	пров.Кріпосний 19а	21,1	5,2	57,4996	42,4794	519,07	61,2
28	Вул.В.Пермская 54	21,8	3,6	18,0233	88,9411	51	12,6
29	Допоміжна школа	19,7	1,3	28,5085	104,953	127,6	37,2

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Визначення рівнів напруги та вибір конфігурацій зовнішнього і внутрішнього електропостачання є одним із фундаментальних етапів у процесі проєктування електроенергетичних систем. Коректно прийняті технічні рішення безпосередньо впливають на енергоефективність, експлуатаційну надійність, електробезпеку та економічну доцільність функціонування електричних мереж.

Зростаючі вимоги до сучасних систем електропостачання потребують комплексного врахування ряду критичних чинників, серед яких: характер навантаження, протяжність мережі до джерел енергії, технічні характеристики споживчого електрообладнання, нормативно-технічні обмеження. Крім того, важливими аспектами є забезпечення резервного живлення, стабільної роботи систем підвищеної важливості та реалізація безперервного електропостачання.

У цьому розділі розглянуто основні підходи до визначення доцільних рівнів напруги для різних категорій споживачів, а також аналізуються найбільш раціональні схеми побудови електричних мереж, що забезпечують високий рівень надійності та стабільності електроживлення. Особливу увагу приділено дотриманню параметрів якості електроенергії, застосуванню засобів захисту від аварійних режимів (перенапруг, коротких замикань), а також впровадженню енергоефективних заходів.

5.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення

У пункті 5.1 здійснено техніко-економічне порівняння варіантів побудови електропостачання за магістральною та радіальною схемами. Результати розрахунків основних параметрів, а також втрат ел. ен. в кабельних лініях для обох типів схем представлені у табличній формі (таблиці 5.1–5.4 відповідно).

Таблиця 5.1. Визначення параметрів КЛ радіальної схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{фр.} , А	F _{екс} , мм ²	Обрана КЛ	I _{доп} , А	K _з
КЛ-1,2	562,31	2,0	17,8	71,1	16,2	ААШВ(3 × 35)	115	0,08
КЛ-3,4	517,0	2,0	14,9	59,8	13,6	ААШВ(3 × 35)	115	0,06
КЛ-5,6	586,0	2,0	16,9	67,7	15,4	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-7,8	533,0	2,0	15,4	61,6	14,0	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-9,10	553,0	2,0	16,0	63,9	14,5	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-11,12	437,3	1,0	25,3	25,3	23,0	ААШВ(3 × 35)	115	0,22
КЛ-13,14	584,4	2,0	16,9	67,6	15,4	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-15,16	597,8	2,0	17,3	69,1	15,7	ААШВ(3 × 35)	115	0,08
КЛ-17,18	566,6	2,0	16,4	65,5	14,9	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-19,20	885,2	2,0	25,6	102,3	23,3	ААШВ(3 × 50)	140	0,11
КЛ-21,22	542,5	2,0	15,7	62,7	14,3	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-23,24	878,4	2,0	25,4	101,5	23,1	ААШВ(3 × 35)	115	0,11
КЛ-25,26	484,1	2,0	14,0	56,0	12,7	ААШВ(3 × 50)	140	0,06

Таблиця 5.3. Визначення параметрів КЛ для схеми магістрального типу

Ділянка КЛ	Sp, кВА	Кількість	$F_{ек}, \text{мм}^2$	$F_{ст}, \text{мм}^2$	$I_{\phi}, \text{А}$	$I_{дон}, \text{А}$	$I_{роб}, \text{А}$	$K_3, \text{в.о.}$
КЛ1,2	562,31	2	36,65	35	31,585	115	43,989	0,382
КЛ3,4	2626,23	2	167,7	185	281,74	310	201,248	0,649
КЛ5,6	2109,19	2	138,839	150	233,25	275	166,607	0,605
КЛ7,8	1523,2	2	102,180	95	171,665	205	122,61	0,598
КЛ9,10	990,24	2	65,525	50	110,082	140	78,63	0,561
КЛ11,12	437,27	2	28,868	35	48,497	115	34,64	0,384
КЛ13,14	1748,82	2	109,971	95	184,752	205	131,94	0,643
КЛ15,16	1164,39	2	73,314	70	123,168	165	87,96	0,533
КЛ17,18	566,56	2	36,657	35	61,585	130,2	43,98	0,382
КЛ19,20	2790,18	2	180,995	240	304,072	355	217,194	0,7
КЛ21,22	1904,99	2	123,26	150	207,077	275	147,912	0,537
КЛ23,24	1362,48	2	94,392	95	158,579	205	113,271	0,552
КЛ25,26	484,08	2	36,657	35	61,585	115	43,989	0,382

Таблиця 5.4. Визначення обсягів втрат ел. ен. в КЛІ для схеми магістрального типу

№ КЛІ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔP _л , кВт	ΔE _л , кВт·год
КЛ1,2	562,31	2	16,252	0,07	0,636	0,070	239,6
КЛ3,4	2626,23	2	75,903	0,23	0,176	0,261	894,1
КЛ5,6	2109,19	2	60,959	0,18	0,347	0,332	1137,0
КЛ7,8	1523,2	2	44,023	0,16	0,259	0,166	570,9
КЛ9,10	990,24	2	28,62	0,12	0,336	0,114	392,5
КЛ11,12	437,27	1	25,276	0,22	0,459	0,244	836,4
КЛ13,14	1748,82	2	50,544	0,18	0,351	0,297	1019,8
КЛ15,16	1164,39	2	33,653	0,15	0,249	0,117	402,2
КЛ17,18	566,56	2	16,375	0,07	0,286	0,032	109,4
КЛ19,20	2790,18	2	80,641	0,20	0,13	0,161	551,9
КЛ21,22	1904,99	2	55,058	0,17	0,346	0,270	924,8
КЛ23,24	1362,48	2	39,378	0,14	0,212	0,109	373,9
КЛ25,26	484,08	2	13,991	0,06	0,606	0,049	169,2
							7621,4826

Відповідно до [11] у розрахунках прийнято вартість ел.ен. 10,20 грн/кВт·год.

Таблиця 5.5. Визначення необхідних обсягів капіталовкладень

№ з/п	Найменування	Од.	К-ть	Вартість од., тис. грн	Вартість загальна, тис. грн
Радіальна схема	Шафи КРУ з вим. 10 кВ	шт	12	114	1368
	КЛ				
	ААШв (3 × 35)	км	8,419	215	1810,09
	ААШв (3 × 50)	км	0,818	210	171,78
	ААШв (3 × 70)	км		230	0
	ААШв (3 × 95)	км		240	0
	ААШв (3 × 150)	км		255	0
	ААШв (3 × 185)	км		270	0
	ААШв (3 × 240)	км		290	0
	Траншея	км	9,237	99,5	919,082
	Всього по КЛ з ур. траншеї			2900,95	2900,95
	Всього			4824,45	4824,45
Магістральна схема	Шафи КРУ з вим. 10 кВ	шт	15	114	1710
	КЛ				
	ААШв (3 × 35)	км	1,987	215	427,205
	ААШв (3 × 50)	км	0,336	210	70,56
	ААШв (3 × 70)	км	0,249	230	57,27
	ААШв (3 × 95)	км	0,822	240	197,28
	ААШв (3 × 120)	км	0	250	0
	ААШв (3 × 150)	км	0,693	255	176,715
	ААШв (3 × 185)	км	0,176	270	47,52
	ААШв (3 × 240)	км	0,13	290	37,7
	Траншея	км	4,393	99,5	437,104
	Всього по КЛ з ур. траншеї		1	1451,35	1451,35
	Шафи КРУ з ТН, що додатково встановлюються на РП	шт	2	58,5	117
	Всього				4729,704

Таблиця 5.6. Визначення розміру поточних витрат

№ з/п	Найм. об'єкту	K _i , тис грн	P _a , %	C _a , %	P _e , %	C _e , %	C _п , тис грн
Магістральна схема	Шафи КРУ з вим. 10 кВ	273,6	15	41,04	5	13,68	54,72
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	580,19	5	29,01	5	29,01	58,02
	Всього	853,79		70,05		42,69	112,74
Радіальна схема	Шафи КРУ з вим. 10 кВ	342	15	51,30	5	17,10	68,40
	Кабельні лінії з ур. траншеї	290,27	5	14,51	5	14,51	29,03
	Шафи КРУ з тр-ми напруги	23,4	15	3,51	5	1,17	4,68
	Всього	655,67		69,32		32,78	102,11

Таблиця 5.7. Зведені витрат за обраними варіантами схем

Параметр	Магістральна схема	Радіальна схема
Капіталовкладення	6824,45	4729,704
Поточні затрати	112,74	102,11
Вартість втрат електроенергії	62436,24	77739,1
Приведені витрати	63573	78551

Таким чином, за результатами техніко-економічного аналізу для забезпечення електропостачання мікрорайону «Шкільний» у м. Кропивницькому доцільно обрати магістральну схему. На рисунку 5.1 подано відповідну структурну схему.

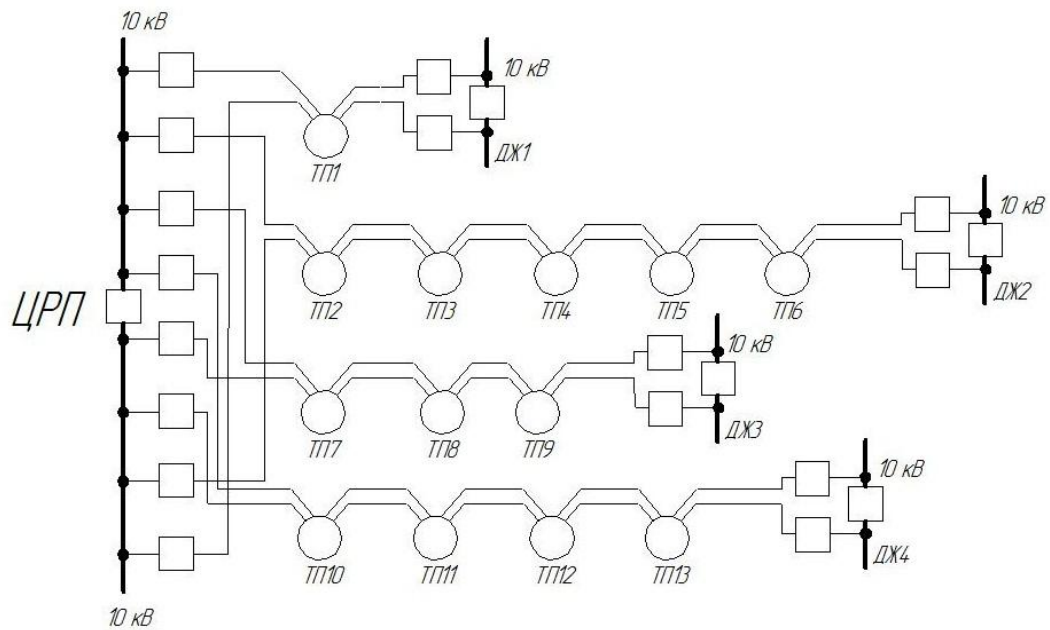


Рисунок 5.1. Структурна схема електропостачання мікрорайону «Шкільний»

5.2. Вибір напруги та схеми внутрішнього електропостачання

Обґрунтування вибору рівня напруги 10 кВ для виконання схеми внутрішнього електропостачання об'єктів мікрорайону, пов'язане з необхідністю забезпечення ефективного та надійного розподілу електроенергії. Застосування напруги цього класу дозволяє оптимізувати енергетичні втрати в мережі, а також скоротити витрати на прокладку кабельних ліній завдяки зменшенню перерізу провідників.

Системи електропостачання з рівнем напруги 10 кВ, як правило, передбачають використання трансформаторних підстанцій, які здійснюють зниження напруги до необхідних значень для живлення кінцевих споживачів. Для забезпечення стабільної роботи мережі необхідно впроваджувати ефективні заходи як від перенапруг, так і для захисту від коротких замикань. Ці функції реалізуються за допомогою сучасних захисних пристроїв – автоматичних вимикачів, реле і систем моніторингу.

Вибір конкретної схеми електропостачання визначається просторовим плануванням об'єктів, конфігурацією навантажень, вимогами до резервування. Обрано рівень напруги 380/220 В для виконання внутрішніх розподільчих мереж будівель мікрорайону.

6. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

6.1. Баланс реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Під час експлуатації електротехнічного обладнання, зокрема електродвигунів та трансформаторів, у мережі виникає індуктивне навантаження, що спричиняє циркуляцію струмів реактивної потужності. Це, у свою чергу, зумовлює додаткові втрати активної енергії. Для зменшення впливу реактивних складових та підвищення енергоефективності системи застосовуються пристрої компенсації, найпоширенішими з яких є батареї конденсаторів. Рівень необхідної компенсації визначається за коефіцієнтом потужності $\cos\phi$.

У межах мікрорайону «Шкільний» доцільність встановлення компенсуючих засобів обґрунтована лише для об'єкта котельні, яка відноситься до споживачів першої категорії за надійністю електропостачання.

Розрахована економічно доцільна величина реактивної потужності, що має передаватися котельному господарству від енергосистеми, подана нижче:

$$Q_{\text{кп}} = P_p \cdot (\text{tg}\phi_p - \text{tg}\phi_s) = 373,1 \cdot (1,045 - 0,25) = 296,6 \text{ квар,}$$

де $\text{tg}\phi_s$ - задане (нормоване) значення кута зсуву фаз для реактивної потужності;

$\text{tg}\phi_p$ - розрахункове значення кута, яке визначається за наступним виразом:

$$\text{tg}\phi_p = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{390}{373,1} = 1,045.$$

У поданому виразі P_p та Q_p - це відповідно розрахункові значення активної та реактивної потужності котельного господарства мікрорайону «Шкільний».

Виходячи з отриманого значення реактивної потужності, для її компенсації доцільно передбачити встановлення стандартної батареї конденсаторів із загальною потужністю 300 квар, що реалізується шляхом застосування УКМ58-0,4-300-33,3.

Таблиця 6.1. Визначення ЕН мікрорайону «Шкільний» з встановлення КП

Локація об'єкту	Дл. вим.я	Вихідні дані по об'єкту	Питома значення ел. нап.	Встан. нап, кВт	tgφ	Макс. нап. споживача		К _в	Розр. нап.		
						Рм, кВт	Qм, кВт		Рр, кВт	Qр, кВт	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП №1											
вул. Зінченка 4б	кВт/квартиру	90	2,99	269,1	0,29	293,4	96,264	0,7	205,38	59,56	213,84
вул. Зінченка 3а	кВт/квартиру	60	2,56	153,6	0,29	177,9	62,769	0,7	124,53	36,11	129,66
Майстерські школи освітлення	кВт/місце	75	1,3	97,5	0,25	97,5	24,375	0,4	39	9,75	40,2
Всього						6,89			6,61	3,2	
СШ № 16 корп.2 освітлення	кВт/учня	600	0,22	132	0,38	132	50,16	0,4	45,61	12,95	47,41
Всього по КПС ТП						41,08			52,8	20,06	0,42
Втрати в ПЛ-0,4 кВ						173			41,9	20,28	
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №1									94,7	40,34	102,9
Втрати транс-рах ТП	шт	2	400	800					470,22	148,97	493,25
Загалом на шинах 10 кВ ТП №1									65,8	20,9	69,06
ТП №2									536,1	169,8	562,31
вул. Можайського,6	кВт/квартиру	102	2,70	275	0,29	310	115	0,8	248,3	72	258,52
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									248,3	72	258,52

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №2									496,6	144	517,04
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,64		9,0	24,3	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №2									753,9	240,3	791,27
ТП №3											
вул. Зінченка 7	кВт/квартиру	3,08	231	0,29	0,29	259,8	88,59	0,7	181,86	52,74	189,35
вул. Зінченка 5	кВт/квартиру	3,42	153,9	0,29	0,29	176,8	61,8435	0,7	123,79	35,90	128,90
СШ № 16 Корпус №1 освітлення	кВт/учня	1100	0,22	242	0,38	242	91,96	0,4	96,8	36,78	103,6
Всього						67,22			68,56	33,18	
Слюсарна майстерня освітлення	кВт/місце	7	1,3	9,1	0,25	309,2			165,4	69,96	179,6
Всього						9,1	2,275	0,4	3,64	0,91	3,75
ЖКГ 13 освітлення	кВт/м ²	214	0,036	7,704	0,48	1,91			1,5	2,6	
Всього						11,01			5,14	3,51	6,22
Всього по КПС ТП						7,704	3,6979	0,9	6,934	3,33	7,69
Втрати в ПЛ-0,4 кВ						3,21			3,08	1,49	
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №3						10,91			10,01	4,818	11,11
Всього									486,16	166,932	514,03
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800					68,1	23,4	71,96
Загалом на шинах 10 кВ ТП №3									554,2	190,3	585,99
ТП №4											
вул. Сутоклівська25	кВт/квартиру	104	2,64	274,56	0,29	310,8	115,6944	0,8	248,7	72,12	258,95

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
вул. Сугокліївська23	кВт/квартиру	40	2,88	115,2	0,29	136,8	49,608	0,8	109,44	31,74	113,95
вул. Сугокліївська21	кВт/квартиру	36	2,58	92,88	0,29	104,5	38,6217	0,8	83,628	24,25	87,07
Бібліотека освітлення	кВт/місце	30	0,4	12	0,2	12	2,4	0,4	4,8	0,96	4,9
Всього по КПС ТП						2,53			2,43	1,18	
Втрати в ПЛ-0,4 кВ						14,53			7,23	2,14	7,54
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №4									448,99	130,253	467,51
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800					62,9	18,2	65,45
Загалом на шинах 10 кВ ТП №4							Кз=0,67		511,9	148,5	532,96
ТП №5									9,2	24,8	
вул. Зінченка 3	кВт/квартиру	60	2,56	153,6	0,29	178,8	63,444	0,7	125,16	36,30	130,32
вул. Сугокліївська17	кВт/квартиру	72	2,53	182,16	0,29	205,4	76,1994	0,7	143,82	41,71	149,75
вул. Сугокліївська15	кВт/квартиру	36	3,20	115,2	0,29	139,5	51,6	0,8	111,6	32,36	116,20
Дитячий садок № 49 освітлення	кВт/місце	250	0,4	100	0,2	100	20	0,4	40	8	69,06
Всього						35,31			33,9	16,41	
Збірका 49/016 освітлення	кВт/м ²	84	0,036	3,024	0,48	3,024	1,4515	0,9	2,722	1,31	2,68
Всього						4,494			1,5	0,73	
ПП «Бугаєв О.А.» освітлення	кВт/місце	8	0,12	0,96	0,43	0,96	0,4128	0,4	0,384	0,17	40,79
Всього						1,32			1,27	0,61	
						2,28			1,654	0,775	1,83

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПП «Камелія» перукар. освітлення	кВт/місце	5	1,3	6,5	0,25	6,5	1,625	0,4	2,6	0,65	2,68
Всього						1,66			1,73	0,84	
Всього по КПС ТП						8,16			4,33	1,49	4,58
Втраги в ПЛІ-0,4 кВ									464,69	139,082	485,06
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №5									65,1	19,5	67,91
Втраги в тр-х ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,69		529,8	158,6	552,97
Загалом на шинах 10 кВ ТП №5									604,3	203,4	637,63
ТП №6											
вул. Сугоклівська5а	кВт/квартиру	6	2,86	17,16	0,29	44,16	25,2264	0,8	35,328	10,25	36,78
вул. Сугоклівська5	кВт/квартиру	8	2,92	23,36	0,29	47,66	24,9994	0,8	38,128	11,06	39,70
вул. Зінченка 1	кВт/квартиру	72	3,2	230,4	0,29	261,9	90,441	0,7	183,33	53,17	190,88
Дитячий садок №3	кВт/місце	340	0,40	136	0,2	136	32	0,4	54,4	10,88	55,48
МВД	кВт/м ²	1112,3	0,036	40,04	0,48	40,04	19,22	0,8	32,03	15,38	35,53
освітлення						18,91		0,6	18,15	8,78	
Всього						58,95			50,18	24,16	55,7
Головпоштамп ОС-1	кВт/м ²	112	0,036	4,032	0,48	4,032	1,9353	0,9	3,629	1,74	4,03
освітлення						1,9			1,82	0,88	
Всього						5,932			5,449	2,622	6,05
Всього по КПС ТП									366,81	112,13	383,57
Втраги в ПЛІ-0,4 кВ									51,4	15,7	53,70
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №6									418,2	127,8	437,27
Втрагив тран-рах ТП	шт	1	630	630			K ₃ =0,69		6,6	29,3	

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 10 кВ ТП №6									476,1	172,8	506,51
ТП №7											
пров.Кріпосний 25	кВт/квартиру	72	2,31	166,32	0,29	142,5	53,745	0,7	99,75	28,93	103,86
пров.Кріпосний 23	кВт/квартиру	144	2,55	367,2	0,29	419,7	156,996	0,6	272,84	79,12	284,09
Дитячий садок №72	кВт/місце	400	0,4	160	0,2	160	32	0,4	64	12,8	65,27
освітлення						56,74			54,47	26,36	
Всього						216,7			118,5	39,16	124,8
Всього по КПС ТП									491,06	147,212	512,66
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									68,7	20,6	71,77
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №7									559,8	167,8	584,43
Втрати в гр-х ТП	шт	2	400	800			K3=0,73		9,9	26,4	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №7									638,5	214,8	673,67
ТП №8											
вул. Зінченка 9	кВт/квартиру	72	3,2	230,4	0,29	268,2	95,166	0,6	174,33	50,56	181,51
Солдагська	кВт/квартиру	105	2,62	275,1	0,29	314,5	117,66	0,6	188,71	54,73	196,49
ПП"Інтер"	кВт/м ²	542	0,036	19,512	0,48	19,51	9,3658	0,9	17,56	8,43	19,48
освітлення						8,1			7,78	3,77	
Всього						27,61			25,34	12,2	28,12
АТС-238	кВт/м ²	256	0,036	9,216	0,48	9,216	4,4237	0,9	8,294	3,98	9,2
освітлення						3,58			3,01	1,46	
Всього						12,79			11,3	5,441	12,55
Медцентр "Універсам"	кВт/м ²	423,0	0,20	84,60	0,70	84,60	59,220	0,9	76,140	53,30	92,940
освітлення						7,2			7,08	3,43	

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього						91,8			83,22	56,73	100,7
Ремонт взуття	кВт/місце	4	1,3	5,2	0,25	5,2	1,3	0,4	2,08	0,52	2,14
освітлення						1,18			0,83	0	
Всього						6,38			2,91	0,52	2,96
Салон краси	кВт/місце	8,0	1,30	10,40	0,25	10,40	2,60	0,4	4,160	1,040	4,290
освітлення						2,01			1,81	0,88	
Всього						12,41			5,97	1,92	6,27
КП "Кіровоград-Ринки"	кВт/місце	6	0,12	0,72	0,43	0,72	0,3096	0,4	0,288	0,12	0,31
освітлення						1,73			1,47	0	
Всього						2,45			1,758	0,124	1,76
Всього по КПС ТП									491,78	182,091	524,41
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									68,9	25,5	73,42
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №8									560,6	207,6	597,83
Втрати в тр-х ТП	штг	2	400,0	800,0			Кз=0,740		10,1	26,9	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №8									639,6	259,9	690,40
ТП №9											
вул. Сугокліївська29	кВт/квартиру	56	2,06	115,36	0,29	139,6	51,6794	0,7	97,762	28,35	101,79
вул. Сугокліївська27	кВт/квартиру	78	2,96	230,88	0,29	268,6	95,3052	0,7	188,07	54,54	195,82
пров.Кріпосний 27	кВт/квартиру	72	2,67	192,24	0,29	231,3	85,1121	0,7	161,97	46,97	168,65
Клуб "Гірняк"	кВт/місце	150	0,4	60	0,43	60	25,8	0,4	24	10,32	26,12
освітлення						3,66			3,28	5,68	
Всього						63,66			27,28	16	31,63
Всього по КПС ТП									475,09	145,865	496,98
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									66,5	20,4	69,58

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №9									541,6	166,3	566,56
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,7		9,7	25,8	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №9									617,8	212,5	653,34
ТП №10											
пров.Кріпосний 19а	кВт/квартиру	180	2,56	461	0,29	519	192	0,7	363,35	105,37	378,32
В.Пермська 54	кВт/квартиру	12	3,20	38	0,29	51	21	0,8	40,8	11,83	42,48
пров.Кріпосний 19	кВт/квартиру	92	2,99	275,08	0,29	310,0	114,83	0,7	217,03	62,94	225,97
Допоміжна школа	кВт/учня	580	0,22	127,6	0,38	127,6	48,488	0,4	51,04	19,4	54,6
освітлення						67,22			68,56	33,18	
Всього						194,8			119,6	52,58	130,7
Всього по КПС ТП									740,78	232,719	776,48
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									103,7	32,6	108,71
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №10									844,5	265,3	885,19
Втрати в тр-х ТП	шт	2	630	1260			K ₃ =0,7		13,3	42,3	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №10									961,5	340,2	1019,9
ТП №11											
пров.Кріпосний 21	кВт/квартиру	164	2,86	458	0,29	516	191	0,8	412,7	119,68	429,7
"Промінвестбанк"	кВт/м ²	245	0,036	8,82	0,48	8,82	4,2336	0,9	7,938	3,81	8,81
освітлення						4,16			3,99	1,93	
Всього						12,98			11,93	5,74	13,24
ПП"Тетяна"	кВт/м ²	620	0,036	22,32	0,48	22,32	10,714	0,9	20,09	9,64	22,28
освітлення						10,54			10,12	4,9	

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всього						32,86			30,21	14,54	33,53
Всього по КПС ТП									454,83	139,96	475,88
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									63,7	19,6	66,62
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №11									518,5	159,6	542,51
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			Кз=0,67		9,4	25,1	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №11									591,5	204,2	625,81
ТП №12											
пров.Кріпосний 21А	кВт/квартиру	260	2,82	733,2	0,29	826,4	306,12	0,7	578,50	167,77	602,34
вул.Садова 16	кВт/квартиру	18	2,55	45,9	0,29	60,3	24,111	0,8	48,24	13,99	50,23
СШ № 7	кВт/учня	700	0,22	154	0,38	154	58,52	0,4	61,6	23,41	65,9
освітлення						46,68			47,61	23,04	
Всього						200,6			109,2	46,45	118,7
Всього по КПС ТП									735,95	228,205	770,53
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									103,0	31,9	107,87
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №12									839,0	260,2	878,40
Втрати в тр-х ТП	шт	2	630	1260			Кз=0,7		13,2	42,0	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №12									955,2	334,1	1012,0
ТП №13											
Будинок д/садка	кВт/місце	80	0,4	32	0,2	32	6,4	0,4	12,8	2,56	13,05
освітлення						12,32			12,57	6,08	
Всього						44,32			25,37	8,64	26,8

Продовження таблиці б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Харчоблок	кВт/місце	30	1,3	39	0,25	39	9,75	0,4	15,6	3,9	16,08
освітлення						9,68			8,13	3,93	
Всього						48,68			23,73	7,83	24,99
Пральня	кВт/місце	18	1,3	23,4	0,25	23,4	5,85	0,4	9,36	2,34	9,65
освітлення						8,91			8,55	4,14	
Всього						32,31			17,91	6,48	19,05
Пождепо	кВт/м ²	944	0,036	33,984	0,48	33,98	16,312	0,9	30,59	14,68	33,93
освітлення						16,99			16,31	7,89	
Всього						50,97			46,9	22,57	52,04
Котельня "Шкільна"		18		468,4	0,8	373,1	390	0,8	298,5	312	382,24
освітлення						8,13			7,8	3,78	
БК 0,4 кВ							-300			-300	
Всього						381,2	90		306,3	15,78	306,69
Всього по КПС ТП									420,19	61,30	424,63
Втрати в ПЛ-0,4 кВ									58,8	8,6	59,45
Загалом на шинах 0,4 кВ ТП №13									479,0	69,9	484,08
Втрати в тр-х ТП	шт	2	400	800			K ₃ =0,6		9,9	26,3	
Загалом на шинах 10 кВ ТП №13									546,4	101,9	555,81
Всього по об'єкту 10 кВ									8415,6	2888	8897,3
КП 10 кВ										0,0	
Всього 10 кВ за КП									8415,6	2888	8897,3

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, а також вибір високовольтного обладнання та конфігурації мережі є фундаментальними етапами у процесі проектування систем електропостачання. Високовольтні електромережі відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної передачі електроенергії на значні відстані із забезпеченням мінімальних втрат, що критично важливо для стабільного функціонування об'єднаної енергосистеми.

Коректне визначення параметрів короткозамикальних струмів дає змогу гарантувати надійний захист обладнання, мінімізувати ймовірність виникнення аварійних ситуацій, а також забезпечити безпечні умови експлуатації для персоналу. Такий розрахунок передбачає аналіз ймовірних варіантів короткого замикання, визначення граничних значень струмів та вибір ефективних засобів захисту, до яких належать автоматичні вимикачі, запобіжники та пристрої релейного захисту.

Процес вибору високовольтного обладнання — включаючи силові трансформатори, вимикачі, роз'єднувачі й кабельні системи — має ґрунтуватися не лише на результатах аналізу короткозамикальних струмів, але й враховувати техніко-експлуатаційні характеристики, рівень надійності, термін служби та економічну доцільність.

Ретельне планування і проектування високовольтної мережевої інфраструктури дозволяє забезпечити стабільне та безперебійне електропостачання споживачів, враховуючи можливі коливання навантаження та зміни експлуатаційних умов.

У цьому розділі розглянуто методику визначення струмів коротких замикань, критерії вибору відповідного високовольтного обладнання, а також підходи до проектування високовольтних мереж. Ґрунтовне розуміння цих аспектів є

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

запорукою створення ефективної, надійної та безпечної електропостачальної системи, що відповідає сучасним технічним вимогам.

На рис. 7.1 та 7.2 представлені розрахункова схема та її еквівалентна заміщена модель, відповідно до яких і здійснено необхідні розрахунки.

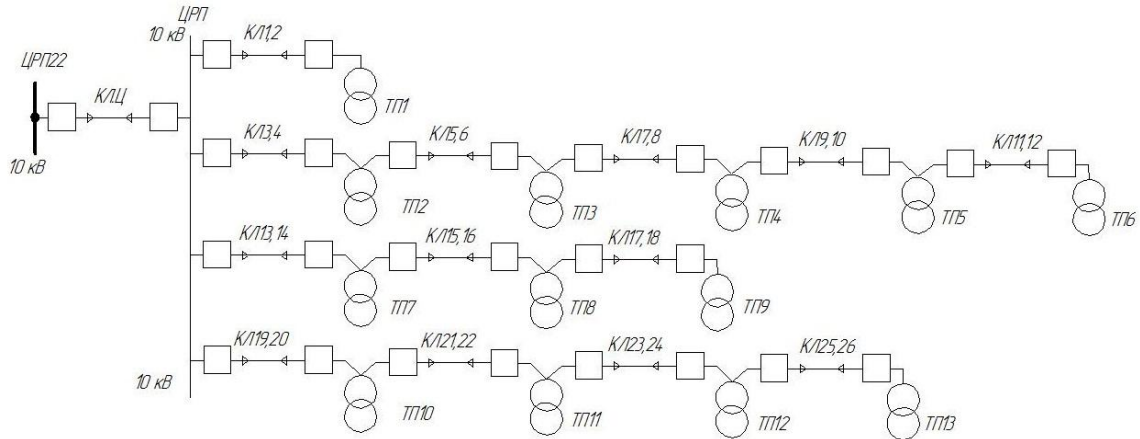


Рисунок 7.1. Принципова схема електропостачання району «Шкільний»

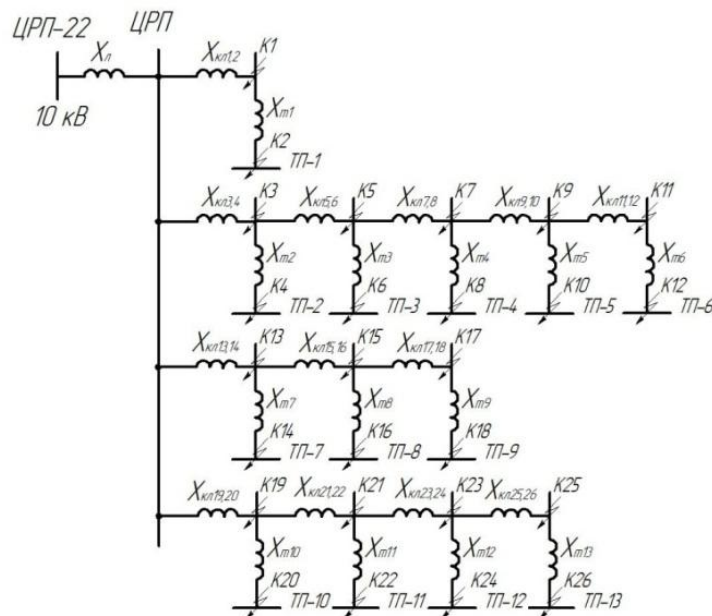


Рисунок 7.2. Еквівалентна (заміщена) схема електропостачання мікрорайону «Шкільний»

Живлення системи проходить через ЦРП-22, відстань від якої до ЦРП району «Шкільний» складає 1,8 км. Опір для даної системи приймається $X_{сис}=1,6$ Ом, орієнтуючись на технічні параметри системи.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Опір лінії від ЦРП-22 до районного ЦРП X_L :

$$X_L = 0,08 \cdot l = 0,08 \cdot 1,8 = 0,144 \text{ Ом,}$$

Розрахуємо значення загального опору системи Z :

$$Z = X_L + X_c = 0,144 + 1,649 = 1,793 \text{ Ом,}$$

Визначаємо значення опору для КЛ-1,2 $X_{кл1,2}$:

$$X_{кл1,2} = 0,08 \cdot l_{кл1,2} = 0,08 \cdot 0,636 = 0,051 \text{ Ом,}$$

Знаходимо загальний опір для КЛ-1,2 $Z_{кл1,2}$:

$$Z_{кл1,2} = Z + X_{кл1,2} = 1,793 + 0,051 = 1,844 \text{ Ом,}$$

Визначаємо струм кор. замикання та значення ударного струму для точки К1 (сторона 10 кВ):

$$I_{к1} = \frac{U_{ном.в}}{\sqrt{3} \cdot Z_{кл1,2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,844} = 3,288 \text{ кА,}$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,6 = 8,369 \text{ кА,}$$

Знаходимо опір тр-ра ТП №2 $Z_{тр}$:

$$Z_{тр} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_{ср}}{S_{ном}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{0,4} = 12,4 \text{ Ом,}$$

Знаходимо сумарний опір для 0,4 кВ $Z_{сум}$:

$$Z_{сум} = Z_{тр} + Z_{кл1,2} = 12,4 + 3,792 = 16,192 \text{ Ом,}$$

Приводимо значення $Z_{сум}$ до низької сторони:

$$Z_{сум}^{0,4} = Z_{сум} \left(\frac{U_{ни}}{U_{ви}} \right)^2 = 16,192 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,023 \text{ Ом,}$$

де $U_{ни}$ – напруга на низькій стороні, В;

$U_{ви}$ – напруга на високій стороні, В.

Розрахуємо значення струму кор. замикання та відповідний ударний струм для точки К2 (сторона 0,4 кВ):

$$I_{к2} = \frac{U_{ном.н}}{\sqrt{3} \cdot Z_{сум}^{0,4}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,023} = 11,7 \text{ кА,}$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{к2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 10 = 28 \text{ кА.}$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Розрахунки для інших точок зводимо у табл.7.1.

Таблиця 7.1. Обчислення значень струмів кор. замкнень (сторони 10 кВ та 0,4 кВ відповідно)

№ точки	$I_{кз}^{10}, кА$	$i_{уд}^{10}, кА$	№ точки	$I_{кз}^{0,4}, кА$	$i_{уд}^{0,4}, кА$
К1	3,28	8,36	К2	11,7	28
К3	3,35	8,54	К4	13,92	35,4
К5	3,304	8,41	К6	11,17	28,45
К7	3,267	8,317	К8	11,16	28,41
К9	3,22	8,19	К10	11,13	28,35
К11	3,159	8,041	К12	13,78	35,09
К13	3,329	8,474	К14	11,187	28,479
К15	3,293	8,382	К16	11,172	28,43
К17	3,252	8,279	К18	11,154	28,39
К19	3,362	8,557	К20	13,924	35,44
К21	3,31	8,428	К22	13,891	35,36
К23	3,28	8,35	К24	13,87	35,308
К25	3,196	8,137	К26	11,128	28,328

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

8. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ І ЇХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

У світлі сучасних екологічних та енергетичних викликів питання раціонального використання енергії стає все більш актуальним. У цьому розділі розглядаються як технічні рішення щодо оновлення будівель та їх інженерних мереж, так і стратегії ефективного керування енергоспоживанням. Значну увагу приділено аналізу економічної ефективності впроваджених заходів, з урахуванням комфорту мешканців. Також розглядаються чинні нормативні акти та стандарти, що встановлюють вимоги до рівня енергоефективності житлових об'єктів.

Виконаємо розрахунки класу енергетичну ефективності нежитлової будівлі з надбудовою мансардного поверху по вул. В. Пермська, 54 у м. Кропивницькому.

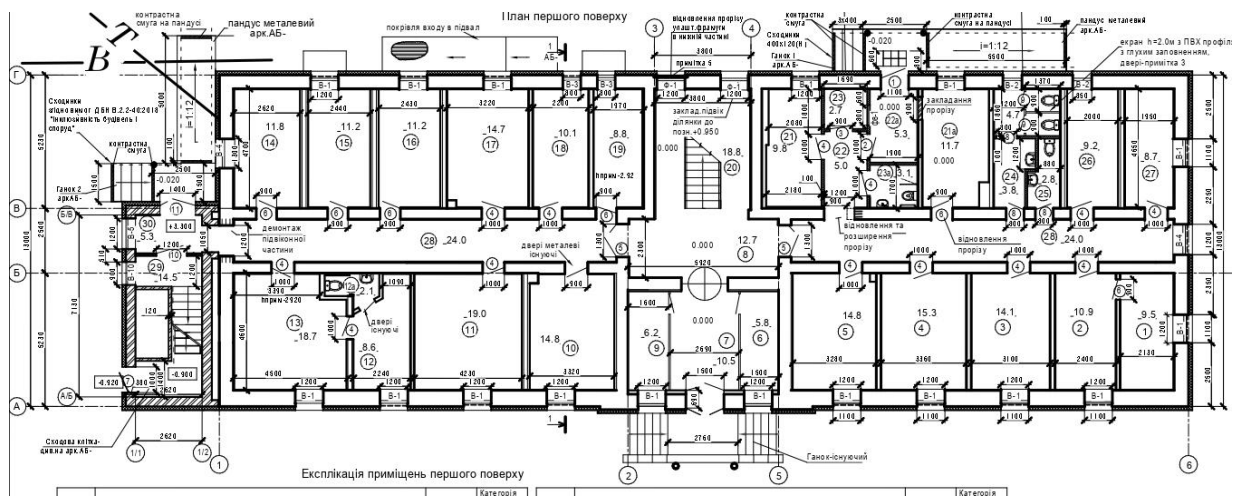


Рисунок 8.1 План першого (типового) поверху нежитлової будівлі

Географічно будівля розміщена у I темп. зоні з визначеною відповідно до норм (табл. Б.4, ДБН В.2.6-31:2021) розрахунковою температурою зимового періоду, що становить -22°C .

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

8.1. Розрахунок термічних опорів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

Зовнішні стіни I та II поверхів будівлі із цегляної кладки, товщиною 510 мм, утеплюються плитами мінераловатними $\gamma = 135 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, товщиною 150 мм, по клеючому розчину Ceresit СТ 190, зовнішнього оздоблення та внутрішньої цементно-піщаної штукатурки ($\delta = 20 \text{ мм}$).

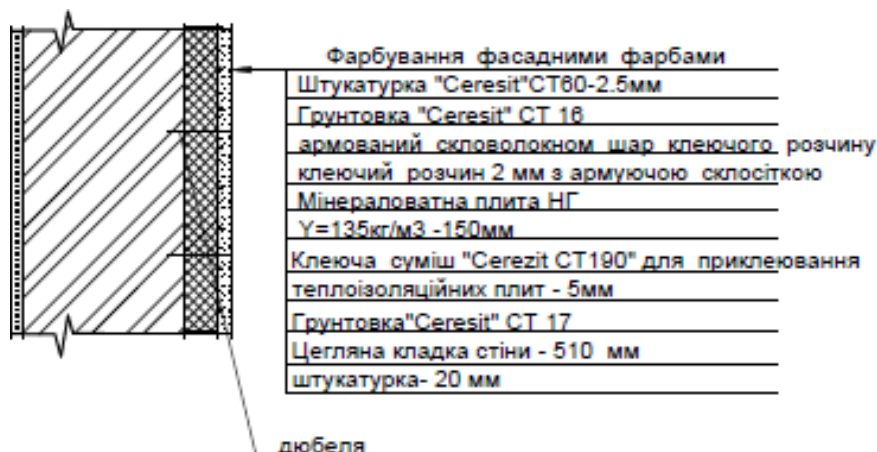


Рисунок 8.2. Фактичний склад стінового огородження (тип-1)

Таблиця 8.2. Фактичний склад стінового огородження (тип-1, $\delta=0,689 \text{ м}$)

№ зп	Найменування шару	Товщина шару, δ , м	Теплопровідність матеріалу, λ , Вт/(м·К)	$\sum \delta_1 / \lambda_1$	Густина матеріалу ρ_0 , кг/м ³
1	Розчин вапняно-піщаний	0,02	0,81	0,0247	1600
2	Керамічна цегла на цементно-піщаному розчині	0,51	0,81	0,6296	1800
3	Клейова суміш	0,005	0,87	0,0057	1800
4	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати з густиною 135 кг/ куб. м	0,150	0,045*	3,3333	135
5	Клейова суміш	0,002	0,87	0,0023	1800
6	Акрилова штукатурка	0,0025	0,87	0,0029	1800
	Разом	0,6895		3,9985	

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Визначимо для зовнішньої стіни значення опору теплопередачі:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + 3,9985 + \frac{1}{23} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Таблиця 8.3. Визначення впливу лін. теплопровідних включень стіни типу -1

№ з/п	Тип лін.включ.	Довж. вкл., <i>L</i> , м	К-ть вкл., <i>N</i> , шт.	Лін.коєфіц. теплопер., ψ_m , Вт/(м·К)	$l_m \psi_m$
1	Віконний відкос утепл. з опор. штукатуркою в зоні перемички	65,60	1,0	0,0810	5,30
2	Віконний відкос утепл. з опор. штукатуркою в зоні рядового примикання	177,80	1,0	0,0680	12,10
3	Віконний відкос утеплений з опорядженням штукатуркою в зоні підвіконня	65,60	1,0	0,0590	3,90
4	Кутове сполучення зовнішніх стін із цегли з мокрим фасадом	7,00	3,0	0,1150	2,415
	Σ	316,0			23,70

Таблиця 8.4. Визначення впливу теплопровідних включень (точкових) стіни типу-1

№ з/п	Тип включення	К-ть включень, <i>N</i> , шт.	Значення точк. коєф. теплопер., χ_j , Вт/К	$N_j \chi_j$
1	Дюбелі для кріпл.мін. плит	3196	0,005	15,980
	Σ	3196	0,005	15,980

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

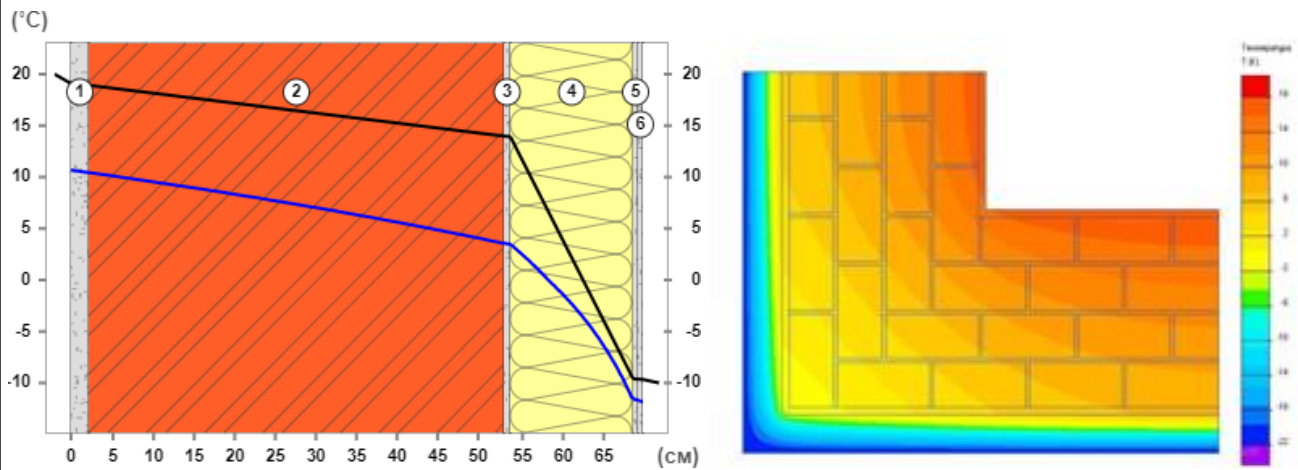


Рисунок 8.3 Температурний розподіл стінового огородження та температурне поле вузла кутового сполучення стін (тип-1) (1-цементно-піщаний розчин, 2 -цегляна кладка, 3 - клейова суміш (Ceresit СТ 190), 4 - теплоізолятор мінераловатний, 5 - клейова суміш (Ceresit СТ 190), 6 - зовнішня штукатурка)

Значення зведеного опору теплопередачі термічно неоднорідної конструкції стіни:

$$R_{\Sigma PP1} = 532,8 / (532,8 / 4,16 + 23,7 + 15,98) = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевірка умови (1): $R_{\Sigma PP} \geq R_{q \text{ min}}, 3,2 \geq 4,0 \times 0,8$. Отже, умова виконується з урахуванням п. 5.2.1 ДБН В.2.6-31:2021.

Перекриття будівлі – ходовий настил (не приймає участь у розрахунках), дифузійна мембрана, утеплювач мінераловатний, товщиною 160 мм, пароізоляція, дерев'яні балки (існуючі), дошки (існуючі), товщиною 40 мм, гіпсокартонні листи (існуючі).

Затверджене значення термічного опору теплопередачі перекриття останнього поверху для I клім.зони (згідно ДБН В.2.6-31:2021) - 6,0 (м²·°C/Вт).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

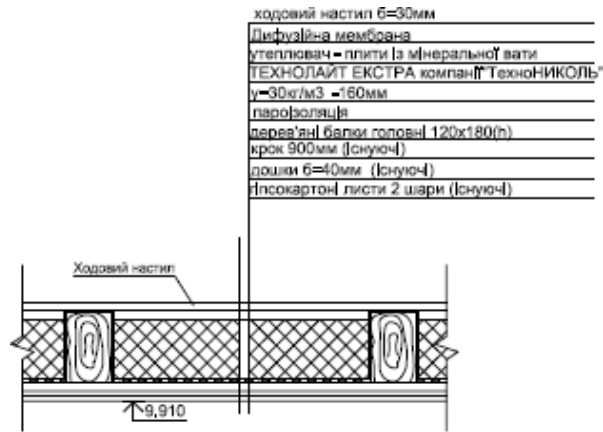


Рисунок 8.4. Склад перекриття неопалювального горища

Таблиця 8.5. Склад перекриття неопалювального горища нежитлової будівлі

№ зп	Найм. шару буд.конструкції	Товщ., δ , м	Тепл-ть, λ , Вт/(м·К)	$\sum \delta_i / \lambda_i$	ρ_0 , кг/м ³
1	Цементно-піщ.розчин	0,03	0,93	0,0323	1800
2	Дерев'яна дошка (сосна, поперек волокон)	0,025	0,18	0,1389	500
3	Вироби теплоізоляційні з мін. вати 135 кг/ куб. м	0,2	0,045	4,4444	135
4	Дерев'яна дошка (сосна, поперек волокон)	0,04	0,18	0,2222	500
5	Лист гіпсокартонний	0,02	0,21	0,0952	2,3
	Разом	0,315		4,933	

Отже,

$$R_{\Sigma 1} = 1 / h_{SI} + \sum \delta_i / \lambda_i + 1 / h_{SE} = 1 / 10 + 4,933 + 1 / 6 = 5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

де $h_{SI} = 10 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $h_{SE} = 6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції;

λ_i – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно ДСТУ 9191:2022, Вт/(м²·К);

δ_i – товщина і-го шару конструкції.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 8.6. Лінійні теплопровідні включення перекриття нежитлової будівлі неопалювального горища

№ з/п	Найменування включення	Довжина включення, L , м	Кіл-ть вкл., N , шт.	Лін. коефіц. теплопер., ψ_m , Вт/(м·К)	$l_m \psi_m$
1	Вузол примикання конструкції горищного даху з одношаровою теплоізоляцією 150 мм і більше до дерев'яної крокви	48,6	1	0,077	3,742
	Σ	48,6			3,742

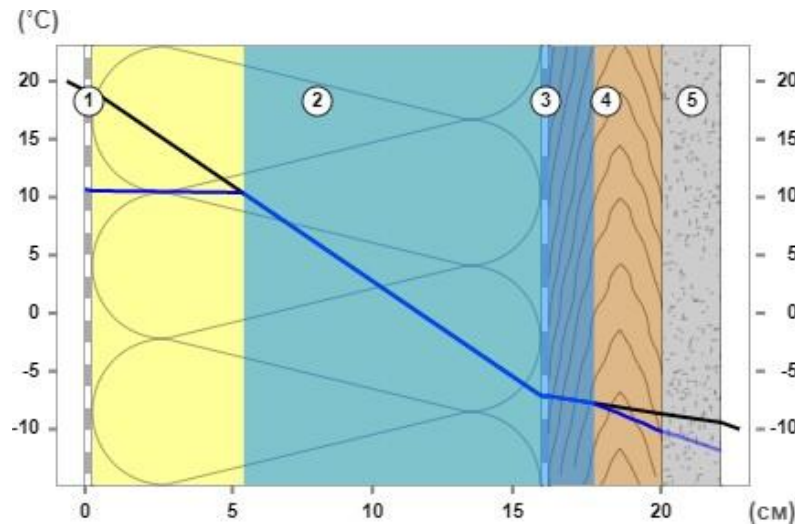


Рисунок 8.5. Температурний розподіл в шарах перекриття неопалювального горища (1- дифузійна мембрана, 2 - утеплювач мінераловатний між дерев'яними балками, 3 – пароізоляція, 4 – дошки, 5 – гіпсокартон)

Отже:

$$R_{\text{пр}\Sigma\text{дах2}} = \frac{A_{\text{дах2}}}{\frac{A_{\text{дах2}}}{R_{\Sigma\text{дах2}}} + U_{\text{л.дах2}} + U_{\text{т.дах2}}} = 4,96 \quad (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

Перевірка умови (1): $R_{\Sigma\text{ПР}} \geq R_{q \text{ min}}$, $4,96 \geq 6,0 \times 0,8$. Отже, умова виконується з урахуванням п. 5.2.1 ДБН В.2.6-31:2021.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 8.7. Світлопрозорі конструкції (вікна)

№ зп	Тип 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	2-камерне ПВХ вікно 4Mfn-10-4M1-10-4i	155,8*	1	155,8	0,758	155,8
				155,8		155,8

*- зведене значення

Отже:

$$R_{пр\Sigma gl} = \frac{A_{\Sigma gl}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_{gli}}{R_{gli}}} = 0,758 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт.}$$

Перевірка умови (1): $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$, $0,758 \geq 0,90 \times 0,8$. Отже, умова виконується з урахуванням п. 5.2.1 ДБН В.2.6-31:2021.

8.2. Обчислення показників енергетичної ефективності будівлі

Первинна енергія:

$$E_p = \Sigma(E_{del,i} \cdot f_{p,del,i}) = 420690,6 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік,}$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія, кВт·год;

$f_{p,del,i}$ – фактор первинної енергії, $f_{p,del} = 2,3$ для електричної енергії, $f_{p,del} = 1,3$ для централізованого опалення.

Питомий показник споживання первинної енергії (e_p), кВт·год/м², розраховується за формулою:

$$e_p = E_p/A_f = 420690,6 / 1362,5 = 308,76 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2.$$

Маса викидів парникових газів (m_{CO_2}), кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою:

$$m_{CO_2} = \Sigma(E_{del,i} \cdot K_{del,i})/1000 = 80011,93 \text{ кг/рік,}$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія i -го енергоносія, кВт·год; $K_{del,i}$ – коефіцієнт викидів CO₂ для поставленого i -го енергоносія, г/кВт·год, $K_{del} = 420$ г/кВт·год для електричної енергії, $K_{del} = 260$ г/кВт·год для централізованого опалення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питомий показник викидів парникових газів (e_{CO_2}), kg/m^2 , розраховується за формулою:

$$e_{CO_2} = m_{CO_2}/A_f = 80011,93 / 1362,5 = 58,7 \text{ кг/м}^2.$$

Питома річна енергопотреба, EP_{use} :

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use} = 29,59 + 0,17 = 29,76 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3.$$

Значення нормативного максимального питомого енергоспоживання:

$$EP_p = 30 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$$

Отже, клас енергетичної ефективності будівлі можна визначити, ґрунтуючись на показнику, ΔEP , %:

$$\Delta EP = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \times 100\% = [(29,76 - 30) / 30] \times 100\% = -0,8 \text{ \%}.$$

Згідно з Наказом Міністерства розвитку громад та територій України № 261 (табл.1) будівля належить до класу енергетичної ефективності "С".

8.3. Оцінка ефективності впровадження ІТП для заощадження теплової енергії

Визначимо економічну ефективність впровадження ІТП для заощадження теплової енергії в одній із будівель мікрорайону «Шкільний», розташованої на пров.Кріпосний 23. Рівень заощадження теплової енергії (ΔQ) у разі встановлення ІТП:

$$\Delta Q = \Delta Q_n + \Delta Q_{н} + \Delta Q_c + \Delta Q_v$$

де ΔQ_n - показник, що характеризує заощадження теплової енергії від ліквідації перетопу будинків в осінньо-весінній період, %;

$\Delta Q_{н}$ - показник, що характеризує заощадження теплової енергії від зниження її використання в нічний час, %;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ΔQ_c - показник, що характеризує заощадження теплової енергії від її використання у вихідні дні, %;

ΔQ_e - показник, що характеризує заощадження теплової енергії, отриманих від теплових вилучень від сонячної радіації сонячних та внутрішніх надходжень, %.

Заощадження теплової енергії ΔQ_n від ліквідації перетопу будинків в осінньо-весінній період опалювального сезону, коли джерело тепла для задоволення потреб в гарячій воді відпускає теплоносій з постійною температурою, яка перевищує потрібну для системи опалення орієнтовно може бути визначена за таблицею 8.8. Відносна тривалість осінньо-весіннього періоду для Кіровоградської області становить 19%, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря за опалювальний період -21°C .

Таблиця 8.8. Економія теплоенергії від ліквідації перетопу будинків в осінньо-весінній період

Відносна тривалість осінньо-весіннього періоду, % опалювального сезону	5	10	15	20	25	30	35
Економія теплоенергії ΔQ_n , % річної витрати	0,55	1,20	1,65	2,20	2,75	3,30	3,85

Економія теплової енергії ΔQ_n від зниження її використання в нічний час визначається за формулою:

$$\Delta Q_n = \frac{a \cdot \Delta t_n^{np}}{24 \cdot (t_n^p - t_n^{cp})} \cdot 100 = \frac{7 \cdot 3}{24 \cdot (18 - (-1))} \cdot 100 = 4,6\%$$

де a - тривалість зниження відпуску теплової енергії в нічний час, г/доб.;

Δt_n^{np} = 3- зниження температури повітря в приміщеннях в неробочий час, $^{\circ}\text{C}$;

t_n^p = 18- усереднена розрахункова температура повітря в приміщеннях, $^{\circ}\text{C}$;

t_n^{cp} = -1- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон по Кіровоградській області, $^{\circ}\text{C}$.

								Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Для житлових будівель: відпуск тепла рекомендується проводити з 21 години. Через **a** годин регулятор повинен ввімкнути опалювання на витрату тепла, забезпечуючи таким чином підняття температури приміщення до нормальної. Нормальна температура повинна бути досягнута до 6-7 години ранку. Найбільш економічно вигідним зниженням температури є $\Delta t_b^{np} = 2^{\circ}\text{C}$ (з $t_b^p = 20^{\circ}\text{C}$ до 18°C). Для орієнтовних розрахунків можна прийняти **a**=6-7 годин.

Для адміністративних будинків: тривалість зниження відпуску тепла **a** визначається режимом роботи будинку, для орієнтовних розрахунків можна прийняти, що **a**=8-9 годин. Найбільш економічно вигідною величиною зниження температури є $\Delta t_b^{np} = 2-4^{\circ}\text{C}$. При більш глибокому зниженні температури необхідно враховувати можливість теплогерела швидко збільшувати відпуск тепла при різкому зниженні температури зовнішнього повітря. В будь-якому випадку, значення температури в період нічного зниження витрати теплоти в адміністративних забудовах повинно забезпечувати випадання конденсату в нічний період доби[8].

Економія теплоенергії ΔQ_b від зниження її відпуску у вихідні дні визначається за формулою:

$$\Delta Q_b = \frac{b \cdot \Delta t_b^{np}}{24 \cdot (t_g^p - t_n^{cp})} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 3}{24 \cdot (18 - (-1))} \cdot 100 = 1,3\%$$

де **b**- тривалість зниження відпуску теплової енергії у вихідні дні, доба/нед. (при 5-дневній робочій неділі **b**=2).

Рівень заощадження теплової енергії ΔQ_n за рахунок тепловипромінювань від сонячної радіації та побутових приладів визначається за формулою:

$$\Delta Q_n = \frac{\Delta t_n^s}{24 \cdot (t_g^p - t_n^{cp})} \cdot 100 = \frac{17}{24 \cdot (18 - (-1))} \cdot 100 = 3,1\%$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 8.2. Результати розрахунки заощадження теплової енергії після впровадження ІТП

Назва споживача	Заощадження теплової енергії ΔQ Гкал/рік		Вартість теплової енергії, грн/Гкал		Вартість заощадженої енергії, грн/рік		Загальна сума капіталовкл. К, грн.	Термін ок-ті, роки (опалювальні сезони)
	3	4	5	6	7			
1	3	4	5	6	7			
Житлові будівлі								
пров.Кріпосний 23	1197,5614	5056,76	6055780,585	1046500	2,074			
вул.Солдагська	847,22699	5056,76	4284223,554	732550	2,052			
пров. Кріпосний 25	426,90104	5056,76	2158736,103	366275	2,036			
пров. Кріпосний 27	622,75963	5056,76	3149145,987	538200	2,051			
вул. Сугоклівська29	534,17666	5056,76	2701203,167	463450	2,059			
вул. Сугоклівська27	680,29903	5056,76	3440108,923	583050	2,034			
вул. Зінченка 9	567,13091	5056,76	2867844,9	485875	2,033			
вул. Зінченка 7	597,32463	5056,76	3020527,296	515775	2,049			
вул. Зінченка 5	442,54826	5056,76	2237860,339	381225	2,044			
вул. Сугоклівська25	650,30658	5056,76	3288444,301	568100	2,073			
вул. Сугоклівська23	411,63013	5056,76	2081514,776	351325	2,025			
вул. Сугоклівська21	398,18239	5056,76	2013512,782	343850	2,049			
вул. Сугоклівська17	447,10279	5056,76	2260891,504	388700	2,063			
вул. Сугоклівська15	436,16277	5056,76	2205570,449	373750	2,033			
вул. Зінченка 3	449,73691	5056,76	2274211,617	388700	2,051			

Прод. таблиці 8.2.

1	3	4	5	6	7
вул. Зінченка 1	466,04436	5056,76	2356674,478	403650	2,055
вул. Сугоклівська 5а	76,9185378	5056,76	388958,5852	67275	2,076
вул. Сугоклівська 5	79,636284	5056,76	402701,5755	71760	2,138
вул. Садова, 16	108,461896	5056,76	548465,7772	97175	2,126
пров. Кріпосний 21	1164,47305	5056,76	5888460,74	1046500	2,133
пров. Кріпосний 21А	1532,55215	5056,76	7749748,41	1315600	2,037
пров. Кріпосний 19а	1027,77868	5056,76	5197230,118	882050	2,037
пров. Кріпосний 19	950,357439	5056,76	4805729,483	822250	2,053
вул. В. Пермська, 54	64,1368656	5056,76	324324,7365	55315	2,047
вул. Можайського 6	884,261266	5056,76	4471496,999	762450	2,046
вул. Зінченка 4б	675,174696	5056,76	3414196,396	583050	2,049
вул. Зінченка 3а	449,736	5056,76	2274207,015	388700	2,051
Адміністративні споживачі					
Д/с №72	259,524784	6992,66	1814768,576	165945	1,097
Д/с № 49	167,134676	6992,66	1168715,963	110630	1,136
Бібліотека	19,5629371	6992,66	136796,9677	12558	1,102
Будинок д/садка	142,551786	6992,66	996816,1719	91195	1,098
Харчоблок	130,339961	6992,66	911423,0317	89700	1,181
Пральня	89,1779125	6992,66	623590,8216	56810	1,093
ПАТ "Інтер"	87,6390345	6992,66	612829,971	56810	1,112
ПАТ "Тетяна"	100,332493	6992,66	701591,0105	64285	1,100

Прод. таблиці 8.2.

1	3	4	5	6	7
ЖКГ 13	26,7039051	6992,66	186731,329	17940	1,153
Збірका 49/016	9,97594932	6992,66	69758,42177	6428,5	1,106
Головпоштамп ОС-1	18,3255696	6992,66	128144,4775	11810,5	1,106
МВД	509,568306	6992,66	3563237,911	325910	1,098
АТС-238	42,0352542	6992,66	293938,2406	26910	1,099
Пожежне депо	275,473512	6992,66	1926292,608	179400	1,118
Ремонт взуття	7,86015528	6992,66	54963,39342	5083	1,110
Салон краси	18,1545831	6992,66	126948,8271	11661	1,102
Слюсарна майстерня	15,815593	6992,66	110593,0645	10166	1,103
Майстерські школи	248,368898	6992,66	1736759,258	164450	1,136
Клуб "Гірняк"	75,344979	6992,66	526861,8209	49335	1,124
КП «Кіровоград. Ринки»	14,9045355	6992,66	104222,3492	9568	1,102
ПП «Бугаєв» О.А.	6,94648728	6992,66	48574,42374	4485	1,108
СШ №16 Корпус №1	1500,25982	6992,66	10490806,83	971750	1,112
СШ № 16 корпус №2	893,221415	6992,66	6245993,66	575575	1,106
СШ № 7	1021,03704	6992,66	7139764,868	651820	1,096
Допоміжна школа	808,469571	6992,66	5653352,83	523250	1,111
"Промінвестбанк"	40,000385	6992,66	279709,0922	26910	1,154
Медцентр "Універсам"	66,2526771	6992,66	463282,4451	43355	1,123
Перукарня "Камелія"	16,0348734	6992,66	112126,4178	10315,5	1,104

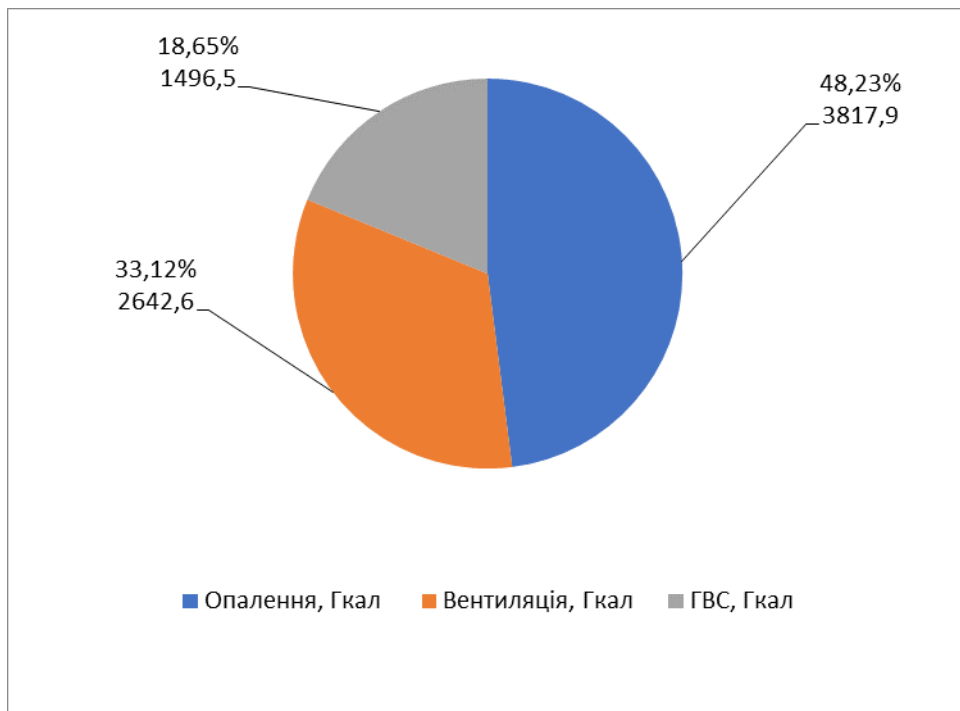


Рисунок 8.6. Баланс споживання теплової енергії на опалення, вентиляцію та ГВП мікрорайону «Шкільний» за рік, до встановлення ІТП

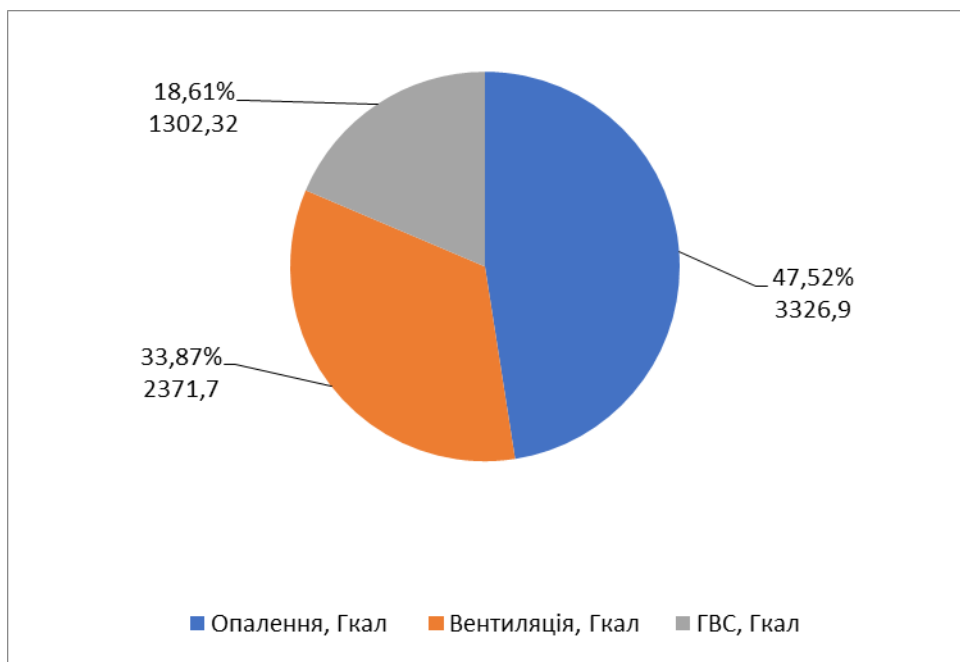


Рисунок 8.7. Баланс споживання теплової енергії на опалення, вентиляцію та ГВП мікрорайону «Шкільний» за рік, після встановлення ІТП

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено комплексний проєкт системи енергопостачання мікрорайону «Шкільний» м. Кропивницький. Робота охоплює ключові аспекти проєктування електро- та теплопостачання житлової інфраструктури з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності та надійності.

У першому розділі було визначено електричні навантаження об'єктів мікрорайону, з урахуванням різних типів споживачів, що дозволило сформуванню бази для подальшого проєктування системи електропостачання. У другому розділі здійснено розрахунок теплових навантажень для системи теплопостачання, що включає як опалення, так і гаряче водопостачання.

Особлива увага приділялася проєктуванню теплових мереж, їх трасуванню, вибору матеріалів трубопроводів та джерел теплопостачання. За допомогою картограм електричних та теплових навантажень було оптимізовано місце розташування головної знижувальної підстанції та джерел теплоти, що сприяє мінімізації втрат енергії та витрат на будівництво мереж.

У техніко-економічному обґрунтуванні порівнювалися варіанти схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання. Було обґрунтовано доцільність вибору оптимальної схеми з урахуванням вартості, надійності та перспективи розвитку мікрорайону.

Розділ компенсації реактивної потужності передбачав вибір необхідного обладнання для зниження навантаження на електромережу та підвищення коефіцієнта потужності. Було підібрано трансформаторні підстанції, які відповідають розрахованим навантаженням і відповідають нормам безпеки.

Окремо виконано розрахунок струмів коротких замикань у системі електропостачання, що дозволило здійснити правильний вибір апаратури захисту та інших елементів електроустановок, забезпечуючи надійну і безпечну роботу всієї системи.

Загалом, запропоноване технічне рішення є енергоефективним, економічно доцільним та таким, що відповідає сучасним вимогам до проектування інженерних мереж в умовах урбаністичного розвитку.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено комплекс заходів для підвищення енергоефективності будівель і їхніх інженерних систем у мікрорайоні «Шкільний». Проведено розрахунок термічних опорів зовнішніх огорожувальних конструкцій з урахуванням діючих нормативів, що дозволило оцінити теплові втрати будівель через стіни, покрівлю та віконні прорізи.

Обчислено основні показники енергетичної ефективності будівель, зокрема питомі витрати теплової енергії на опалення, що дозволило встановити клас енергоефективності об'єктів та визначити потребу в модернізації конструктивних елементів та інженерних мереж.

Особлива увага була приділена оцінці ефективності впровадження індивідуального теплового пункту (ІТП) з автоматичним регулюванням теплопостачання. В результаті аналізу встановлено, що використання ІТП дозволяє зменшити витрати теплової енергії на 10–20% за рахунок адаптації подачі тепла до погодних умов та графіку споживання.

Запропоновані заходи сприятимуть не лише зниженню енергоспоживання, а й покращенню мікроклімату в приміщеннях, підвищенню рівня комфорту для мешканців та зниженню експлуатаційних витрат на утримання будівель.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекоменд. 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. Проектування електропостачальних систем загального призначення : навч. посіб. / за заг. ред. А. А. Маліновського. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 436 с. – ISBN 978-966-941-149-5.

3. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств [Чинний від 01.07.2016] / розроб. Інститут «Київпромелектропроект»; затв. наказом Мінрегіону України від 28.10.2015 № 279. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 78 с.

4. Правила улаштування електроустановок : офіц. вид. / Міненерговугілля України; розроб.: ВП «Науково-проектний центр розвитку ОЕС України» ДП «НЕК «Укренерго» ; затв. та надано чинності наказом Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476. – Київ : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

5. Проектування систем забезпечення споживачів електричною енергією [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 222 с. Документ за посиланням: <https://surl.luh/utazgu>.

6. Кузнецов В. Д., Тимофеев С. І. Системи електропостачання : навч. посіб. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 204 с.

7. Glover, J. D., Sarma, M. S., Overbye, T. J., Birchfield, A. Power System Analysis and Design. – 7th ed. – Boston : Cengage Learning, 2022. – 864 p. – ISBN 978-0357676189.

8. El-Hawary, M. E. Electrical Power Systems: Design and Analysis. – 2nd ed. – Hoboken : Wiley, 2024. – 808 p. – ISBN 978-0470167625.

9. Kothari, D. P., Nagrath, I. J. Modern Power System Analysis. – 4th ed. – New Delhi : Tata McGraw-Hill Education, 2011. – 796 p. – ISBN 978-1259003172.

10. 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.

11. Офіційний сайт ПрАТ «Кіровоградобленерго»: <https://kiroe.com.ua/tarifi>

12. 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.

13. 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.

14. Клименко, В. В. Энергозбереження 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.
