

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Григоренко Денис Ігорович

ТЕХНІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ КУ ЗОШ № 24 СМР

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи: _____
(підпис)

Сотник М.І.

(прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н., доцент

(наукове звання та наукова ступінь)

ЗАТВЕРДЖУЮ

ЗАВ. КАФЕДРИ

« » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

студента _____
Григоренка Денис Ігоровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Техніко-екологічні та економіко-організаційні аспекти підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі КУ ЗОШ № 24 СМР

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р. _____

2 Термін здачі студентом закінченої роботи - до _____ р.

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Креслення об'єкту енергетичного обстеження; - документація обліку споживання ПЕР на об'єкті, - документація з наданих опитувальних листів про дійсний стан будівель та систем енергопостачання об'єкту з енергетичного обстеження нормативна документація з енергоспоживання, що діє на території України

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження).

Розділ 1 – Загальний опис об'єкту енергетичного дослідження(загальні відомості про об'єкт, аналіз споживання енергоносіїв, опис дійсного стану, обстеження енергетичних систем, техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів).

Розділ 2 – Розрахунковий аналіз обстежуваної системи(Розрахунок реального термічного опору будівлі, визначення основних видів втрат теплової енергії).

Розділ 3 – Техніко-екологічні та економіко-організаційні аспекти підвищення енергоефективності функціонування систем. (розрахунок та запровадження енергозберігаючих заходів).

Розділ 4 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті, Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті, Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»).

Висновок.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях			

6 Дата видачі завдання _____

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	01.11.20	
2	Захист переддипломної практики	30.11.20	
3	Виконання 1-го розділу	27.11.20	
4	Виконання 2-го розділу	15.11.20	
5	Виконання 3-го розділу	10.12.20	
6	Виконання 4-го розділу	25.11.20	
7	Представлення виконаної роботи	14.11.20	
8	Проходження перевірки на плагіат	16.12.20	
9	Проведення захисту роботи	21.12.20	
10			

Студент-магістр

(підпис)

Керівник випускної роботи

(підпис)

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	2
ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	6
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	6
1.2 Призначення об'єкта енергетичного обстеження.....	7
1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	7
1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 21.05.2019).....	15
1.5 Опис дійсного стану будівлі	16
1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання	16
1.6.1 Система опалення.....	16
1.6.2 Система холодного водопостачання	17
1.6.3 Системи вентиляції	17
1.6.4 Система електропостачання.....	18
1.6.5 Система обліку ресурсів	21
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів	23
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла	23
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії.....	24
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	25
1.8 Висновки за розділом.....	26
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ.....	27
2.1 Методика проведення розрахунку.....	27
2.2 Проведення розрахунку	30
2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	30
2.2.1.1 Розрахунок термічного опору стіни	30
2.2.1.2 Розрахунок термічного опору вікна	31
2.2.1.3 Розрахунок термічного опору дверей	31
2.2.1.4 Розрахунок термічного опору даху	32

2.2.1.5	Розрахунок термічного опору підлоги.....	32
2.2.2	Розрахунок тепловтрат	35
3	ТЕХНІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ	40
3.1	Впровадження методики «зеленої» покрівлі в начальному закладі	40
3.2	Впровадження автоматизованої системи моніторингу електроспоживання в навчальному закладі.....	51
3.2.1	Розрахунок базисних величин нормованого електроспоживання у будівлі навчального закладу	56
3.3	Висновок за розділом.....	63
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
4.1	Розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	64
4.1.1	Характеристика об'єкту дослідження.....	64
4.1.2	Опис виявлених факторів, що можуть бути небезпечними.....	64
4.1.3	Поводження працівників при виникненні пожежі	66
4.2	Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті	67
4.3	Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»	70
	ВИСНОВОК.....	72
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	73
	ДОДАТОК А.....	76
	ДОДАТОК Б	81

ВСТУП

Енергетичний аудит або ж енергетичне обстеження дозволяють нам визначити потенціал тої економії енергоресурсів що споживається об'єктом та визначити план та ресурси для досягнення цієї економії. Мета ж енергоаудиту полягає в тому, щоб виявити, як використовується енергія в будівлі, знайти всі джерела тепловтрат та розробити рішення по їх зменшенню[1]. Зібравши достатню кількість матеріалів, енергоаудитор будує баланс споживання енергоресурсів, пропонує заходи, що можуть бути впроваджені та розраховує їх ефективність [2].

Енергозбереження, будучи одним з найважливіших напрямків державної економічної політики, є також невід'ємним фактором вирішення екологічних проблем. Розумне використання енергії дозволить скоротити згубний вплив на екологічну обстановку.

У зв'язку зі значним підвищенням вартості енергоносіїв, енергоаудит будівель стає все більш актуальним заходом. Комплексне обстеження будівель дозволяє ефективно виявити і усунути проблеми з енергоспоживанням [3].

Реалізуючи термомореновацію шляхом додаткового утеплення будівлі з залученням екологічної складової дає нам позитивний результат в економії енергії та підвищить якість будівлі та комфорту її внутрішнього середовища.

Якісно розроблений проект з електрозбереження дозволяє оптимізувати використання енергії. Тому енергозбереження напряму впливає на екологію і суттєво економить кошти.

Актуальність теми:

Дослідження магістерської роботи спрямоване на вдосконалення технологій енергозабезпечення будівлі з одночасним зменшенням нераціонального споживання енергоносіїв та енергії і наразі є актуальним.

Питання енергозбереження та модернізації інженерних систем у навчальних закладах з метою їх приведення у відповідність до сучасних вимог одне із пріоритетних завдань.

Енергозбереження є актуальною і необхідною умовою для нормального функціонування навчального закладу, оскільки підвищення ефективності використання енергії, при безперервному зростанні цін на енергоресурси і відповідно зростанні вартості електричної і теплової енергії дозволяє отримати економію як енергії так і фінансових ресурсів [4].

Мета і задачі дослідження:

Вирішити техніко-екологічні та економіко-організаційні аспекти підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі КУ ЗОШ №24 СМР та розробка енергозберігаючих заходів із економії ПЕР та впровадження системи моніторингу з електрозабезпечення.

Поставленими задачами дослідження:

- Провести аналіз систем тепло-, водо-, електропостачання;
- Провести аналіз дійсного стану огорожувальних конструкцій;
- Порівняння фактичних питомих показників з нормованими;
- Розроблення енергозберігаючих заходів.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є комунальна установа Сумська загальноосвітня школа І-ІІІ № 24.

Метою роботи є проведення енергетичного обстеження системи теплозабезпечення будівлі, визначення дійсного технічного стану, визначення обсягів споживання енергії, запровадження енергозберігаючих заходів для підвищення ефективності енергоспоживання будівлею.

Будівельна належність – комунальна установа.

Адреса будівлі: м. Суми, вул. Сергія Табали (Севера), 20.

Будинок складається із 5-ти корпусів (див. Додаток А). Головний фасад будівлі зорієнтовано на південно-західну сторону.

Технічні характеристики будинку:

- рік побудови 1990 р.;
- кількість поверхів: 1, 2, 3 корпуси в 4 поверхи, 4, 5 корпуси в 3 поверхи;
- опалювальна площа 7188 м²;
- площа забудови 2397,04 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 21382,34 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 24772,42 м³.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється централізовано від ТОВ «Сумитеплоенерго».

Подача холодної води до будівлі здійснюється КП «Міськводоканал».

Забезпечення електроенергією будівлі здійснюється ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

Технічну експлуатацію будівлі здійснює персонал навчального закладу.

1.2 Призначення об'єкта енергетичного обстеження

Будівля розташована в Зарічному районі.

Адреса: м. Суми, вул. Сергія Табали (Сєвера), 20.

Керівництво:

- Директор – Бондаренко Тетяна Миколаївна.
- Відповідальний за господарчу частину – Черевата Людмила

Іванівна.

Склад людей:

- кількість обслуговуючого персоналу у будівлі – 25 осіб;
- кількість учнів у навчальному закладі – 502 осіб;
- кількість викладачів, які працюють у навчальному корпусі – 74 осіб.

Робочий день в навчальному закладі: 8:00 – 17:00.

На вахті в будівлі цілодобово чергує вахтер.

1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Річне споживання енергоносіїв і води за останні роки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Споживання енергоносіїв і води за 2017-2019 р.

Найменування	Одиниці вимірюванн я	Обсяги споживання за роками		
		2017	2018	2019
Теплова енергія із централізованих систем теплопостачання на потреби опалення	ГДж	3238,40	3415,70	2212,33
Теплова енергія із централізованих систем теплопостачання на потреби опалення	кВт·год	900275,20	949564,60	615027,7 9
Гаряча вода	м ³	762,00	749,00	766,00
Холодна вода	м ³	1186,00	1047,00	1369,72
Електроенергія на внутрішнє освітлення	кВт·год	-	3316,62	22932,00
Електроенергія на інші потреби	кВт·год	-	53635,47	28431,65
Загальні витрати електроенергії	кВт·год	53206,00	64872,00	51363,65
Загальні витрати теплової і електричної енергії	кВт·год	953481,20	1014436,6 0	666391,4 4

На рис. 1.1 зображено графіки споживання холодної води у 2017, 2018, 2019 роках. Помісячне споживання на холодну воду наведено в таблиці 1.2.

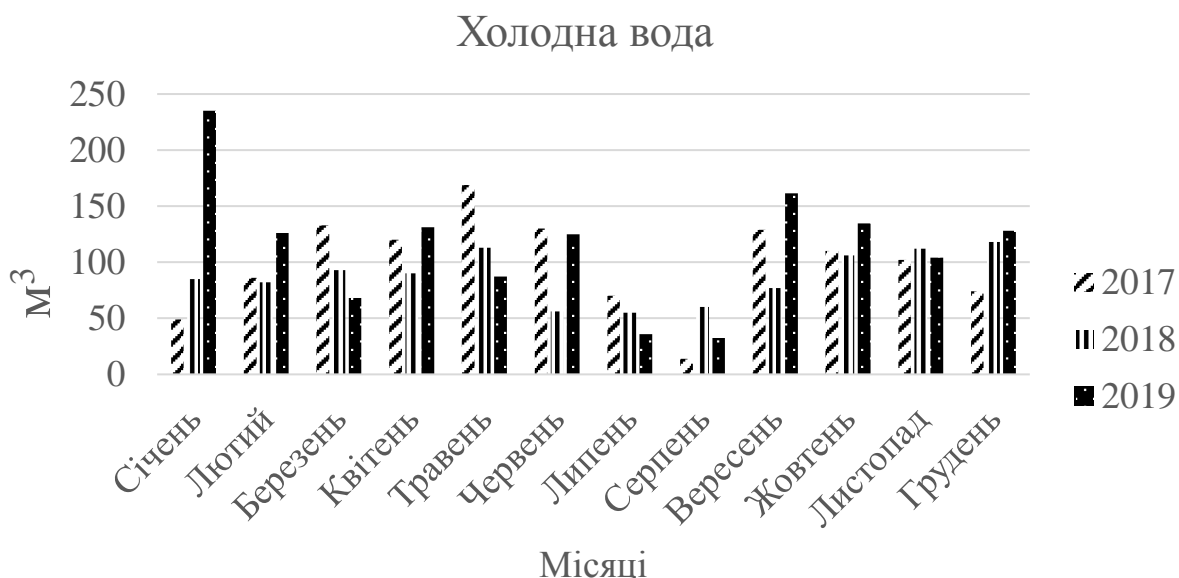


Рисунок 1.1 - Графік споживання холодної води за місяцями року

Таблиця 1.2 – Помісячне споживання холодної води

Холодна вода			
Місяць	м³		
	2017	2018	2019
Січень	49,00	85,00	235,18
Лютий	86,00	82,00	126,18
Березень	133,00	93,00	68,18
Квітень	120,00	90,00	131,18
Травень	169,00	113,00	87,18
Червень	130,00	56,00	125,00
Липень	70,00	55,00	35,79
Серпень	14,00	60,00	32,55
Вересень	129,00	77,00	161,48
Жовтень	110,00	106,00	134,62
Листопад	102,00	112,00	104,19
Грудень	74,00	118,00	128,19
Всього за рік	1186,00	1047,00	1369,72

На рис. 1.2 зображено графік споживання гарячої води у 2017, 2018, 2019 роках. Помісячне споживання на гарячу воду наведено в таблиці 1.3.

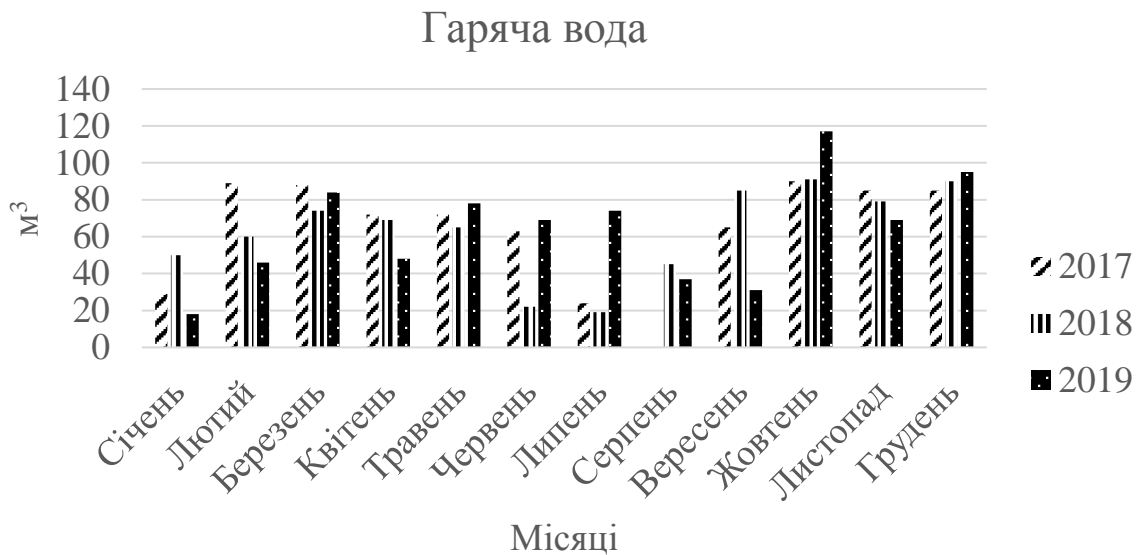


Рисунок 1.2 - Графік споживання гарячої води за місяцями року

Таблиця 1.3 – Помісячне споживання гарячої води

Гаряча вода			
Місяць	м ³		
	2017	2018	2019
Січень	29,00	50,00	18,00
Лютий	89,00	60,00	46,00
Березень	88,00	74,00	84,00
Квітень	72,00	69,00	48,00
Травень	72,00	65,00	78,00
Червень	63,00	22,00	69,00
Липень	24,00	19,00	74,00
Серпень	0,00	45,00	37,00
Вересень	65,00	85,00	31,00
Жовтень	90,00	91,00	117,00
Листопад	85,00	79,00	69,00
Грудень	85,00	90,00	95,00
Всього за рік	762,00	749,00	766,00

Витрати води в будівлі залежить від розкладу занять, графіку навчального процесу, пори року та ремонтних робіт.

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує, що в літку 2019 року витрати гарячої та холодної води не зменшувались з приходом канікулів, оскільки велися ремонтні роботи. В інші роки по гістограмі видно, що влітку з періодом канікулів витрата зменшується, що зумовлене зменшенням кількості дітей в навчальному закладі.

На рисунку 1.3 зображено графік споживання теплової енергії у 2017, 2018, 2019 роках. Помісячне споживання теплової енергії наведено в таблиці 1.4.

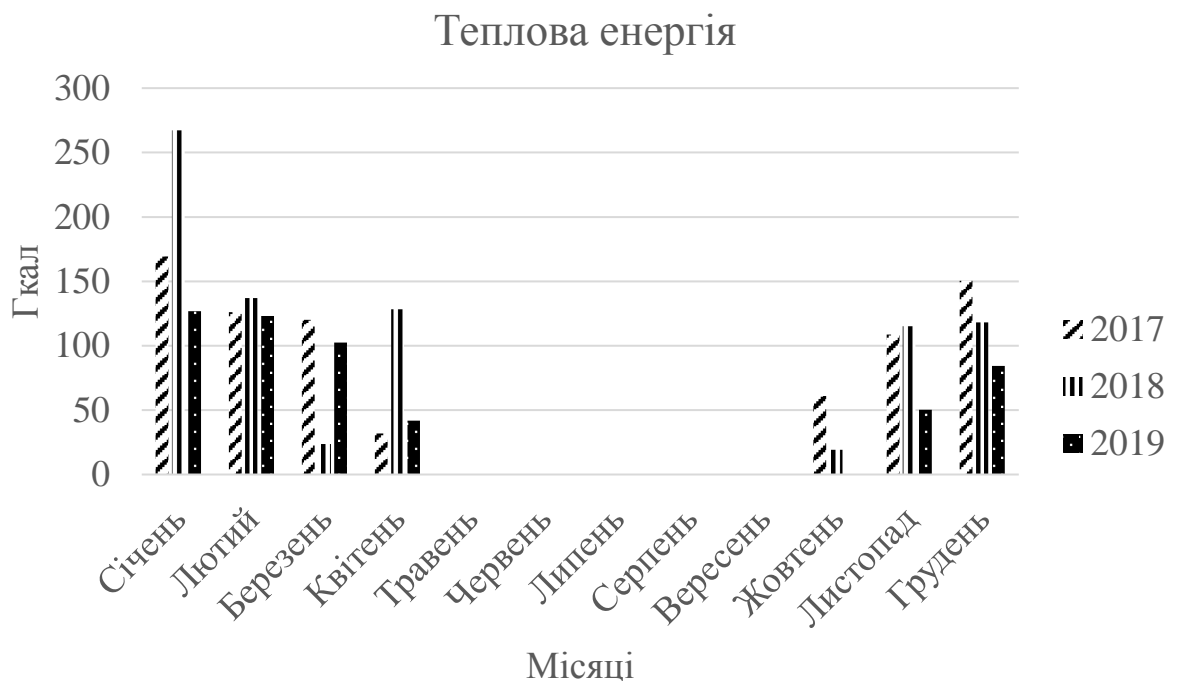


Рисунок 1.3 - Графік споживання теплової енергії за місяцями року

Таблиця 1.4 – Помісячне споживання теплової енергії

Теплова енергія			
Місяць	2017	2018	2019
	Гкал		
Січень	169,30	267,33	126,92
Лютий	126,12	137,06	123,11
Березень	120,06	23,683	102,45
Квітень	31,86	128,20	41,88
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	61,00	19,20	0
Листопад	108,55	115,10	50,19
Грудень	150,42	118,20	84,20
Всього за рік	767,31	808,77	528,75

З рисунка 1.3 та таблиці споживання теплової енергії 1.4 показано, що споживання теплової енергії відбувається в опалювальний період. Тепло на підігрів води не надається, оскільки наявне гаряче водопостачання. За нормативними даними [5], тривалість опалювального періоду становить 187 днів, але кількість опалювальних днів кожного року змінюється в залежності від зменшення середньодобової температури $+8^{\circ}\text{C}$. Та відповідно закінчується при підвищенні середньодобової температури $+8^{\circ}\text{C}$. за три останніх дні.

Також можна зробити висновок, що на зменшення витрат теплової енергії за 2019 рік вплинули роботи з енергозбереження, а саме утеплення стін, заміна дверей, встановлення нового теплового пункту та заміна застарілих вікон.

На рисунку 1.4 зображено графік споживання електричної енергії у 2017, 2018, 2019 роках. Помісячне споживання електричної енергії наведено в таблиці 1.5.

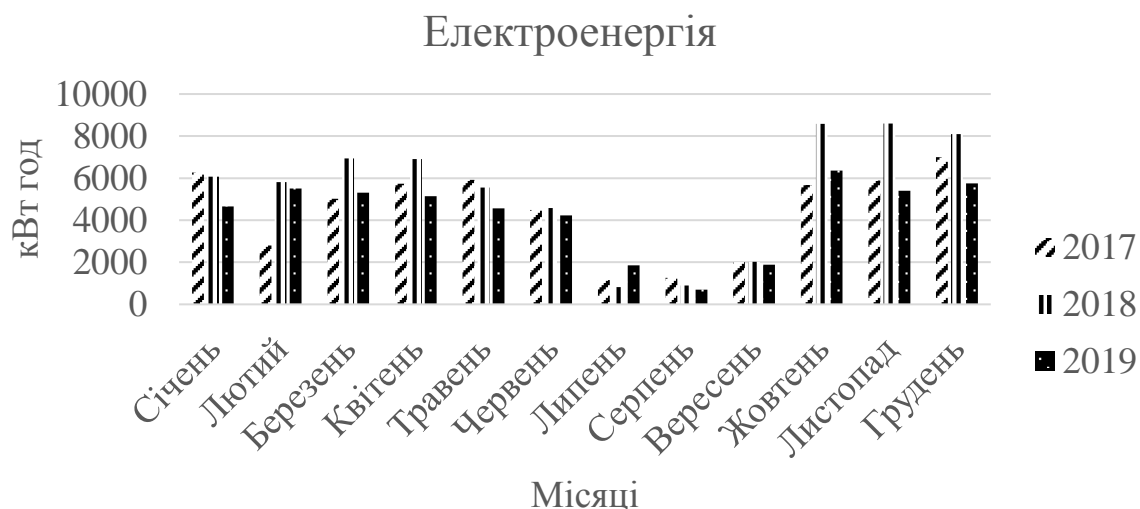


Рисунок 1.4 - Графік споживання електричної енергії за місяцями року

Таблиця 1.5 – Помісячне споживання електричної енергії

Електроенергія			
Місяць	2017	2018	2019
	кВт год		
Січень	6271,00	6067,00	4650,29
Лютий	2800,00	5807,00	5506,43
Березень	5027,00	6937,00	5315,19
Квітень	5739,00	6905,00	5145,74
Травень	5920,00	5555,00	4568,05
Червень	4482,00	4582,00	4234,00
Липень	1150,00	820,00	1859,00
Серпень	1260,00	900,00	700,00
Вересень	2005,00	2019,00	1878,94
Жовтень	5670,00	8580,00	6354,29
Листопад	5890,00	8599,00	5404,91
Грудень	6992,00	8102,00	5746,81
Всього за рік	53206,00	64872,00	51363,65

В таблиці 1.6 наведено результати вимірів погодинного активного навантаження 01.12.2020, кВт

Таблиця 1.6 – Погодинне навантаження 01.12.2020

Години доби	Погодинне навантаження, кВт
00.00-01.00	9,8
01.00-02.00	9,8
02.00-03.00	9,8
03.00-04.00	9,8
04.00-05.00	9,8
05.00-06.00	9,8
06.00-07.00	9,8
6:00-7:00	9,8
7:00-8,00	9,8
8:00 – 8:45	37,8
8:55 – 9:55	29
9:55 – 10:55	27,8
10:55 – 11:40	29
11:40 – 12:00	27,9
12:00 – 12:55	27
12:55 – 13:50	24,3
13:50 – 14:45	21,9
14:45 – 15:30	22,7
15:30 – 16:00	16
16:00 – 17.00	5,6
17.00 – 18:00	25,2
18:00-19:00	9,8
19:00 – 20:00	9,8
20:00 – 21:00	9,8
21:00 – 22:00	9,8
22:00 – 23:00	9,8
23:00 – 24:00	9,8

В таблиці 1.7 наведено результати вимірів погодинного активного навантаження 15.06.2020, кВт

Таблиця 1.7 – Погодинне навантаження 15.06.2020

Години доби	Погодинне навантаження, кВт
00.00-01.00	4,1
01.00-02.00	4,1
02.00-03.00	4,1
03.00-04.00	4,1
04.00-05.00	4,1
05.00-06.00	4,1
06.00-07.00	4,1
6:00-7:00	4,1
7:00-8,00	4,1
8:00 – 8:45	6,6
8:55 – 9:55	9,8
9:55 – 10:55	10,2
10:55 – 11:40	10,5
11:40 – 12:00	10,5
12:00 – 12:55	10,5
12:55 – 13:50	11
13:50 – 14:45	11
14:45 – 15:30	10,5
15:30 – 16:00	6,6
16:00 – 17.00	11,6
17.00 – 18.00	11,6
18:00-19:00	4,6
19:00 – 20:00	4,6
20:00 – 21:00	4,6
21:00 – 22:00	4,6
22:00 – 23:00	4,6
23:00 – 24:00	4,6

1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 21.05.2019)

Тарифи на енергоносії і воду:

- Електрична енергія – 2,87 грн/кВт · год;
- Холодна вода – 8,56 грн/м³;

- Гаряча вода – 89,49 грн/м³;
- Теплопостачання – 1858,6 грн/Гкал.

1.5 Опис дійсного стану будівлі

Об'єкт складається із з 5-ти корпусів, 2 з яких 3-х поверхові, остача 4-х поверхові. Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 620 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином товщиною 15 мм та 15 мм відповідно та утеплювач, базальтова вата товщиною 100 мм.

Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, цементно-піщаний розчин 70 мм та покрита шаром руберойду 6 мм.

Підлога виконана у вигляді бетонної плити товщиною 220 мм, покритою цементно-піщаною стяжкою 40 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна) навчального закладу мають металевопластиковий профіль. Вікна з ПВХ-профілем загальною площею 934,14 м².

Двері навчального закладу металеві загальною площею 36,72 м².

Будівля не має горища, технічного поверху. Має підвальне приміщення в якому розташований тепловий пункт та тир.

1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання

1.6.1 Система опалення

Навчальний заклад №24 має централізовану систему теплопостачання яке здійснюється на підставі договору з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1214 – Т618 від 18.02.2019 року, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система однотрубна з нижньою розводкою зі штучною циркуляцією

теплоносія. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Тепло подається з ЦТП-25Х по трубопроводу до тепловпункту який знаходиться в корпусі 4. Опалювальні прилади - чавунні радіатори типу Аккорд, радіатори конвективного типу.

За договором відпуск теплоти до будівлі здійснюється за температурним графіком 60/50 °С. Температура в тепловпункті на подавальному трубопроводі – 56 °С, температура на зворотному трубопроводі – 48 °С.

У тепловому вузлі вводу будівлі встановлене наступне обладнання: запірня арматура – засувки діаметром 80 мм, лічильник теплової енергії на подавальному трубопроводі, теплообчислювач, сітчастий фільтр, фільтр-грязьовик, елеваторний вузол.

Встановлено систему рекуперації тепла, але вона не працює.

Встановлений каналний повітрянагрівач «С -К VN -К».

Схема тепловпункту наведена в додатку В.

1.6.2 Система холодного водопостачання

Водопостачання Сумської ЗОШ № 24 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого холодного та гарячого водопостачання з КП «Міськводоканал» СМР договір №3076 від 08.02.2019 року. Трубопроводи сталі, не ізолювані.

Сталевий подавальний трубопровід холодного водопостачання середнім діаметром 40 мм прокладено до будівлі. Основні споживачі холодної води: кухня, рукомийники, вбиральні, душові.

Недоліків у конструкції і експлуатації системи холодного водопостачання не встановлено.

1.6.3 Системи вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності

світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері. Також встановлено «Приточно – вытяжна установка» типу «VRS – РЭ». За технічною документацією об'єм повітря, що механічно видаляється з приміщення $V_M = 3000 \text{ м}^3/\text{год}$.

1.6.4 Система електропостачання

Основні технічні енергоспоживаючі системи навчального закладу № 24:

- Система технологічного обладнання;
- Система освітлення.

У приміщення наявні світильники з енергозберігаючими лампами, потужність однієї 12 Вт. (всього 258 шт. загальною потужністю 4644 Вт). Річна тривалість роботи систем освітлення: енергозберігаючі – 1800 год/рік та енергозберігаючі, що стоять в коридорах та вбиральнях – 2880 год/рік. Також встановлені світлодіодні лампи (всього 506 шт. загальною потужністю 5060 Вт). Річна тривалість роботи освітлення світлодіодними лампами – 2880 год/рік. Кількість використаної електроенергії в рік 22932 кВт/рік. Зовнішнього освітлення не має. Для обліку електроенергії передбачено встановлення лічильника електроенергії «Энергия – 9» виконання СТКЗ. Повірка якого здійснюється раз на 9 років. Встановлений був 16 лютого 2017 року.

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води закладу визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених повірок.

Електропостачання Сумської ЗОШ № 24 здійснюється згідно договору про надання послуг електропостачання з ТОВ «ЕНЕРА СУМИ» договір №4021 - від 01.01.2019 року.

До недоліків можна віднести неефективне використання енергоспоживаючих приладів та забрудненість освітлювальних приладів. В таблиці 1.9 наведено основне енергоспоживаюче обладнання навчального закладу.

Таблиця 1.9 – Основне енергоспоживаюче обладнання навчального закладу

Тип обладнання	Кількість годин роботи на рік	Кількість обладнання, од	Потужність одиниці обладнання, кВт	Коефіцієнт завантаження	Кількість використаної електроенергії в рік кВт·год/рік
Освітлювальні прилади					
тип освітлювальних приладів (лампи розжарювання, світлодіодні лампи, і т.ін.)					
Люмінісцентні	1800	258	0,018	1	8359,2
Світлодіодні	2880	506	0,01	1	14572,8
Обладнання харчоблоку	0				
Агрегат ВСТ - 19 В3Е	1440	1	1,5	1	2160
Агрегат ФАК МЗРЭ	1440	1	1,5	1	2160
Водонагрівач 200В - 50Гц - 150	2520	1	1,5	1	3780
Електрокотел - 1603 V 380 В322 В	2160	1	2,4	1	5184

Продовження таблиці 1.9

Електром'ясорубка МИМ	720	1	1,5	0,8	864
Електроплита - ЭП-11 Б-3-6	720	3	1,2	0,8	2073,6
Електроплита - 0-200	2880	3	1,2	0,8	8294,4
Електросковорода СЭСМ 0,200,000РЭ	1440	2	0,6	0,8	1382,4
Картопечистка - МОК - 125-РЭ	720	1	0,8	1	576
Миюча машина	2520	1	1,5	0,8	3024
Овочерізка МРОВ	720	1	0,8	1	576
Пекарська шафа 00.000РЭ ШЖЭ 0,85	1800	1	1,8	0,8	2592
Привід універсальний П111 РЭ	720	1	1,2	1	864
Стационарне управл. Котл.	1440	2	1,5	1	4320
Установка УС-1	1080	1	1,5	1	1620
Холодильна камера - КЧС - 2-66	8640	1	0,15	0,8	1036,8
Холодильна шафа ШХ-1,12	8640	1	0,35	0,8	2419,2
Холодильники	8640	2	0,15	0,8	2073,6

Продовження таблиці 1.9

Насосне обладнання					
Lowara LNEE40-125/O7X/S25RCS4 23/4050	8640	2	0,75	1	12960
Інше обладнання					
Кресло КСЕМ ОЗ	1800	1	1,5	1	2700
Комп'ютери	360	43	0,35	0,5	2709
Телевізори	360	6	0,06	1	129,6
Всього:					86430,6

Різниця між фактичним та розрахунковими даними становить 40,47%. Це пов'язано з тим, що після 2019 року було встановлене нове енергоспоживаюче обладнання та замінені лампи.

1.6.5 Система обліку ресурсів

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла «COSMOS WS 80». Періодичність повірки –раз на 2 роки.

Також встановлений вимірювач тепла «Pollu Therm» спільного підприємства «Інвест – Премекс» з водоміром типу WSØ 80.

Широкий діапазон вимірювання теплоносія від 11,4 м³/год до 60,0 м³/год з номінальною витратою 45,0м³/год Лічильник теплової енергії «Pollu Therm» складається з:

- багатофункціонального тепловимірювача «Pollu Therm»,
- лічильника води WSØ 80 з передавачем імпульсу,
- термодатчиків опору ОТ 5,7,

- Втулок термодатчиків і різьбових бобишек ТМР 5.1.

Міжповірючний інтервал для вимірювача теплової енергії «PolluTherm» наступний:

- тепловимірювача «Pollu Therm» – 4 роки,
- термодатчиків опору ОТ 5,7 – 2 роки,
- лічильника води – 2 роки.

Вимірювач теплової енергії “Pollu Therm” відповідає 4 класу точності по OIML 75. Максимально допустима похибка – 4%.

Для обліку електроенергії передбачено встановлення лічильника електроенергії «Энергия - 9» виконання СТКЗ. Повірка якого здійснюється раз на 9 років. Встановлений був 16 лютого 2017 року.

Облік споживання холодної та гарячої води здійснюється наступними лічильниками:

- Лічильник холодної води школа – ТА 4М Unimag Ду 40 (00702857),
- Лічильник гарячої води (подавальний трубопровід) – ТА 4М Unimag Ду 40 (00705604),
- Лічильник гарячої води (зворотній трубопровід) – ТА 4М Unimag Ду 30 (00705631).

Дати останніх повірок лічильників:

- Повірка лічильника на тепло – 22 червня 2019 року, періодичність повірки раз у 2 роки;
- Повірка лічильника на воду – 13 липня 2019 року, періодичність повірки раз у 2 роки;
- Повірка лічильників не електричну енергію – старий замінено на новий 16 лютого 2017 року, періодичність повірки раз у 9 років.

Повірку проведено ТОВ «Інвест-Г».

Заклад щомісячно отримує акт прийому-передачі теплової енергії, електроенергії, водопостачання, та рахунок за спожиту теплову енергію, електроенергію та воду. Оплата за спожиті ресурси здійснюється до кінця розрахункового місяця.

1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів

1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла

Для надання висновку про ефективність споживання теплової енергії на потреби опалення навчальним закладом, необхідно провести порівняння фактичних обсягів споживання тепла зі встановленими державними нормами.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [6];

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де $Q_{оп}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт · год;

$V_{буд}^{оп}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [6]:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (1.2)$$

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт · год/м³;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт · год/м³ [6].

Згідно наданих облікових даних по споживанню тепла навчальним закладом, фактичні питомі витрати тепла на опалення становлять:

- 2017 рік – $Q_{оп} = 900275,20$ кВт · год;
- 2018 рік – $Q_{оп} = 949564,20$ кВт · год;
- 2019 рік – $Q_{оп} = 615027,79$ кВт · год.

Тоді значення питомих фактичних теплових втрат на опалення за

опалювальний період:

- 2017 рік – $EP = 42,10 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$;
- 2018 рік – $EP = 44,41 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$;
- 2019 рік – $EP = 28,76 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$.

Нормативна максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$, що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку, для навчального закладу $EP_{max} = 38 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ [6].

Порівняння нормативної величини тепловитрат і дійсних тепловитрат показує, що будівля перевищувала нормативну вимогу, тепло споживалося у великій кількості. Завдяки заходам з енергозбереження, що були проведені в 2019 році навчальний заклад зменшив кількість споживаної теплової енергії та не перевищив допустиму норму.

1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії

Нормативне значення споживання електричної енергії для загальноосвітніх навчальних закладів з електрифікованим харчоблоком та кількістю учнів – 502, становить $219 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{учня}$ [7].

Фактичне споживання для навчального закладу на одного учня становлять:

- 2017 рік – $\frac{53206 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 105,99 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{учня}$;
- 2018 рік – $\frac{64872 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 129,23 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{учня}$;
- 2019 рік – $\frac{51363,65 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 102,32 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{учня}$.

Фактичні дані не перевищують нормативне значення, що в свою чергу є позитивним знаком. Також є можливість зменшення використання електричної енергії шляхом використання альтернативних джерел енергії та нових енергоефективних технологій.

1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

В навчальному закладі витрата води залежать від зміни кількості учнів, ремонтних робіт, пори року. Порівнявши фактичні та нормативні витрати на одного учня можна проаналізувати чи відповідає навчальний заклад нормативним вимогам.

За нормативними величинами споживання води на одного учня відповідно до вимог від міськвиконкому «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20.04.1999р.» № 172, норма витрат холодної води для учбових закладів та загальноосвітніх шкіл становить 20 л/учня [8].

Значення фактичних питомих витрат холодної води в л/учня за добу становлять:

- 2017 рік – 17,25 л/учня;
- 2018 рік – 15,90 л/учня;
- 2019 рік – 18,91 л/учня.

Порівнявши нормативне значення з фактичним у результаті бачимо, що навчальний заклад не перевищує нормованого значення.

Витрати в грошовому еквіваленті на спожиті енергоресурси та воду за 2019 рік наведені на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Грошові витрати на енергоресурси та воду

З кругової діаграми на рисунку 1.5 наглядно показано, що більша частина грошових коштів йде на опалення, за нею відразу йде електроенергія.

1.8 Висновки за розділом

Зібравши дані по навчальному закладу №24 було зроблено наступне:

- Здійснено опис дійсного стану будівлі;
- Проведено обстеження енергетичних систем;
- Проаналізовано споживання енергоносіїв та води;
- Здійснено техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Методика проведення розрахунку

Наступна методика розрахунку, що викладається в даному підрозділі отримана з літературного джерела з питань теплоізоляції будівель [9].

Виходячи із санітарно-гігієнічних, комфортних умов та умов енергозбереження приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma \text{ ПР}}$ $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ повинний бути не менше нормованих значень $R_{q_{\text{min}}}$.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій які розділяють приміщення, температури повітря, що відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове наступне виконання умови:

$$R_{\Sigma \text{ ПР}} \geq R_{q_{\text{min}}}, \quad (2.1)$$

де $R_{\Sigma \text{ ПР}}$ – приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;

$R_{q_{\text{min}}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Мінімально допустиме значення $R_{q_{\text{min}}}$ встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [9].

Термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою [9]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.2)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · °С) [9].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{ПР}}$ непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ПР}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.3)$$

де α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій, Вт/(м² · °С) [9];

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · °С) [9];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м² · °С/Вт.

Якщо $R_{\Sigma \text{ПР}} < R_{q_{\text{min}}}$ – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані, Вт:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{орг}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \quad (2.4)$$

де $F_{\text{орг}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma \text{ПР}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м² · °С/Вт;

t_B, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [9].

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих $R_{q_{\min}}$, Вт:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{q_{\min}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.5)$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, Вт:

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{стн}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{стн}}$ – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{\text{ор}}$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати $\beta_{\text{ор}} = 0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами, Вт:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot Q_{\text{пдл}}, \quad (2.7)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи, Вт:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \quad (2.8)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг;

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м² · год);

$F_{вкн}$ – площа віконних прорізів, м².

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію, Вт:

$$Q_B = 0,28 \cdot V_M \cdot c \cdot \rho \cdot (t_B - t_3), \quad (2.9)$$

де V_M – об'єм повітря, що видаляється з приміщення механічно системою вентиляції, м³/год.

2.2 Проведення розрахунку

Розрахунки проводимо для будівлі, яка знаходиться у м. Суми (І температурна зона), з нормальним вологісним режимом [6].

2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

2.2.1.1 Розрахунок термічного опору стіни

Значення розрахункових теплофізичних характеристик для матеріалів, що представлені в цьому розділі отримані з літературного джерела та інтернет-ресурсу відповідно [9-10].

1. Стіни:

– кладка глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині з

$\lambda_1 = 0,81$ Вт/(м · °С) товщиною $\delta_1 = 0,62$ м;

– розчин цементно-піщаний з $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м · °С) товщина якого $\delta_2 = 0,03$ м;

– теплоізоляційний матеріал «Технофас» з $\lambda_3 = 0,037$ Вт/(м · °С),

$\delta_3 = 0,1$ м.

Згідно формули (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару стіни:

$$R_{\text{стн1}} = \frac{0,62}{0,81} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$R_{\text{стн2}} = \frac{0,03}{0,81} = 0,037 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$R_{\text{стн3}} = \frac{0,1}{0,037} = 2,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні для зовнішніх стін відповідно $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$, $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ [9].

Тоді приведений опір теплопередачі для стін згідно(2.3):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{стн}} = \frac{1}{8,7} + 0,76 + 0,037 + 2,7 + \frac{1}{23} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює $R_{q \text{ min}}^{\text{стн}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ [6].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір більший ніж допустиме значення $R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{стн}} > R_{q \text{ min}}^{\text{стн}}$, це свідчить про те, що конструкція зовнішнього огороження задовольняє теплотехнічні умови.

2.2.1.2 Розрахунок термічного опору вікна

2. Вікна:

В навчальному закладі встановлено металопластикові однокамерні склопакети ПВХ, за технічною характеристикою приведений опір вікна $R_{q \text{ пр}}^{\text{вкн}} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ [6].

2.2.1.3 Розрахунок термічного опору дверей

3. Двері:

Протипожежні двері типу EL60 навчального закладу виконані у

відповідності до вимог нормативно-технічної і конструкторської документації на цей тип дверей. Згідно виробника приведений опір теплопередачі для дверей $R_{\Sigma пр}^{дв} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

2.2.1.4 Розрахунок термічного опору даху

4. Дах:

– залізобетонна плита з $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ та товщиною $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$;

– цементна стяжка з $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ та товщиною $\delta_2 = 0,07 \text{ м}$;

– руберойд з $\lambda_3 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ та товщиною $\delta_3 = 0,06 \text{ м}$.

За формулою (3.2) знаходимо термічний опір кожного шару даху:

$$R_{\text{дах1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{дах2}} = \frac{0,07}{0,81} = 0,086 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{дах3}} = \frac{0,06}{0,17} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для даху за формулою (3.3):

$$R_{\Sigma пр}^{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + 0,1 + 0,086 + 0,35 + \frac{1}{23} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для даху менший за мінімальне допустиме значення опору теплопередачі даху $R_{q \text{ min}}^{\text{дах}} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [6], що свідчить про необхідність утеплення даху.

2.2.1.5 Розрахунок термічного опору підлоги

5. Підлога:

Термічний опір підлоги розрахуємо за формулою (2.2).

– залізобетонна плита з $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ товщиною $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$;

– розчин цементно-піщаний з $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ товщиною $\delta_2 = 0,04 \text{ м}$.

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару підлоги:

$$R_{\text{пдл1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл2}} = \frac{0,04}{0,81} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для підлоги над неопалювальним підвалом дорівнює $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$, а зовнішньої $\alpha_{\text{з}} = 12 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ [6].

Приведений опір теплопередачі для підлоги за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{пдл}} = \frac{1}{8,7} + 0,1 + 0,05 + \frac{1}{12} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Для I температурної зони м. Суми мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює $R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ [6].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір більший ніж допустиме значення $R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{пдл}} < R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}}$, то це свідчить про те, що конструкція не задовольняє теплотехнічні умови.

В таблиці 2.1 наведені приведені та мінімально допустимі значення термічного опору огорожувальних конструкцій.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ з/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma \text{пр}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,62	0,81	3,65	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81		
		Базальтова вата	0,1	0,37		
2	Перекрыття	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,7	6,0
		Цементна стяжка	0,07	0,81		
		Руберойд	0,06	0,17		
3	Вікна	Однокамерні, металопластикові	–	–	0,74	0,75
4	Двері	Протипожежні металічні	0,014	58	0,8	0,6
		Теплоізоляційний матеріал (базальтова вата)	0,026	0,04		
5	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,35	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		

Утеплення стін призвело до збільшення приведеного опору теплопередачі, що перевищило мінімальне допустиме значення $R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{СТН}} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} >$

$R_{q\ min}^{стн} = 3,3\ м^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Також заміна дерев'яних дверей на металеві з прошарком теплоізоляційного матеріалу $R_{\Sigma\ пр}^{дв} = 0,8\ м^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{q\ min}^{дв} = 0,6\ м^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ перевищило мінімальне допустиме значення. Це значно покращило стан огорожувальних конструкцій. Інші отримані результати ($R_{\Sigma\ пр} \ll R_{q\ min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [10, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.2.2 Розрахунок тепловтрат

Розрахунки проводяться за нормативними показниками температури всередині приміщення, зовнішнього повітря, кількості опалювальних днів та середнє значення температури за опалювальний період.

Значення температури всередині та зовнішньої температури повітря для навчальних закладів беремо згідно нормативних даних для м. Суми I температурної зони $t_{в} = +21\ ^\circ\text{C}$, $t_{з} = -25\ ^\circ\text{C}$ [9].

Тепловтрати через стіни при їх дійсному стані за формулою (2.4), Вт:

З урахуванням всіх світлопрозорих конструкцій та дверей площа стін $F_{стн} = 2315,47\ м^2$.

$$Q_{стн} = \frac{F_{стн}}{R_{\Sigma\ пр}^{стн}} \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot n,$$

$$R_{стн} = 3,65\ м^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, n = 1.$$

$$Q_{стн} = \frac{2315,47}{3,65} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 29181,27\ \text{Вт}.$$

Тепловтрати через вікна при їх дійсному стані за формулою (2.4), Вт:

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{F_{\text{вкн}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n,$$

$$F_{\text{вкн}} = 874,79 \text{ м}^2, R_{\text{вкн}} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{934,14}{0,74} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 58068,16 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані за формулою (2.4):

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n, \text{ Вт},$$

$$F_{\text{дв}} = 36,73 \text{ м}^2, R_{\text{дв}} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{дв}} = \frac{36,73}{0,8} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 2111,97 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через дах при їх дійсному стані за формулою (2.4):

$$Q_{\text{дах}} = \frac{F_{\text{дах}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n, \text{ Вт},$$

$$F_{\text{дах}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{дах}} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{дах}} = \frac{2397,04}{0,7} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 157519,80 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати крізь підлогу при їх дійсному стані за формулою (2.4):

Оскільки підлога знаходиться над неопалювальним підвалом, беремо як температуру ґрунту $t_{\text{пд}} = +6 \text{ °C}$.

$$Q_{\text{дах}} = \frac{F_{\text{пдл}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}^{\text{дах}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт},$$

$$F_{\text{пдл}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{2397,04}{0,35} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 102730,30 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинку за формулою (2.6):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 29181,27 \cdot 0,13 = 3793,56 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 102730,3 = 5136,51 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою (2.8):

Для громадських будинків допустиме нормативне значення повітропроникності світлопрозорої огорожувальної конструкції $G_{\text{н.вкн}} = 10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}.$

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 10 \cdot 934,14 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 120918,81 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (2.9):

За технічною документацією об'єм повітря, що механічно видаляється з приміщення $V_{\text{м}} = 3000 \text{ м}^3/\text{год}.$

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 3000 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) = 50483,16 \text{ Вт}.$$

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні

тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції і наведемо їх у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Структура теплових витрат будівельних конструкцій

Складова теплових витрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	29,18	5,51
Дах	157,52	29,72
Вікна	58,07	10,96
Двері	2,11	0,40
Інфільтрація	120,92	22,82
Підлога	102,73	19,39
Витяжна вентиляція	50,48	9,53
Інші додаткові витрати	8,93	1,69
Разом	529,94	100,00

Представимо теплові витрати у графічному вигляді рис. 2.1.

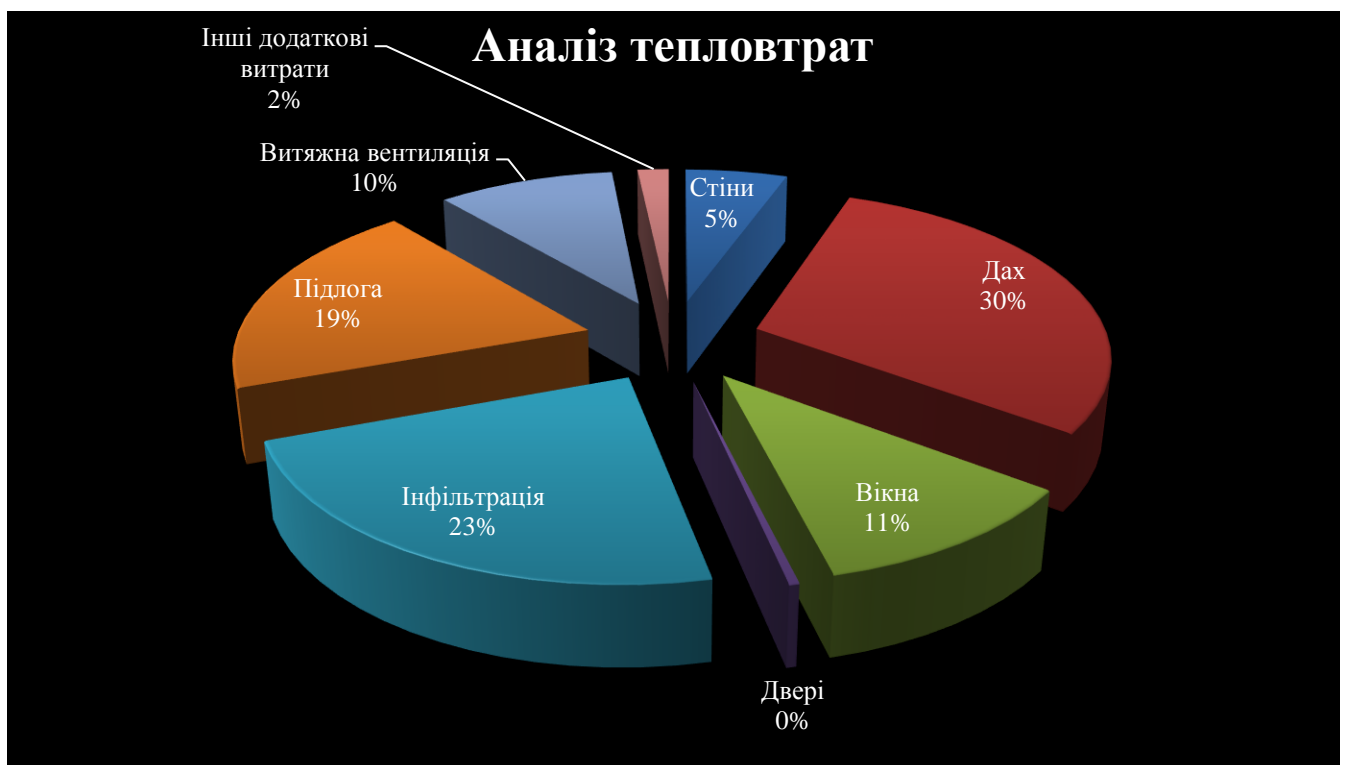


Рисунок 2.1- Розподіл теплових витрат

З розрахованих даних видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через дах 29,72% та через підлогу 19,39%. Також суттєві втрати тепла

приходяться на вікна та інфільтрацію холодного повітря. Це означає, що в першу чергу необхідно зайнятись реконструкцією та утепленням огорожувальних конструкцій.

3 ТЕХНІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ

3.1 Впровадження методики «зеленої» покрівлі в начальному закладі

За результатами аналізу балансу втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції більша частина тепловтрат, а саме 29,72% припадає на втрати через дах. Таким чином в першу чергу покрівля потребує модернізації.

Один з можливих варіантів вирішення даної проблеми є запровадження технології екологічно чистого будівництва — використання системи «зеленої покрівлі». «Зелені» дахи є вирішенням актуальних на даний момент проблем: компенсації рослинних насаджень, втрачених в результаті будівництва; зменшення обсягів і швидкості стоку дощової води з дахів; зменшення температури їх нагріву. При цьому, у людей з'являються нові місця відпочинку, а будівля набуває більш привабливого зовнішнього вигляду.

Як і всі проекти, «зелена покрівля» має також переваги і певні недоліки, до них відноситься наступне:

- поступове повернення частки вологи накопиченої в субстраті в атмосферу (близько 60%);
- підвищена якість повітря (фільтрація міського повітря, абсорбція пилу і бруду з розрахунку 0,2 г / м² / добу);
- зменшення «піку» навантаження на систему водовідведення будинку і систему міської каналізації;
- захист покрівлі від сонячної радіації;
- захист покрівлі від перепаду температур;
- зменшення витрат на підігрів і охолодження верхніх поверхів будівлі;
- термін експлуатації покрівлі до 50-ти років;

- створення різного роду пейзажів і ландшафтів на покрівлі; зелена покрівля
- добре регулює процеси теплообміну будівлі з навколишнім середовищем. Взимку тепло затримується, а влітку будинок знаходиться в приємній прохолоді [11].

Для навчального закладу вибір па на екстенсивний тип «зеленої» покрівлі.

При такому типі покрівлі трава рівномірно росте на даху будинку, а доступ людей обмежений. Траву розподіляють по тонкому шару ґрунту, до 15 см і після зростання її необхідно тільки стригти та чистити від бур'янів. У тому ж числі переваг такого виду покрівлі: низька вартість, відносно невелика вага і простота висадки рослин.

Опис можливостей з енергозбереження:

Для навчального закладу будемо використовувати екстенсивну технологію «Зеленої покрівлі». Спочатку необхідно накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня даху, включаючи вузли прилягання перекриттів. Далі йде пошарова побудова системи «Зелена покрівля» і має наступний вигляд за рисунком 3.1 [12].

Для утеплення даху будівлі пропонується базальтова вата. Теплопровідність якого складає $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [10].

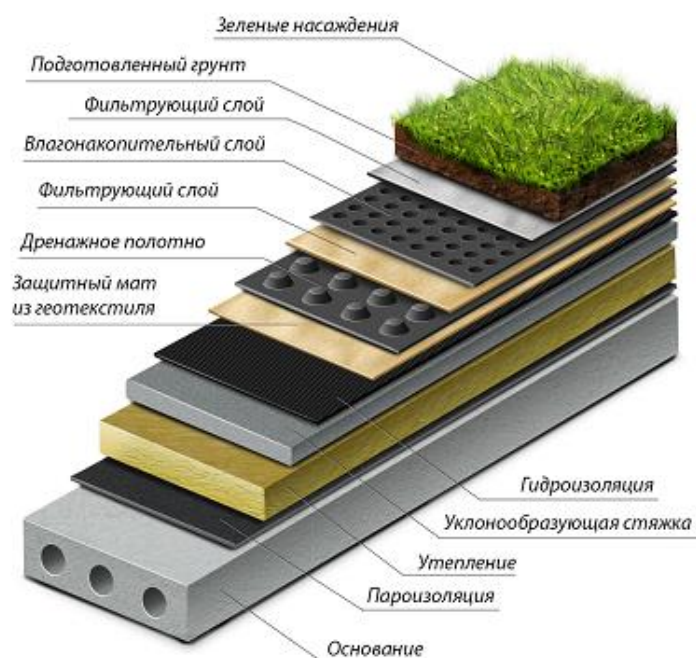


Рисунок 3.1 –Пошарова схема зеленого даху[12]

Визначимо необхідну товщину теплоізоляційного шару для конструкції «зеленого даху» розраховується за формулою (3.1). Для обстежуваної будівлі товщина теплоізоляції буде становити, см:

$$\delta_{\text{ут}} = (R_{q\text{min}} - R_{\text{зах}}) \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (3.1)$$

$$\delta_{\text{ут}} = (6,0 - 0,7) \cdot 0,037 = 0,19 \text{ м} = 19 \text{ см.}$$

Найближче більше значення товщини матеріалу, що на даний момент є в продажу – 0,2 м або 200 мм.

Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 2397,04 м². Втрати теплової енергії через дах до впровадження заходу склали $Q_{\text{дах}} = 157519,80$ Вт.

Втрати теплової енергії через дах після впровадження заходу розрахуємо за формулою (3.2), Вт:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{грп.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{із}} = \frac{2397,04}{6,0} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 18377,31 \text{ Вт.}$$

Економія витрат після утеплення даху розрахуємо за формулою (3.3), кВт:

$$\Delta Q_{\text{зах}} = Q_{\text{зах}} - Q_{\text{зах}}^{\text{із}}, \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{дах}} = 157,52 - 18,38 = 139,14 \text{ кВт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу розрахуємо за формулою (3.4), кВт · год/рік:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{зах}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{Ек.рік}} = 139,14 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 261,52 \text{ Гкал/рік.}$$

Для визначення більш точного результату економії від впровадження енергозберігаючого заходу необхідно провести корегування розрахункових результатів енергозберігаючих заходів щодо базового рівня енергоспоживання.

Для початку порівняємо розрахункові та дійсні дані по теплоспоживанню за останній опалювальний рік.

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається за формулою (3.5):

$$Q_6 = a \cdot q_{\text{пит}}^{\Phi} \cdot V_6 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.п}}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

де V_6 – зовнішній об'єм будівлі, м³;

$t_{\text{в}}$ – температура по приміщеннях будівлі, °С [6];

$t_{\text{з.п}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [9];

a – поправковий коефіцієнт, який визначається за формулою (3.6) [16]:

$$a = 0,54 + \frac{t_{\text{в}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.п}})}, \quad (3.6)$$

$$a = 0,54 + \frac{21}{(21 - (-25))} = 1,01.$$

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій визначається за формулою (3.7), Вт/м³ · °С:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_6}{F_6} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стн}}} + g_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{вкн}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стн}}} \right) \right) + \frac{1}{H_6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стл}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{пдлг}}} \right), \quad (3.7)$$

де P_6 – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

F_6 – площа будівлі в межах периметра, м²;

H_6 – висота будівлі з урахуванням усіх опалювальних приміщень, м;

g_0 – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стн}}$ – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м²·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стл}}$ – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м²·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{пдлг}}$ – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м²·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{вкн}}$ – опір теплопередачі вікон, м²·К/В т (див. таблиця 2.1).

Для зручності представлення розрахунків будівля школи розбивається на умовні блоки за висотою будівлі:

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі за формулою (3.7):

Блок I:

$$\begin{aligned} q_{\text{пит1}}^{\phi} &= \frac{183,72}{1146,25} \cdot \left(\frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left(\frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{11,9} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ &= 0,36 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}. \end{aligned}$$

Блок II:

$$\begin{aligned} q_{\text{пит2}}^{\phi} &= \frac{114,2}{1250,79} \cdot \left(\frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left(\frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{8,9} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ &= 0,40 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}. \end{aligned}$$

Максимальна теплова потужність будівлі за формулою (3.5):

Блок I:

$$Q_{б1} = 1,01 \cdot 0,36 \cdot 13640,41 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 228,14 \text{ кВт.}$$

Блок II:

$$Q_{б2} = 1,01 \cdot 0,4 \cdot 11132,01 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 206,87 \text{ кВт.}$$

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі:

$$Q_б = 228,14 + 206,87 = 435,01 \text{ кВт.}$$

Розрахункова величина теплової енергії за опалювальний період за формулою (3.8), Гкал/рік:

$$Q_{р.оп} = Q_б \cdot \frac{(t_в^{cp} - t_{cp.п})}{(t_в^{cp} - t_{з.р})} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}, \quad (3.8)$$

де $t_в$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{cp.п}$ – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °С [9];

$t_{з.р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря [9], °С;

$n_{оп}$ – кількість діб за відповідний період опалення [9].

$$Q_{р.оп} = 435,01 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 817,60 \text{ Гкал/рік.}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за 2018 рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення навчального закладу становлять

$Q_{ф.оп} = 528,7596$ Гкал/рік. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 54,63%

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання. Це може бути пов'язано з занадто жорсткою економією у споживанні теплової енергії, недогріванні теплоносія, який подається у систему опалення, температура якого не відповідає температурному графіку та магістральними втратами.

Далі визначимо процентне співвідношення розрахункової величини економії теплоти від впровадження заходу до розрахункового споживання теплоти за рік за формулою (3.9),%:

$$\delta Q_{зах}^{Ек.рік} = \frac{Q_{зах}^{Ек.рік} \cdot 100}{Q_{р.оп}}, \quad (3.9)$$

де $Q_{зах}^{Ек.рік}$ – розрахункова величина економії теплової енергії за опалювальний рік від енергозбережного заходу, кВт · год/рік або Гкал/рік;

$Q_{р.оп}$ – розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за останній опалювальний період, кВт · год/рік або Гкал/рік.

Для даху:

$$\delta Q_{дах}^{Ек.рік} = \frac{261,52 \cdot 100}{817,6} = 32,00\%.$$

Визначене процентне співвідношення переноситься на дійсну (фактичну) величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період $Q_{д.оп}$ кВт · год/рік, або Гкал/рік, який є базовим рівнем теплоспоживання. Таким чином, скорегована економія тепла від базового рівня споживання, кВт · год/рік або Гкал/рік, визначається за формулою (3.10):

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot Q_{\text{д.оп}}}{100}, \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{дах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{32,00 \cdot 528,7596}{100} = 169,20 \text{ Гкал/рік.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберіжнього заходу знаходиться за формулою (3.11), тис. грн/рік.:

$$\Delta E = Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{S_{\text{п}}}{1000}, \quad (3.11)$$

де $S_{\text{п}}$ – вартість теплової енергії за одиницю продукції, грн/Гкал.

$$\Delta E = 169,20 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 314,47 \text{ тис. грн/рік.}$$

Визначимо простий термін окупності за формулою (3.12), рік:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (3.12)$$

де K – вартість впровадження заходу, грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{1245,42}{314,47} = 4 \text{ роки.}$$

Вартість впровадження заходу залежить від складності проекту та витрат на матеріали, що детально визначається на етапі планування проекту.

Орієнтовна вартість заходу наведена в таблиці 3.1 [13-17].

Таблиця 3.1 – Кошторис по утепленню даху

Найменування робіт	Габарити матеріалу	Кількість	Ціна, грн. за м ² ; шт.	Ціна, грн.
Роботи з утеплення ватою		Вся покрівля	25,00	59926
Базальтова вата Перший шар Марка «ROCKWOOL» Multirock Roll 150 мм	6,25 x 1 м	384 упаковок	129,44	310272,86
Базальтова вата Другий шар Марка «ROCKWOOL» серія «ROCKMIN» 50мм	10,8 м в 1 упаковці	222 упаковок	63,7	152691,40
ПВХ мембрана «Soprema Flagon» EP/PR 1.5, армована	20 x 2,1 м	252 рулони	250,00	599260
Пароізоляційна сітка «JUTA» H110	1,5 x 50 м	72 рулони	13,14	31497,11
Дюбель 200 мм	5 шт на 1м ²	480 шт.	4,95	2376
Газонна трава Liliput	800 гр/30м ²	80 упаковок	230	18400
Ґрунт для газону	мішок	800 мішків	50	40000
Ґеотекстиль	Рулон/75 м ²	31	1000	31000
Всього, грн				1245423,37

Оскільки простий термін окупності становить більше 2 років він не враховує цінність майбутніх надходжень стосовно поточного часу. Для визначення доцільності проекту проведемо аналіз його ефективності.

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку R_p за формулою (3.13) [18-19]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (3.13)$$

де Π – прибуток, грн;

B – поточні витрати, тис. грн;

K – капітальні витрати, тис. грн;

T – останній рік розрахункового періоду, рік;

t – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 314,47/1245,42 = 0,26.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.14) [18-19]:

$$T_{д.ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (3.14)$$

де E – ставка дисконтування, частка од.;

D – дохід, тис. грн

Ставку дисконтування беремо 25% за даними банків по м. Суми.

Зі ставкою дисконтування термін окупності проекту становить:

$$T_{д.ок} = 1245,42 \cdot (1 + 0,25)/314,47 = 4,95 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.15) [18-19]:

$$NVP = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (3.15)$$

де C_0 – величина інвестицій, грош. од.;

ΔE – грошовий потік, грош. од.;

E – ставка дисконтування, %;

n – кількість років.

Якщо $NPV > 0$, то проект є вигідним, якщо $NPV < 0$, то – невигідним.

Термін служби матеріалу 30 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху базальтовою ватою

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, ΔE , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	1245,42	-	-
1		314,47	1497,00
2		314,47	201,26
3		314,47	161,01
4		314,47	128,81
5		314,47	103,05
6		314,47	82,44
7		314,47	65,95
8		314,47	52,76
9		314,47	42,21
10		314,47	33,77
11		314,47	27,01
12		314,47	21,61
13		314,47	17,29
14		314,47	13,83
15		314,47	11,06
16		314,47	8,85
17		314,47	7,08
18		314,47	5,66
19		314,47	4,53

Продовження таблиці 3.2

20		314,47	3,63
21		314,47	2,90
22		314,47	2,32
23		314,47	1,86
24		314,47	1,49
25		314,47	1,19
26		314,47	0,95
27		314,47	0,76
28		314,47	0,61
29		314,47	0,49
30		314,47	0,39
Ставка дисконтування			25%
NPV			2501,74

Оскільки рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку, а дисконтований дохід виконує умову $NPV > 0$, то проект є вигідним.

3.2 Впровадження автоматизованої системи моніторингу електроспоживання в навчальному закладі

Сьогодні контроль споживання електроенергії бюджетними установами (і не тільки) здійснюється на основі автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Впровадження таких систем дає змогу автоматизувати процес обліку спожитих енергоресурсів (електроенергії) протягом визначених періодів часу з можливістю виконання відповідного протоколу, виключивши «людський фактор». Однак, при запровадженні системи АСКОЕ забезпечити контроль/обрахунок споживання кожним окремим споживачем є проблематичним з економічної точки зору і потребує значних капітальних

вкладень. Середні витрати на впровадження однієї точки обліку системи АСКОЕ наразі оцінюються у 30 тис. грн.

Система моніторингу електроспоживання складається з програмно-алгоритмічної і апаратної частин. В свою чергу програмно-алгоритмічна частина поділяється на дві складові: алгоритми прогнозу споживання електроенергії і алгоритми аналізу результатів. Модуль розрахунку споживання електричної енергії базується на моделях короткострокового і довгострокового прогнозування споживання електричної енергії об'єктом. Витрата електроенергії завжди обумовлена двома тенденціями: електроенергія, яка необхідна для виконання технологічного процесу (роботи об'єкта за призначенням) та електроенергія, яка витрачається на компенсацію впливу зовнішніх факторів[20-22].

Для розрахунку планового прогнозу електроспоживання в систему моніторингу введено характеристики всіх струмоприймачів, які є в наявності на об'єкті.

Для моніторингу поточного електроспоживання у системі моніторингу та короткотермінового прогнозування застосовано окрему систему. Ця система побудована з використанням струмових датчиків, мультиплексора, мікроконтролера опитування датчиків, мікроконтролера зв'язку з сервером. Її організовано як безконтактну з мережею електропостачання. Структурну схему пристрою для моніторингу поточного електроспоживання представлено на рисунку 3.2.

Передавати інформацію можна за допомогою бездротового GSM або Ethernet з'єднання.

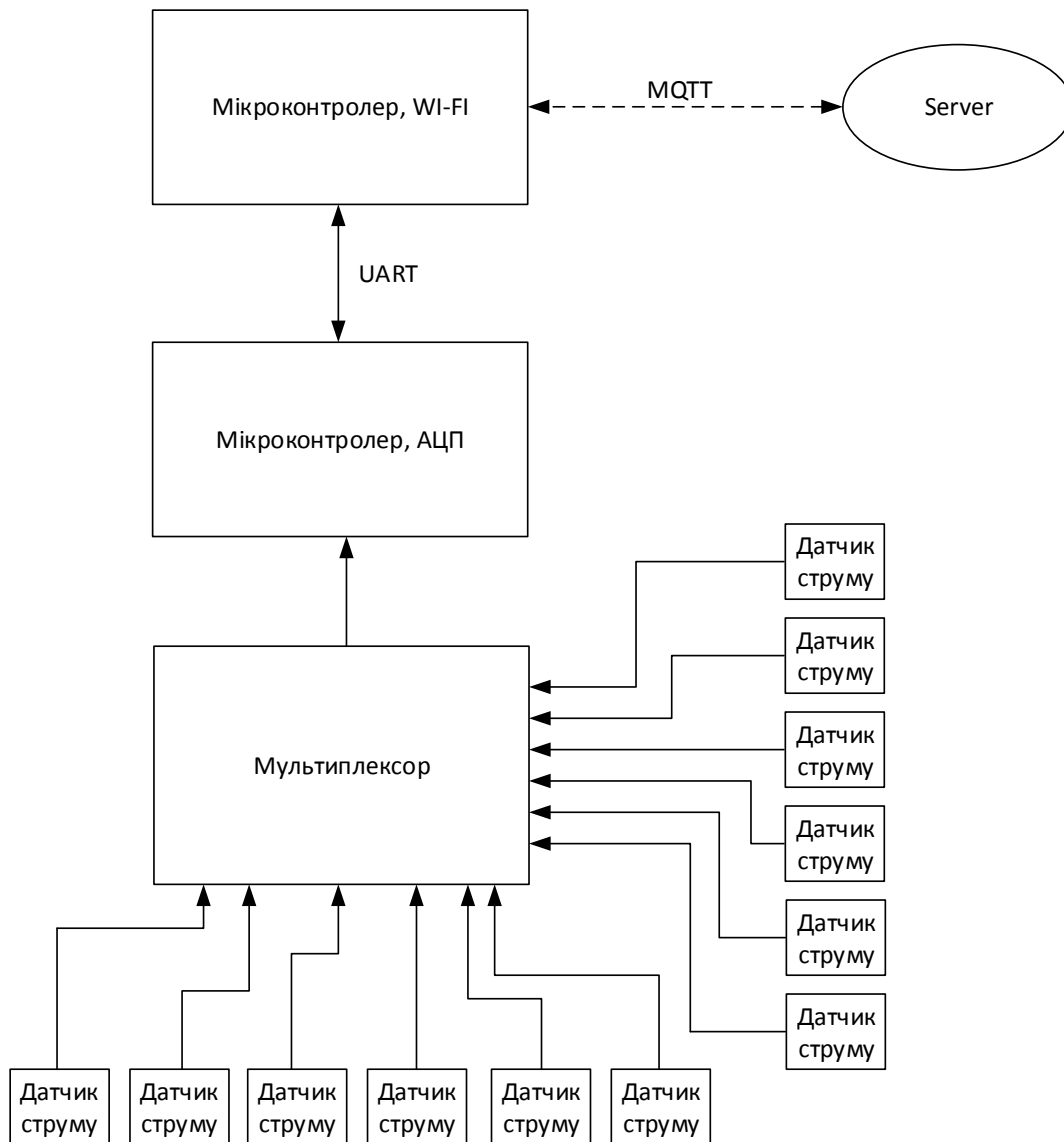


Рисунок 3.2 - Структурна схема пристрою для моніторингу поточного електроспоживання

Аналіз функціонування технологічних процесів будь-якого промислового підприємства, навчального закладу, або іншої установи вказує на спільні складові загальної структури електроспоживання. За визначеною структурою споживання струмоприймачі можна розділити за системами в яких вони використовуються:

- 1- системи штучного освітлення приміщень де проводяться основні та допоміжні технологічні процеси;
- 2- системи енергозабезпечення будівель та процесів, а також їх підтримки;
- 3- системи забезпечення адміністративної діяльності та побутових потреб;
- 4- системи забезпечення процесів логістичної діяльності;

5- системи виконання основного технологічного процесу та допоміжних процесів.

За функціональним спрямуванням системи штучного освітлення забезпечують загальне, місцеве та аварійне освітлення. Їх використання має забезпечувати необхідний санітарно-гігієнічний рівень освітленості робочих місць та інших приміщень для виконання тих чи інших процесів. За наявності необхідного рівня освітленості функціонування струмоприймачів таких систем є не доцільним. Обсяги споживання ними електричної енергії мають визначатися фактичною $P_{осв.факт.}$ (або установленою $P_{осв.уст.}$, якщо їх величини співпадають) електричною потужністю та періодом проведення технологічного процесу $t_{осв.}$, протягом якого освітленість нижче необхідного рівня. На протяжність періоду $t_{осв.}$ впливає термін проведення технологічного процесу та його протяжність, кліматичні умови. Вплив кліматичних умов можна враховувати з використанням *кліматичного коефіцієнта* $\kappa_{клім.}$. Виходячи з цих умов, кількість електричної енергії, яка має споживатися струмоприймачами систем загального та місцевого штучного освітлення $A_{осв.}$ може бути розрахована за виразом[21-22]:

$$A_{осв.} = P_{осв.факт.} \cdot t_{осв.} \cdot \kappa_{клім.} \quad 3.15$$

У залежності від рівня освітленості коефіцієнт $\kappa_{клім.}$ може приймати числове значення 0, або 1. Якщо рівень освітленості достатній $\kappa_{клім.} = 0$, якщо ні, то $\kappa_{клім.} = 1$. Період $t_{осв.}$ поточного функціонування струмоприймачів систем освітлення можна визначати та контролювати з використанням датчиків освітленості, а розрахунковий прогнозний – з урахуванням короткотермінового прогнозу погоди та наявного масиву статистичних даних щодо залежності показників освітленості у приміщеннях, де проводиться відповідний технологічний процес від метеоумов навколишнього середовища (хмарність, довгота дня, пора року і т. і.).

Тоді розрахунок обсягів прогнозного електроспоживання системами штучного освітлення приміщень загального користування має визначатися за виразом:

$$A_{\text{осв.заг.кор.}} = P_{\text{осв.1факт.}} \cdot t_{\text{осв.1}} + P_{\text{осв.2факт.}} \cdot t_{\text{осв.2}} \quad 3.16$$

де $P_{\text{осв.1факт.}}$, $P_{\text{осв.2факт.}}$ – установлена або фактична електрична потужність струмоприймачів системи штучного освітлення, що функціонують у першій та другій половині робочого дня установи. За умови, якщо $P_{\text{осв.1факт.}} = P_{\text{осв.2факт.}}$ і її можна представити як $P_{\text{осв.заг.кор.}}$, формула (2) набирає вигляд[21-22]:

$$A_{\text{осв.заг.кор.}} = P_{\text{осв.заг.кор.}} (t_{\text{осв.1}} + t_{\text{осв.2}}) \quad 3.17$$

У разі відсутності природної освітленості у приміщеннях вбиралень, виходячи з аналізу проведених досліджень масиву статистичних даних доцільно прийняти термін перебування у них одного відвідувача у середньому 7...10 хвилин, тобто близько 0,16 години. Однак, для більшості навчальних закладів та промислових підприємств таке планування вбиралень є доволі рідкісним і у подальших наших розрахунках до уваги не прийнято.

Обсяги споживання електричної енергії системи аварійного освітлення $A_{\text{осв.авар.}}$ пропонується визначати традиційним розрахунком, який враховує установлену потужність її струмоприймачів $P_{\text{осв.авар.}}$ та час функціонування упродовж доби $t_{\text{осв.авар.}}$ у відповідності до чинних правил та нормативних документів[21-22]:

$$A_{\text{осв.авар.}} = P_{\text{осв.авар.}} \cdot t_{\text{осв.авар.}} \quad 3.18$$

Споживання електричної енергії системою освітлення адміністративних, побутових та допоміжних приміщень визначається функціонуванням системи загального освітлення та місцевого освітлення. розрахунковий обсяг

споживання електричної енергії струмоприймачем протягом заняття $A_{навч.}$ визначиться за виразом[21-22]:

$$A_{навч.} = P_{навч.} \cdot t_{календ.} \cdot K_3 \quad 3.19$$

3.2.1 Розрахунок базисних величин нормованого електроспоживання у будівлі навчального закладу

Користуючись журналом обліку електричної енергії визначимо інтегральні профілі добового споживання електричної енергії струмоприймачами розміщеними у класах. Для цього спочатку визначаємо часовий «крок» профілю T_i [22]:

- з 0 години до 8 години ранку на погодинні інтервали (дискретність 1 година);

- з 8 години до 15 години 30 хвилин на інтервали, які відповідають розкладу занять:

- 6:00-7:00;
- 7:00-8,00;
- 8:00 – 8:45;
- 8:55 – 9:55;
- 9:55 – 10:55;
- 10:55 – 11:40;
- 11:40 – 12:00 (Обідня перерва);
- 12:00 – 12:55;
- 12:55 – 13:50;
- 13:50 – 14:45;
- 14:45 – 15:30;
- 15:30 – 16:00;
- 16:00 – 17.00;
- 17.00 – 18:00;

З 16 години дискретність –1 година.

Розрахунки проводимо для інтервалів T_i періодів доби, які відповідають розкладу навчального процесу.

Після розрахунку «сумарне електроспоживання у навчальному процесі» заносимо до стовпчика «Спож. у учбов. проц. (розр.), кВт·год» таблиці 3.3. У Додатку А приведено погодинне споживання електроенергії за класами. Визначаємо електроспоживання у допоміжних процесах [22]:

- «електроспоживання у допоміжних процесах A_i допом»;
- «загальне споживання електроенергії A_i загальне »;
- «сумарне електроспоживання у навчальному процесі A_i навч».

Результати розрахунків заносимо у стовпчик «Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розр.), кВт·год» таблиці 3.3.

Таблиця 3.3а. – Складові елементи добового електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 30.11.2020 р.

Період часу, год., хв. T_i	Фактич. сумарне спожив., кВт·год A_i інтегральне	Пост. склад. факт. спож. «фон», кВт·год $A_{i \text{ фон}}$	Спож. освітл. навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гаджет навч. проц. (розрах), кВт·год	Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розр.), кВт·год	Спож. у учбов. проц. (розр.), кВт·год $A_{i \text{ навч}}$	Зовніш. Освітл., інші проц., кВт·год	Факт. заг. спож. у проц., кВт·год A_i загальне
00.00-01.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
01.00-02.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
02.00-03.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
03.00-04.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
04.00-05.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
05.00-06.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
06.00-07.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
6:00-7:00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
7:00-8,00	9,8	9	0	0	0,8	0	0	0,8
8:00 – 8:45	40,2	9	6,479	40,3	-15,579	46,779	0	31,2
8:55 – 9:55	28,3	9	4,139	27,6	-12,439	31,739	0	19,3
9:55 – 10:55	30,2	9	4,66	28,55	-12,01	33,21	0	21,2
10:55 – 11:40	31	9	5,879	28,6	-12,479	34,479	0	22
11:40 – 12:00	31,2	9	2,92	23,15	-3,87	26,07	0	22,2
12:00 – 12:55	29	9	5,179	33,65	-18,829	38,829	0	20
12:55 – 13:50	26,7	9	3,52	34,5	-20,32	38,02	0	17,7
13:50 – 14:45	21,9	9	2,42	32,1	-21,62	34,52	12,9	12,9
14:45 – 15:30	23	9	1,9	30,5	-18,4	32,4	14	14
15:30 – 16:00	17,4	9	0	0	8,4	0	8,4	8,4
16:00 – 17.00	5,6	9	0	0	-3,4	0	-3,4	-3,4
17.00 – 18:00	25,2	9	0	0	16,2	0	16,2	16,2
18:00-19:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
19:00 – 20:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
20:00 – 21:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
21:00 – 22:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
22:00 – 23:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
23:00 – 24:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8

Таблиця 3.3б. – Складові елементи добового електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 01.12.2020 р.

Період часу, год., хв. T _i	Фактич. сумарне спожив., кВт·год A _i інтегральне	Пост. склад. факт. спож. «фон», кВт·год A _{i фон}	Спож. освітл. навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гаджет навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. у учбов. проц. (розрах.), кВт·год A _{i навч}	Зовніш. Освітл., інші проц., кВт·год	Факт. заг. спож. у проц., кВт·год A _{i загальне}
00.00-01.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
01.00-02.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
02.00-03.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
03.00-04.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
04.00-05.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
05.00-06.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
06.00-07.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
6:00-7:00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
7:00-8,00	9,8	9	0	0	0,8	0	0	0,8
8:00 – 8:45	40,2	9	6,479	40,3	-15,579	46,779	0	31,2
8:55 – 9:55	28,3	9	4,139	27,6	-12,439	31,739	0	19,3
9:55 – 10:55	30,2	9	4,66	28,55	-12,01	33,21	0	21,2
10:55 – 11:40	31	9	5,879	28,6	-12,479	34,479	0	22
11:40 – 12:00	31,2	9	2,92	23,15	-3,87	26,07	0	22,2
12:00 – 12:55	29	9	5,179	33,65	-18,829	38,829	0	20
12:55 – 13:50	26,7	9	3,52	34,5	-20,32	38,02	0	17,7
13:50 – 14:45	21,9	9	2,42	32,1	-21,62	34,52	12,9	12,9
14:45 – 15:30	23	9	1,9	30,5	-18,4	32,4	14	14
15:30 – 16:00	17,4	9	0	0	8,4	0	8,4	8,4
16:00 – 17:00	5,6	9	0	0	-3,4	0	-3,4	-3,4
17:00 – 18:00	25,2	9	0	0	16,2	0	16,2	16,2
18:00-19:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
19:00 – 20:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
20:00 – 21:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
21:00 – 22:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
22:00 – 23:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
23:00 – 24:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8

Таблиця 3.3в. – Складові елементи добового електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 02.12.2020 р.

Період часу, год., хв. T _i	Фактич. сумарне спожив., кВт·год A _i інтегральне	Пост. склад. факт. спож. «фон», кВт·год A _{i фон}	Спож. освітл. навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гаджет навч. проц. (розрах), кВт·год	Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. у учбов. проц. (розрах.), кВт·год A _{i навч}	Зовніш. Освітл., інші проц., кВт·год	Факт. заг. спож. у проц., кВт·год A _{i загальне}
00.00-01.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
01.00-02.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
02.00-03.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
03.00-04.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
04.00-05.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
05.00-06.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
06.00-07.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
6:00-7:00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
7:00-8,00	9,8	9	0	0	0,8	0	0	0,8
8:00 – 8:45	40,2	9	6,479	40,3	-15,579	46,779	0	31,2
8:55 – 9:55	28,3	9	4,139	27,6	-12,439	31,739	0	19,3
9:55 – 10:55	30,2	9	4,66	28,55	-12,01	33,21	0	21,2
10:55 – 11:40	31	9	5,879	28,6	-12,479	34,479	0	22
11:40 – 12:00	31,2	9	2,92	23,15	-3,87	26,07	0	22,2
12:00 – 12:55	29	9	5,179	33,65	-18,829	38,829	0	20
12:55 – 13:50	26,7	9	3,52	34,5	-20,32	38,02	0	17,7
13:50 – 14:45	21,9	9	2,42	32,1	-21,62	34,52	12,9	12,9
14:45 – 15:30	23	9	1,9	30,5	-18,4	32,4	14	14
15:30 – 16:00	17,4	9	0	0	8,4	0	8,4	8,4
16:00 – 17.00	5,6	9	0	0	-3,4	0	-3,4	-3,4
17.00 – 18:00	25,2	9	0	0	16,2	0	16,2	16,2
18:00-19:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
19:00 – 20:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
20:00 – 21:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
21:00 – 22:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
22:00 – 23:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
23:00 – 24:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8

Таблиця 3.3д. – Складові елементи добового електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 03.12.2020 р.

Період часу, год., хв. T _i	Фактич. сумарне спожив., кВт·год A _i інтегральне	Пост. склад. факт. спож. «фон», кВт·год A _{i фон}	Спож. освітл. навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гаджет навч. проц. (розрах), кВт·год	Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. у учбов. проц. (розрах.), кВт·год A _{i навч}	Зовніш. Освітл., інші проц., кВт·год	Факт. заг. спож. у проц., кВт·год A _{i загальне}
00.00-01.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
01.00-02.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
02.00-03.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
03.00-04.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
04.00-05.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
05.00-06.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
06.00-07.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
6:00-7:00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
7:00-8,00	9,8	9	0	0	0,8	0	0	0,8
8:00 – 8:45	40,2	9	6,479	40,3	-15,579	46,779	0	31,2
8:55 – 9:55	28,3	9	4,139	27,6	-12,439	31,739	0	19,3
9:55 – 10:55	30,2	9	4,66	28,55	-12,01	33,21	0	21,2
10:55 – 11:40	31	9	5,879	28,6	-12,479	34,479	0	22
11:40 – 12:00	31,2	9	2,92	23,15	-3,87	26,07	0	22,2
12:00 – 12:55	29	9	5,179	33,65	-18,829	38,829	0	20
12:55 – 13:50	26,7	9	3,52	34,5	-20,32	38,02	0	17,7
13:50 – 14:45	21,9	9	2,42	32,1	-21,62	34,52	12,9	12,9
14:45 – 15:30	23	9	1,9	30,5	-18,4	32,4	14	14
15:30 – 16:00	17,4	9	0	0	8,4	0	8,4	8,4
16:00 – 17.00	5,6	9	0	0	-3,4	0	-3,4	-3,4
17.00 – 18:00	25,2	9	0	0	16,2	0	16,2	16,2
18:00-19:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
19:00 – 20:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
20:00 – 21:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
21:00 – 22:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
22:00 – 23:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
23:00 – 24:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8

Таблиця 3.3е. – Складові елементи добового електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 04.12.2020 р.

Період часу, год., хв. T_i	Фактич. сумарне спожив., кВт·год A_i інтегральне	Пост. склад. факт. спож. «фон», кВт·год $A_{i \text{ фон}}$	Спож. освітл. навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гаджет навч. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. гадж., освітл. допом. проц. (розрах.), кВт·год	Спож. у учбов. проц. (розрах.), кВт·год $A_{i \text{ навч}}$	Зовніш. Освітл., інші проц., кВт·год	Факт. заг. спож. у проц., кВт·год $A_i \text{ загальне}$
00.00-01.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
01.00-02.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
02.00-03.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
03.00-04.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
04.00-05.00	9,8	9	0	0	0	0	0,8	0,8
05.00-06.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
06.00-07.00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
6:00-7:00	9,8	9	0	0	0	0	0	0,8
7:00-8,00	9,8	9	0	0	0,8	0	0	0,8
8:00 – 8:45	40,2	9	6,479	40,3	-15,579	46,779	0	31,2
8:55 – 9:55	28,3	9	4,139	27,6	-12,439	31,739	0	19,3
9:55 – 10:55	30,2	9	4,66	28,55	-12,01	33,21	0	21,2
10:55 – 11:40	31	9	5,879	28,6	-12,479	34,479	0	22
11:40 – 12:00	31,2	9	2,92	23,15	-3,87	26,07	0	22,2
12:00 – 12:55	29	9	5,179	33,65	-18,829	38,829	0	20
12:55 – 13:50	26,7	9	3,52	34,5	-20,32	38,02	0	17,7
13:50 – 14:45	21,9	9	2,42	32,1	-21,62	34,52	12,9	12,9
14:45 – 15:30	23	9	1,9	30,5	-18,4	32,4	14	14
15:30 – 16:00	17,4	9	0	0	8,4	0	8,4	8,4
16:00 – 17:00	5,6	9	0	0	-3,4	0	-3,4	-3,4
17:00 – 18:00	25,2	9	0	0	16,2	0	16,2	16,2
18:00-19:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
19:00 – 20:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
20:00 – 21:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
21:00 – 22:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
22:00 – 23:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8
23:00 – 24:00	9,8	9	0	0	0,8	0	0,8	0,8

В деяких випадках під час розрахунків фактичного використання електричної енергії не співпало з розрахунковим та вийшли від'ємні значення, це пов'язано з тим що в дані дні не проводилися заняття по тій чи іншій причині або ж деякі з приборів які повинні були використовуватись, але не були задіяні.

Використовуючи дані таблиці 3.3, побудуємо добове електроспоживання струмоприймачами навчального закладу №24 для 30.11.20 з графічним ви-значенням обсягів складових «спектру». Результати побудови наведено на рис. 3.3.

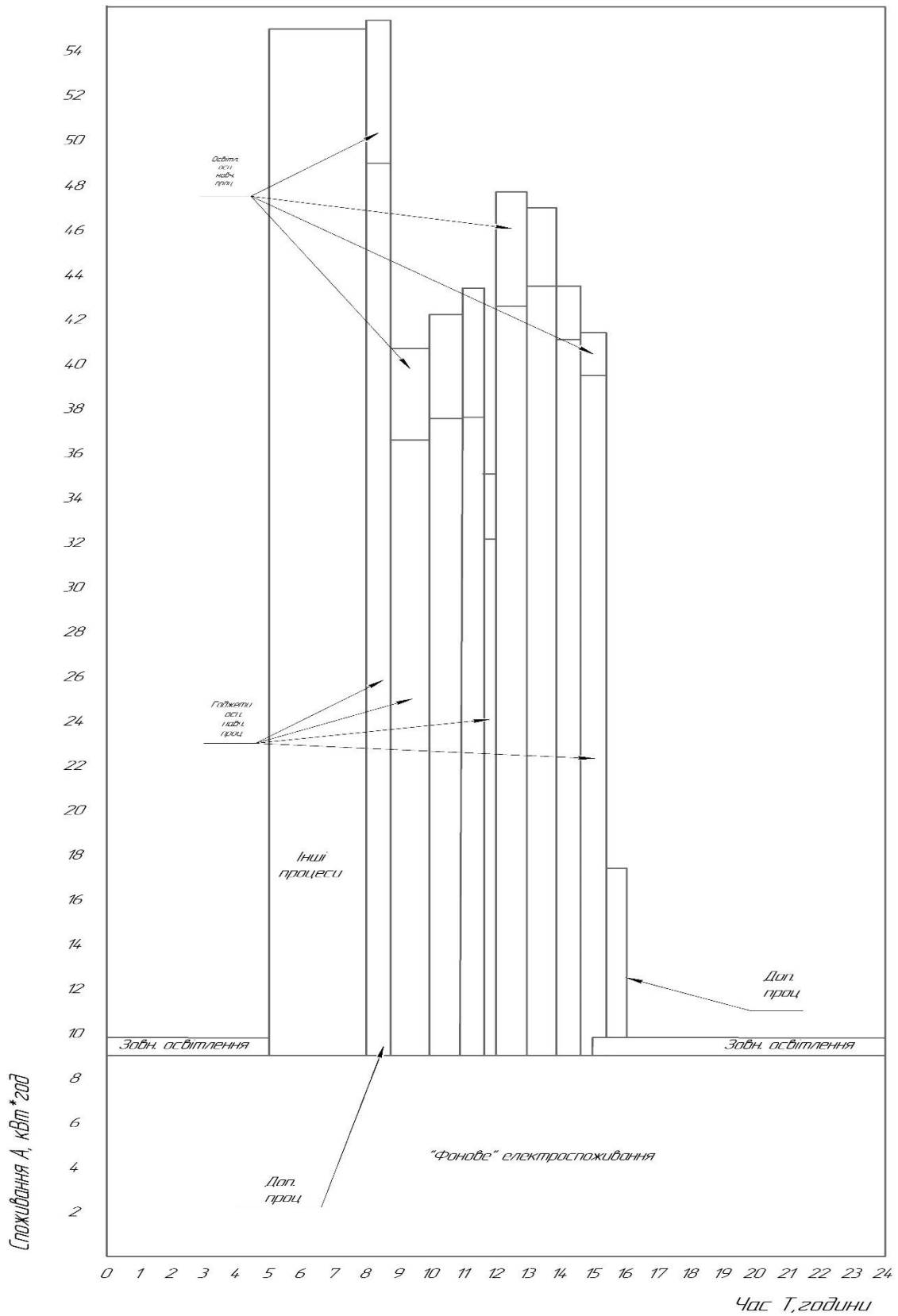


Рисунок 3.3 - «Спектр» споживання електроенергії за складовими (елементами) та періодами доби 30.11.2020 р.

3.3 Висновок за розділом

Було запропоновано запровадити систему «Зеленої» покрівлі, в результаті розрахунку енергозберігаючого заходу кошторис капіталовкладень становить 1245423,37 грн. Економія за один рік від впровадження – 314470 грн/рік.

Був розрахований простий термін окупності проекту – 4 роки. При визначенні терміну окупності, що враховує цінність майбутніх надходжень, проект окупається за $4,95 \approx 5$ років. Рентабельність проекту становить 0,26, а значення чистої приведеної вартості за 30 років для проекту «зелена» покрівля – 2501740 грн. Оскільки рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку, а дисконтований дохід виконує умову $NPV > 0$, то проект є вигідним.

Другим етапом було запропоновано впровадження автоматизованої системи моніторингу електроспоживання в навчальному закладі. Був проведений аналіз складових «спектру» електроспоживання, що показує у процентному відношенні осереднені обсяги споживання електричної енергії струмоприймачами у будівлі навчального корпусу розподіляються за системами:

- споживання у учбовому процесі близько 45,77 %,
- кухонне приладдя – 27,79%,
- системою освітлення близько 26,44 %.

Виходячи з приведених розрахунків витрати електричної енергії у учбовому процесі становлять 45,77 % від загального споживання будівлею. Всі інші витрати відносяться до забезпечення виконання допоміжних процесів.

4.1 Розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

4.1.1 Характеристика об'єкту дослідження

В якості об'єкту дослідження вибрано комунальну установу Сумська загальноосвітня школа І-ІІІ № 24.

Розташовано будівля за адресою: м. Суми, вул. Сергія Табали (Сєвера), 20.

Сама будівля є адміністративною, а приміщення підрозділяються на вбудовані, тобто класи для навчання, допоміжні, що призначені для забезпечення експлуатації будівлі та обслуговування та технічні, де розміщені щитові, бойлерні, теплопункт та інші.

4.1.2 Опис виявлених факторів, що можуть бути небезпечними

Під час роботи на людину можуть впливати один або декілька факторів, що можуть бути небезпечними. До можливих джерел небезпек та шкідливих факторів можна віднести[23]:

Фізичні:

- Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі
- Коротке замикання

Психологічні:

- Нервово-психологічні навантаження

Небезпечні фактори:

До небезпечних факторів відносять підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через все тіло людини.

- 1) Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі

Підвищене значення напруги це значення напруги вище гранично допустимих значень напруги дотику.

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через все тіло людини, в наслідок чого проходячи через організм, електричний струм надає наступні дії:

- термічне (нагріває тканини, кровоносні судини, нервові волокна і внутрішні органи аж до опіків окремих ділянок тіла);
- електролітичне (розкладає кров, плазму);
- біологічне (дратує і збуджує живі тканини організму, порушує внутрішні біологічні процеси).

Допустимі значення напруги наведено в таблиці 4.1[23].

Таблиця 4.1 – Допустимі значення напруги дотику в електроустановках

Назва показника	Значення					
	До 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	Понад 1,0 до 5,0
Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65

2) Коротке замикання

Утворений випадково або навмисне контакт між кількома струмовідними частинами, який супроводжується зменшенням різниці потенціалів між цими частинами до нуля або значення, близького до нуля[24].

Короткі замикання або ж (КЗ) в електричних системах виникають при порушенні ізоляції струмоведучих елементів електричних установок в результаті їх природного старіння (зносу), своєчасно не виявленого шляхом профілактичних робіт, або яких-небудь пошкоджень при експлуатації.

До основних технічних засобів забезпечення електробезпеки відносяться: електрична ізоляція струмоведучих частин, захисне заземлення ланцюга, занулення ланцюга, вирівнювання потенціалів, диференціальні автомати захисту.

Шкідливі фактори:

Шкідливими факторами називають ті, що можуть спричинити професійну патологію, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищити частоту захворювань, призвести до порушення здоров'я[24]..

4.1.3 Поводження працівників при виникненні пожежі

Забороняється палити листя, і суху траву. Цю листву повинні регулярно вивозити з території.

У кожному приміщенні будівлі повинна висіти табличка з даними про відповідального за пожежну безпеку, інструкція про дії при виникненні пожежі та номером телефону найближчого пожежно-рятувального місця.

Під час навчання двері евакуаційних виходів дозволяється закривати тільки зсередини і ні в якому разі не на ключ. Тільки засуви і гачки, які легко прибираються і двері, які легко відкриваються.

Також заборонено встановлювати решітки та інші незнімні сонцезахисні, декоративні та архітектурні пристрої на вікнах приміщень, де перебувають діти, на сходових клітках, в коридорах, холах та вестибюлях.

В спеціальних інструкціях має бути зазначений порядок експлуатації систем сповіщення, де мають бути зазначені особи, яким надано право приводити системи сповіщення до дії.

В приміщеннях, де немає необхідності встановлювати системи сповіщення, керівник має затвердити порядок попередження про пожежу, та визначити осіб, на яких буде покладена така відповідальність.

Попередження про пожежу забезпечується звуковою, світловою та гучномовною сигналізацією.

Сповіщувачі (звукові, світлові або комбіновані) розміщуються у евакуаційних виходів, в коридорах в робочих зонах.

Щодо будівель з одночасним знаходженням 50 та більше осіб в додаток до плану евакуації у вигляді схеми яка має бути наявна інструкція, де має бути

прописано дії працівників по забезпеченню безпечного та швидкої евакуації людей.

На евакуаційному плані при пожежі розміщуються: схема самої будівлі, на якій позначаються місця розміщення вогнегасників, евакуаційні виходи, кнопки включення пожежної сигналізації, пожежні крани, ключі від приміщень, електрощитової.

За виявленням пожежі кожен співробітник зобов'язаний негайно:

- 1 за допомогою спеціально встановленого сигналу постійного складу оповіщення навчального закладу та учнів ;
- 2 проведення організованого виведення з будівлі за раніше розробленими схемами по поверхах із використанням запасних виходів, а за необхідністю – вікон першого поверху;
- 3 збір навчальних груп та постійного складу в установлених безпечних місцях;
- 4 проведення рятувальних робіт у разі виявлення людей у задимлених та загазованих приміщеннях, а також небезпеки обвалу конструкцій;
- 5 формування місця для збору уражених і надання їм першої медичної допомоги;
- 6 визначення послідовності винесення матеріальних цінностей навчального закладу та їх охорони в місцях зосередження[25].

4.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті

Під час проведення підготовки персоналу об'єкта, що споживає ПЕР, необхідно приділяти особливу увагу питанням техніці безпеки у процесі проведення вимірювань.

В деяких випадках з боку Замовника проводиться інструктаж для енергоаудиторів з точки зору специфічних питань техніки безпеки під час проведення обстеження конкретного об'єкта, що споживає ПЕР[25].

Насамперед при роботі з електровимірювальними приладами важливо слідувати наступним правилам:

- До самостійної експлуатації вимірювальних приладів допускаються особи, які досягли віку 18 років, що закінчили навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт.

- У процесі роботи необхідно строго дотримуватися встановлених на підприємстві правила внутрішнього трудового розпорядку, виконувати тільки ту роботу, по якій проінструктований і допущений адміністрацією.

- Інструмент, прилади та обладнання повинні бути справними, правильно укомплектовані і відповідати їх прямим призначенням. Переносити і зберігати прилади необхідно в спеціальних сумках, футлярах, ящиках.

- Використовувати всі прилади тільки за допомогою засобів індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, спеціальна роба). У разі проведення робіт на будівництві слід доповнити робочу форму каскою.

- Перед використанням приладів слід переконатися у відсутності оголених струмоведучих частин.

- При пошкодженні або зламу, невірних показниках приладу після включення необхідно зупинити роботу і перевірити його за допомогою спеціального обладнання. Заборонено працювати з несправними приладами.

- Під час роботи необхідно стежити за відсутністю контакту з небезпечними частинами обладнання. Навіть саме мінімальне напруження 12-36В при силі струму в 100А може привести до травми.

- У разі травматизму під час використання приладів необхідно надати долікарську допомогу.

Перед початком роботи необхідно:

- привести в належний стан одяг;
- отримати вимірювальні прилади;
- перевірити справність вимірювального приладу, оглянувши його і переконавшись в цілісності корпусу, змінних картриджів, оглядового скла та іншого.

- переконатися в достатності освітлення робочого місця і, що світло не сліпить очі;
- підготувати до роботи вимірювальні прилади, не допускається експлуатація несправного обладнання.

До вимогів безпеки під час виконання роботи не допускається використання вимірювальних приладів якщо:

- вони не мають бірки повірки;
- не відповідають встановленому класу точності вимірювання;
- пошкоджені і потребують ремонту та повірки.

При необхідності заміни елементів живлення, забороняється відкривати кришку відсіку за допомогою підручних засобів.

Забороняється проводити виміри при знятої кришці корпусу приладу.

При необхідності зарядки акумуляторної батареї треба підключити батарею із зарядним пристроєм, а потім зарядний пристрій підключається до електромережі. Відключення проводиться в зворотній послідовності.

Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути вимірювальні прилади;
- зібрати змінні картриджі, індикаторні трубки та інші пристосування;
- очистити прилади від забруднень;
- укласти їх в футляри, сумки;
- використані індикаторні трубки передати на утилізацію;
- вимірювальні прилади здати на зберігання в відведений для цієї мети місце (шафа, сейф та ін.).

При грамотному використанні електровимірювального обладнання та дотриманні правил техніки безпеки виключається ризик травматизму в процесі роботи[23].

4.3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»

У комплексі заходів щодо захисту населення під час надзвичайних ситуацій важливе місце належить організації своєчасного оповіщення. Це завдання органів цивільного захисту. Завивання сирени, переривчасті гудки на підприємстві, сигнали транспортних засобів означають попереджувальний сигнал «УВАГА ВСІМ».

За цим сигналом варто увімкнути радіо, радіотрансляційні телевізійні приймачі для прослуховування термінових повідомлень. Інформація транслуюється протягом 5 хвилин після подачі звукових сигналів[26].

Почувши дану інформацію кожен має діяти без паніки і біганини, у відповідності з отриманими вказівками.

Ці повідомлення містять наступну інформацію[27]:

- область та час виникнення надзвичайної ситуації;
- діапазон надзвичайної ситуації;
- час початку та тривалість дії факторів ураження;
- місцевість, яка потрапляє в зони або осередки ураження;
- дії у надзвичайних ситуаціях;
- інша інформація.

Інформування передаються у наступних надзвичайних ситуаціях:

- про повінь або катастрофічне затоплення;
- про закінчення повітряної небезпеки;
- при загрозі радіоактивного зараження
- при аварії на радіаційно-небезпечному об'єкті;
- про повітряну небезпеку;
- при загрозі хімічного зараження;
- при аварії на хімічно-небезпечному об'єкті;
- про можливий землетрус.

Дії персоналу та учнів після отримання сигналу «Увага всім»:

1. Припиняються заняття;
2. Персонал та учні, по можливості, одержують засоби індивідуального захисту;
3. Учні під керівництвом викладачів, кураторів(старостів), чергових організовано йдуть у захисну споруду (сховище) або у вказане місце.

При всьому цьому завжди потрібно уникати паніки.

В складних умовах аварії, стихійного лиха необхідно дотримуватися організованості, дисципліни, точно виконувати встановлені правила поведінки.

Метушня, паніка – неприпустимі під час надзвичайних ситуацій.

У випадку відсутності засобів індивідуального захисту і покинути місцевість аварії не має можливості, лишатися у приміщенні, щільно закрити двері та вікна, закрити щілини, вентиляційні отвори тощо, вимкнути джерела газо-, електро- і водопостачання, чекати інформацію від викладачів або уповноважених осіб щодо наступних дій.

ВИСНОВОК

Метою представленої роботи було проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання та запровадження автоматизованої системи моніторингу електроспоживання в навчальному закладі. В ході роботи була зібрана інформація по технічним даним будівлі, інформація по системи енергопостачання та водопостачання. Аналіз фактичних даних по енергопостачанню та водопостачанню показав, що навчальний заклад не перевищує нормовані значення по споживанню.

В результаті розрахунку балансу теплових втрат було виявлено проблемні місця, а саме: тепловтрати через дах – 27,92% , через підлогу – 19,39% та втрати на інфільтрацію холодного повітря.

Розроблено та розрахунково обґрунтовано енергозберігаючий проект «зелена» покрівля. Запропоновано впровадити автоматизовану систему моніторингу електроспоживання в навчальному закладі, що дасть можливість у режимі «on-line» своєчасно приймати ефективні управлінські рішення з метою ощадливого і ефективного використання електричної енергії.

Впровадження цих заходів дозволить навчальному закладу підвищити ефективність енергоспоживання та покращить умови навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергоаудит та обстеження тепловізором [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://vinnicya.vn.ua/company/budivnytvo-arhitekturnoproektniposlugu/energoaudyt-ta-obstezhennya-teplovizorom-v-vinnyci>
2. Енергетичний аудит будинку [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://aea.org.ua/2014/06/energetichnij-audit-budinku-vstanovlennya-diagnozu-ta-plan-likuvannya/>
3. Енергоаудит будівель [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <http://energox.com.ua/energoaudyt/energoaudyt-budivel/>
4. Бандзюх Н.Б. Практичний досвід енергозбереження у навчальному закладі// Матеріали науково-практичного семінару «Міжнародний інвестиційний форум – виставка з енергоефективності та енергоощадності 2015».-2015.-28 с.
5. ДСТУ-Н.Б В .1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.-123 с.
6. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - Чинний від 2007-04-01, з 1 квітня 2017 р. вступає в дію ДБН В.2.6-31:2016. На заміну ДБН В.2.6-31:2006 (СНиП II-3-79), – 2016.-30 с.
7. Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу ДСанПіН 5.5.2.008-01 № 63. - Чинний від 14.08.2001, з 14 серпня 2001 року.
8. Норми витрат електричної і теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України. – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999.
9. ДБН В.2.6.-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.– Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну (СНиП II-3-79). Введ. 09.09.2006 р.– К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України,2006. – 72 с.

10. Теплофизические характеристики, таблица [Електронний інтернет-ресурс]: «Коэффициенты теплопроводности различных материалов» - Режим доступа до ресурсу: <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>
11. Зелена покрівля та її види [Електронний інтернет-ресурс]: «Преваги та недоліки»- Режим доступу до ресурсу: <https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/zelenye-kryshi-i-ih-vidy-127875.html>
12. Устройство плоских кровель различных видов [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://srbu.ru/krysha/156-ustrojstvo-ploskoj-krovli.html>
13. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на базальтову (минеральну) вату» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/mineralnaya-vata/filter/tolshchinamm-is-50-or-150/apply/>
14. Mizol [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на ПВХ Мембрану» - Режим доступу до ресурсу: <https://mizol.prom.ua>
15. Мегабуд Плюс [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на пароізоляцію» - Режим доступу до ресурсу: <https://megabudplus.com.ua>
16. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на дюбель фасадний» - Режим доступу до ресурсу: <https://teploizol.in.ua>
17. Монтаж утеплювача даху [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни покрівля та водостоки» - Режим доступу до ресурсу: <https://www.rabotniki.ua>
18. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С. В. Сапожніков. –Суми: Сумський державний університет,2015. –163с.
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.
20. Волошко А.В., Бедерак Я.С. Система моніторингу режимів електроспоживання промислового підприємства/ А.В. Волошко, Я.С. Бедерак//Енергетика: економіка, технології, екологія – 2014. - № 4. - с. 50-55.
21. Мартиненко В.І., Босий Д.О. Дослідження ефективності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутових

споживачів/ В.І. Мартиненко, Д.О. Босий// Електрифікація транспорту – 2018. - № 15. - с. 99-108.

22. Прокопенко В.В., Коцарь О.В. Полнофункциональный инструментарий для реализации перманентного энергетического аудита/ В.В. Прокопенко В.В., О.В. Коцарь // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. - № 2. – с. 85-92.

23. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://art-energetyka.com.ua>

24. Дії В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://www.cuspu.edu.ua/ua/tsyvilna-oborona/4136-besida-diyi-v-umovakh-nadzvychaynykh-sytuatsiy>

25. Про затвердження Типової методики Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text>

26. Інформація відділу НС[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://desn.kyivcity.gov.ua/content/sygnal-uvaga-vsimg.html>

27. Дії при сигналі «УВАГА ВСІМ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : archive.rmr.gov.ua

ДОДАТОК А

Споживання електроенергії розрахункове струмоприймачами систем штучного освітлення навчальних приміщень розраховане згідно розкладу занять (кВт · год)

Таблиця А.1 - Понеділок 30.11.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	За добу
1 поверх										
114	0,619	0,619	0	0,619	0	0,619	0	0,619	0,619	3,714
211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
311	0,52	0	0	0	0	0	0	0,52	0,52	1,56
Кухня	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8
Сума 1	2,339	1,819	1,2	1,819	1,2	1,819	1,2	0	0	16,074
2 поверх										
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
222	0,52	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	3,12
223	0	0	0,52	0	0	0,52	0	0,52	0	1,56
321	0,6	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	3
322	0	0,52	0	0,52	0	0,52	0	0,52	0,52	2,6
Сума 2	1,12	1,12	1,04	1,64	0	1,64	0,52	0	0	10,28
3 поверх										
133	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	1,56
231	0,6	0	0	0	0	0,6	0,6	0	0	1,8
232	0,52	0	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0	2,08
234	0	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	0	0	2,4
331	0,52	0	0,52	0	0	0,52	0	0,52	0	2,08
Сума 3	1,64	0,6	1,04	1,64	1,12	1,12	1,2	1,04	0,52	9,92
4 поверх										
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	3
144	0	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0	0	1,8
345	0,78	0	0,78	0,78	0	0	0	0,78	0,78	3,9
Сума 4	1,38	0,6	1,38	0,78	0,6	0,6	0,6	1,38	1,38	8,7
Сума заг.	6,479	4,139	4,66	5,879	2,92	5,179	3,52	2,42	1,9	17,4

Таблиця А.2 – Вівторок 01.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	За добу
1 поверх										
114	0,619	0	0	0	0	0	0	0,619	0,619	1,857
211	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0,6	0,6	4,2
213	0,52	0	0	0	0	0	0	0	0,52	1,04
311	0,52	0,52	0	0,52	0,52	0	0,52	0,52	0,52	3,64
Кухня	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8
Сума 1	3,459	1,72	1,8	2,32	1,72	1,8	2,32	0	0	21,537
2 поверх										
122	0,52	0	0	0	0,52	0	0	0,52	0,52	2,08
222	0,52	0,52	0	0	0	0	0	0	0,52	1,56
223	0,52	0	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0,52	3,12
321	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	3
322	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0	0,52	0,52	3,12
Сума 2	2,68	1,12	0,52	0,52	1,04	1,64	1,12	0	0	12,88
3 поверх										
133	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	1,56
231	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0	0,6	3
232	0,52	0	0	0	0	0	0	0,52	0,52	1,56
234	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0	0	0	0,6	3
331	0,52	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0	3,12
Сума 3	2,24	1,72	1,04	1,12	0,6	1,12	1,12	1,04	2,24	12,24
4 поверх										
142	0,52	0	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0,52	3,12
143	0,6	0,6	0	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	3,6
144	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0	0,6	3
345	0,78	0	0,78	0,78	0	0	0,78	0,78	0,78	4,68
Сума 4	2,5	1,2	1,9	0,78	0,6	1,12	1,9	1,9	2,5	14,4
Сума заг.	10,879	5,76	5,26	4,74	3,96	5,68	6,46	2,94	4,74	28,8

Таблиця А.3 – Середа 02.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	За добу
1 поверх										
114	0,619	0,619	0	0,619	0	0,619	0	0,619	0,619	3,714
211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
311	0,52	0	0	0	0	0	0	0,52	0,52	1,56
Кухня	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8
Сума 1	2,339	1,819	1,2	1,819	1,2	1,819	1,2	0	0	16,074
2 поверх										
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
222	0,52	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	3,12
223	0	0	0,52	0	0	0,52	0	0,52	0	1,56
321	0,6	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	3
322	0	0,52	0	0,52	0	0,52	0	0,52	0,52	2,6
Сума 2	1,12	1,12	1,04	1,64	0	1,64	0,52	0	0	10,28
3 поверх										
133	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	1,56
231	0,6	0	0	0	0	0,6	0,6	0	0	1,8
232	0,52	0	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0	2,08
234	0	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	0	0	2,4
331	0,52	0	0,52	0	0	0,52	0	0,52	0	2,08
Сума 3	1,64	0,6	1,04	1,64	1,12	1,12	1,2	1,04	0,52	9,92
4 поверх										
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	3
144	0	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0	0	1,8
345	0,78	0	0,78	0,78	0	0	0	0,78	0,78	3,9
Сума 4	1,38	0,6	1,38	0,78	0,6	0,6	0,6	1,38	1,38	8,7
Сума заг.	6,479	4,139	4,66	5,879	2,92	5,179	3,52	2,42	1,9	17,4

Таблица А.4 – Четвер 03.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	За добу
1 поверх										
114	0,619	0	0	0,619	0	0,619	0	0,619	0,619	3,095
211	0,6	0	0	0,6	0,6	0	0	0	0	1,8
213	0,52	0,52	0	0,52	0	0,52	0	0	0,52	2,6
311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кухня	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8
Сума 1	2,939	1,72	1,2	2,939	1,8	2,339	1,2	0	0	18,295
2 поверх										
122	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	1,56
222	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	0	0	1,56
223	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0	2,6
321	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0,6	0	0,6	0	3,6
322	0	0,52	0,52	0,52	0	0,52	0	0,52	0,52	3,12
Сума 2	1,12	2,16	1,56	1,64	0,6	1,64	1,04	0	0	12,44
3 поверх										
133	0,52	0	0,52	0,52	0	0,52	0	0	0	2,08
231	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	1,2
232	0,52	0	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0	2,08
234	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0	0,6	3
331	0,52	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0	3,12
Сума 3	2,76	1,72	1,04	1,04	0,52	1,64	1,12	1,04	0,6	11,48
4 поверх										
142	0	0,52	0	0,52	0	0	0	0,52	0	1,56
143	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	3,6
144	0	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0	0	1,8
345	0,78	0	0	0,78	0	0,78	0	0,78	0,78	3,9
Сума 4	1,38	1,72	0,6	1,3	0	1,38	1,2	1,9	1,38	10,86
Сума заг.	8,199	7,32	4,4	6,919	2,92	6,999	4,56	2,94	1,98	21,72

Таблиця А.5 – П'ятниця 04.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	За добу
1 поверх										
114	0	0	0,619	0,619	0	0	0,619	0,619	0,619	3,095
211	0,6	0	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	3,6
213	0	0,52	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0	2,08
311	0,52	0	0	0	0	0	0	0,52	0,52	1,56
Кухня	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8
Сума 1	2,32	1,72	2,419	2,339	2,32	1,8	1,819	0	0	21,135
2 поверх										
122	0	0,52	0	0	0	0	0,52	0,52	0	1,56
222	0,52	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0	0	2,08
223	0,52	0	0,52	0	0	0,52	0,52	0,52	0	2,6
321	0,6	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	3
322	0,52	0,52	0	0,52	0	0,52	0	0,52	0,52	3,12
Сума 2	2,16	1,64	1,04	1,64	0	1,64	1,56	0	0	12,36
3 поверх										
133	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0	0,52	1,56
231	0,6	0	0	0	0	0,6	0,6	0	0	1,8
232	0,52	0,52	0	0,52	0,52	0	0	0,52	0,52	3,12
234	0,6	0,6	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	3
331	0,52	0	0,52	0,52	0	0,52	0	0,52	0,52	3,12
Сума 3	2,24	1,12	1,04	1,56	1,12	1,72	1,2	1,04	1,56	12,6
4 поверх										
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0,6	0,6	0	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	3,6
144	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	3
345	0,78	0	0,78	0,78	0	0	0	0	0,78	3,12
Сума 4	1,98	1,2	0,78	0,78	0,6	1,2	0,6	1,2	1,38	9,72
Сума заг.	8,7	5,68	5,279	6,319	4,04	6,36	5,179	2,24	2,94	19,44

ДОДАТОК Б

Сумарне електроспоживання у навчальному процесі кВт · год

Таблиця Б.1 – Понеділок 30.11.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	Спож. Освітл.	За добу гадж.	Сума
1 поверх												
114	0,969	0,969	0	1,319	0	0,969	0	0,969	0,969	3,714	2,45	6,164
211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,8	0	10,8
311	3,67	0	0	0	0	0	0	3,67	3,67	16,07 4	9,45	25,524
Кухн я	31,5	26,5	24,5	22,4	22,4	31,5	31,5	22,4	22,4	0	224,3	224,3
Сума 1	36,13 9	27,46 9	24,5	23,71 9	22,4	32,46 9	31,5	27,03 9	27,03 9	30,58 8	236,2	266,78 8
2 поверх												
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
222	3,67	0	3,67	3,67	0	0	3,67	3,67	3,67	3,12	18,9	22,02
223	0	0	0,87	0	0	0,87	0	0,87	0	1,56	1,05	2,61
321	0,95	0,95	0	0,95	0	0,95	0	0,95	0	2,6	1,75	4,35
322	0	1,42	0	1,42	0	1,42	0	1,42	1,42	10,28	4,5	14,78
Сума 2	4,62	2,37	4,54	6,04	0	3,24	3,67	6,91	5,09	17,56	26,2	43,76
3 поверх												
133	0	0	0,87	0,87	0	0	0	0	0,87	1,56	1,05	2,61
231	0,95	0	0	0	0	0,95	0,95	0	0	1,8	1,05	2,85
232	1,42	0	0	1,42	1,42	0	0	1,42	0	2,08	3,6	5,68
234	0	0,95	0	0,95	0,95	0	0,95	0	0	2,4	1,4	3,8
331	0,87	0	0,87	0	0	0,87	0	0,87	0	2,08	1,4	3,48
Сума 3	3,24	0,95	1,74	3,24	2,37	1,82	1,9	2,29	0,87	9,92	8,5	18,42
4 поверх												
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	1,3	0	0	0	1,3	1,3	0	1,3	1,3	3	3,5	6,5
144	0	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0	0	1,8	1,05	2,85
345	1,48	0	1,48	1,48	0	0	0	1,48	1,48	3,9	3,5	7,4
Сума 4	2,78	0,95	2,43	1,48	1,3	1,3	0,95	2,78	2,78	8,7	8,05	16,75
Сума заг.	46,77 9	31,73 9	33,2 1	34,47 9	26,0 7	38,82 9	38,0 2	39,01 9	35,77 9	66,76 8	278,9 5	345,71 8

Таблиця Б.2 – Вівторок 01.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	Спож. Освіт.	За добу гадж.	Сума
1 поверх												
114	0,969	0	0	0	0	0	0	0,969	0,969	1,857	1,05	2,907
211	0,95	0	0,95	0,95	0	0,95	0,95	0,95	0,95	4,2	2,45	6,65
213	1,07	0	0	0	0	0	0	0	1,07	10,8	1,1	11,9
311	3,67	3,67	0	3,67	3,67	0	3,67	3,67	3,67	21,537	22,05	43,587
Кухня	31,5	26,5	24,5	22,4	22,4	31,5	31,5	22,4	22,4	0	224,3	224,3
Сума 1	38,159	30,17	25,45	27,02	26,07	32,45	36,12	27,989	29,059	38,394	250,95	289,344
2 поверх												
122	1,07	0	0	0	1,07	0	0	1,07	1,07	2,08	2,2	4,28
222	3,67	3,67	0	0	0	0	0	0	3,67	1,56	9,45	11,01
223	0,87	0	0,87	0	0	0,87	0,87	0,87	0,87	3,12	2,1	5,22
321	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0,95	0,95	0	3,12	1,75	4,87
322	1,42	0	0	1,42	1,42	1,42	0	1,42	1,42	12,88	5,4	18,28
Сума 2	7,98	4,62	0,87	1,42	2,49	3,24	1,82	4,31	7,03	22,76	20,9	43,66
3 поверх												
133	0	0	0,87	0,87	0	0	0	0	0,87	1,56	1,05	2,61
231	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0,95	0	0,95	3	1,75	4,75
232	1,42	0	0	0	0	0	0	1,42	1,42	1,56	2,7	4,26
234	0,95	0,95	0	0,95	0,95	0	0	0	0,95	3	1,75	4,75
331	0,87	0,87	0,87	0	0	0,87	0,87	0,87	0	3,12	2,1	5,22
Сума 3	4,19	2,77	1,74	1,82	0,95	1,82	1,82	2,29	4,19	12,24	9,35	21,59
4 поверх												
142	1,04	0	1,04	0	0	1,04	1,04	1,04	1,04	3,12	3,12	6,24
143	1,3	1,3	0	0	1,3	1,3	0	1,3	1,3	3,6	4,2	7,8
144	0,95	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0	0,95	3	1,75	4,75
345	1,48	0	1,48	1,48	0	0	1,48	1,48	1,48	4,68	4,2	8,88
Сума 4	4,77	2,25	3,47	1,48	1,3	2,34	3,47	3,82	4,77	14,4	13,27	27,67
Сума заг.	55,099	39,81	31,53	31,74	30,81	39,85	43,23	38,409	45,049	87,794	294,47	382,264

Таблиця Б.3 – Середа 02.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	Спож. Освіт.	За добу гадж.	Сума
1 поверх												
114	0,969	0,969	0	1,319	0	0,969	0	0,969	0,969	3,714	2,45	6,164
211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,8	0	10,8
311	3,67	0	0	0	0	0	0	3,67	3,67	16,07 4	9,45	25,524
Кухн я	31,5	26,5	24,5	22,4	22,4	31,5	31,5	22,4	22,4	0	224,3	224,3
Сума 1	36,13 9	27,46 9	24,5	23,71 9	22,4	32,46 9	31,5	27,03 9	27,03 9	30,58 8	236,2	266,78 8
2 поверх												
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
222	3,67	0	3,67	3,67	0	0	3,67	3,67	3,67	3,12	18,9	22,02
223	0	0	0,87	0	0	0,87	0	0,87	0	1,56	1,05	2,61
321	0,95	0,95	0	0,95	0	0,95	0	0,95	0	2,6	1,75	4,35
322	0	1,42	0	1,42	0	1,42	0	1,42	1,42	10,28	4,5	14,78
Сума 2	4,62	2,37	4,54	6,04	0	3,24	3,67	6,91	5,09	17,56	26,2	43,76
3 поверх												
133	0	0	0,87	0,87	0	0	0	0	0,87	1,56	1,05	2,61
231	0,95	0	0	0	0	0,95	0,95	0	0	1,8	1,05	2,85
232	1,42	0	0	1,42	1,42	0	0	1,42	0	2,08	3,6	5,68
234	0	0,95	0	0,95	0,95	0	0,95	0	0	2,4	1,4	3,8
331	0,87	0	0,87	0	0	0,87	0	0,87	0	2,08	1,4	3,48
Сума 3	3,24	0,95	1,74	3,24	2,37	1,82	1,9	2,29	0,87	9,92	8,5	18,42
4 поверх												
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	1,3	0	0	0	1,3	1,3	0	1,3	1,3	3	3,5	6,5
144	0	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0	0	1,8	1,05	2,85
345	1,48	0	1,48	1,48	0	0	0	1,48	1,48	3,9	3,5	7,4
Сума 4	2,78	0,95	2,43	1,48	1,3	1,3	0,95	2,78	2,78	8,7	8,05	16,75
Сума заг.	46,77 9	31,73 9	33,2 1	34,47 9	26,0 7	38,82 9	38,0 2	39,01 9	35,77 9	66,76 8	278,9 5	345,71 8

Таблиця Б.4 – Четвер 03.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	Спож. Освітл.	За добу гадж.	Сума
1 поверх												
114	0,969	0	0	0,969	0	0,969	0	0,969	0,969	3,095	1,75	4,845
211	0,95	0	0	0,95	0,95	0	0	0	0	1,8	1,05	2,85
213	1,07	1,07	0	1,07	0	1,07	0	0	1,07	10,8	2,75	13,55
311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,295	0	18,295
Кухня	31,5	26,5	24,5	22,4	22,4	31,5	31,5	22,4	22,4	0	224,3	224,3
Сума 1	34,489	27,57	24,5	25,389	23,35	33,539	31,5	23,369	24,439	33,99	229,85	263,84
2 поверх												
122	0	0	1,07	1,07	0	0	0	0	1,07	1,56	1,65	3,21
222	3,67	3,67	0	0	0	0	3,67	0	0	1,56	9,45	11,01
223	0	0,87	0,87	0	0	0,87	0,87	0,87	0	2,6	1,75	4,35
321	0,95	0,95	0	0,95	0,95	0,95	0	0,95	0	3,12	2,1	5,22
322	0	1,42	1,42	1,42	0	1,42	0	1,42	1,42	12,44	5,4	17,84
Сума 2	4,62	6,91	3,36	3,44	0,95	3,24	4,54	3,24	2,49	21,28	20,35	41,63
3 поверх												
133	0,87	0	0,87	0,87	0	0,87	0	0	0	2,08	1,4	3,48
231	0,95	0,95	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0,7	1,9
232	1,42	0	0	1,42	1,42	0	0	1,42	0	2,08	3,6	5,68
234	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0,95	0	0,95	3	1,75	4,75
331	0,87	0,87	0,87	0	0	0,87	0,87	0,87	0	3,12	2,1	5,22
Сума 3	5,06	2,77	1,74	2,29	1,42	2,69	1,82	2,29	0,95	11,48	9,55	21,03
4 поверх												
142	0	1,04	0	1,04	0	0	0	1,04	0	1,56	1,56	3,12
143	1,2	1,2	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	3,6	3,6	7,2
144	0	1,2	1,2	0	0	0	1,2	0	0	1,8	1,8	3,6
345	1,56	0	0	1,56	0	1,56	0	1,56	1,56	3,9	3,9	7,8
Сума 4	2,76	3,44	1,2	2,6	0	2,76	2,4	3,8	2,76	10,86	10,86	21,72
Сума заг.	46,929	40,69	30,8	33,719	25,72	42,229	40,26	32,699	30,639	77,61	270,61	348,22

Таблиця Б.5 – Четвер 04.12.2020

Клас	8:00 – 8:45	8:55 – 9:55	9:55 – 10:55	10:55 – 11:40	11:40 – 12:00	12:00 – 12:55	12:55 – 13:50	13:50 – 14:45	14:45 – 15:30	Спож. Освіт.	За добу гадж.	Сума
1 поверх												
114	0	0	0,969	0,969	0	0	0,969	0,969	0,969	3,095	1,75	4,845
211	0,95	0	0,95	0	0,95	0,95	0	0,95	0,95	3,6	2,1	5,7
213	0	1,07	0	1,07	1,07	0	0	1,07	0	10,8	2,2	13
311	3,67	0	0	0	0	0	0	3,67	3,67	21,135	9,45	30,585
Кухня	31,5	26,5	24,5	22,4	22,4	31,5	31,5	22,4	22,4	0	224,3	224,3
Сума 1	36,12	27,57	26,419	24,439	24,42	32,45	32,469	29,059	27,989	38,63	239,8	278,43
2 поверх												
122	0,35	0	0	0,35	0	0,35	0,35	0	0	1,56	1,65	3,21
222	3,15	0	3,15	3,15	0	0	3,15	3,15	3,15	2,08	12,6	14,68
223	0	0	0,35	0	0	0,35	0	0,35	0	2,6	1,75	4,35
321	0,35	0,35	0	0,35	0	0,35	0	0,35	0	3,12	1,75	4,87
322	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0,9	12,36	5,4	17,76
Сума 2	3,85	1,25	3,5	4,75	0	1,95	3,5	4,75	4,05	21,72	23,15	44,87
3 поверх												
133	0	0	0,35	0,35	0	0	0	0	0,35	1,56	1,05	2,61
231	0,35	0	0	0	0	0,35	0,35	0	0	1,8	1,05	2,85
232	0,9	0	0	0,9	0,9	0	0	0,9	0	3,12	5,4	8,52
234	0	0,35	0	0,35	0,35	0	0,35	0	0	3	1,75	4,75
331	0,35	0	0,35	0	0	0,35	0	0,35	0	3,12	2,27	5,39
Сума 3	1,6	0,35	0,7	1,6	1,25	0,7	0,7	1,25	0,35	12,6	11,52	24,12
4 поверх												
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	1,3	1,3	0	0	1,3	1,3	0	1,3	1,3	3,6	4,2	7,8
144	0,95	0,95	0	0	0	0,95	0,95	0,95	0	3	1,75	4,75
345	1,48	0	1,48	1,48	0	0	0	0	1,48	3,12	2,8	5,92
Сума 4	3,73	2,25	1,48	1,48	1,3	2,25	0,95	2,25	2,78	9,72	8,75	18,47
Сума заг.	45,3	31,42	32,099	32,269	26,97	37,35	37,619	37,309	35,169	82,67	283,22	365,89