

Збірна інформація про результати енергетичних обстежень шкіл міста Світловодськ

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Школа №1	Школа №2	Школа №3	НБК № 4	
						основна	початкова
1	Дата здачі в експлуатацію		1957	1958	1959	1963	
2	Опалювальна площа	м ²	1816,7	3778	3629,5	3529,3	1375,8
3	Опалювальний об'єм	м ³	6635,7	14999	12825	13772,6	4333,8
4	Кількість поверхів		3	4	3	4	2
5	Розрахункова кількість місць		354-400	800 (550)	500-600	377-500	276
6	Фактична кількість учнів		241	520	540	298	242
7	Фактична опалювальна площа у розрахунку на 1 учня	м ² /учень	7,5	7,3	6,7	11,8	5,7
8	Коефіцієнт скління фасадів		0,24	0,26	0,35	0,28	0,23
9	Показник компактності будівлі		0,35	0,29	0,4	0,34	0,57
10	Граничне значення питомого енергоспоживання	кВт*год/м ³	43,30	39,95	46,00	42,70	55,35
11	Показник питомого енергоспоживання при опаленні і охолодж.	кВт*год/м ³	63,3	52,4	68,6	58,8	96,6
	- в тому числі при опаленні		48,3	37,4	53,6	43,8	81,5
12	Клас енергетичної ефективності будівлі		F	E	F	F	G
13	Капітальні витрати на впровадження комплексної термомодерн.	тис. грн	5297,00	9259,40	11554,70	10164,20	5861,45
14	Питомі капітальні витрати (на 1 м ² опалювальної площі)	тис. грн/м ²	2,92	2,45	3,18	2,88	4,26
15	Економія від впровадження компл. Термомодернізації	тис. грн	489,38	854,1	1053,9	965,3	564,53
16	Простий термін повернення інвестицій	років	10,8	10,8	11,0	10,5	10,4
17	Дисконтний термін повернення інвестицій (r = 6,5 %)	років	19,3	19,4	19,8	18,3	17,8
18	Теплові навантаження на системи опалення будівель						
	- фактичне існуюче	кВт	87	258	308	296	150
	- розрахункове (для сертифікації)	кВт	167	301	364	325	173
	- після впровадження комплексної термомодерніз.	кВт	60	111	132	112	50

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	школа №1	школа №2	школа №3	НБК № 4	
						основна	початкова
19	Енергоспоживання для опалення та обміну повітря						
	- фактичне існуюче (2018 рік)	Гкал/рік	128,6	333,0	382,0	377,0	205,0
	- розрахункове (для сертифікації)	Гкал/рік	275,8	481,9	591,4	519,1	303,8
	- після впровадження комплексної термомодернізац.	Гкал/рік	58,1	102,3	123,0	90,1	52,9
20	Середній за опалювальний період повітрообмін (кратність)						
	- фактичний (2018 р)	крат	0,1	0,1	0,05	0,08	0,1
	- розрахунковий (оптимальний)	крат	0,36	0,31	0,37	0,24	0,5
21	Розрахункова продуктивність механічної вентиляції (з реперац)	м ³ /год	9850	17274	19692	13770	9295
22	Кратність повітрообміну механічної вентиляції (нової)	крат	1,48	1,15	1,54	1,00	2,14

Короткі коментарі до проведеного енергоаудиту 5-ти шкіл міста Світловодська

1. До складу інвестицій, необхідних для впровадження комплексної термомодернізації, входять лише кошти, що забезпечують впровадження виключно заходів з підвищення енергоефективності будівель. Питомі інвестиції для цих заходів становлять **90-130 євро/м²**. В той же час для комплексного впровадження заходів з підвищення енергоефективності необхідне виконання робіт (капітальний ремонт), що забезпечують необхідний життєвий цикл будівель. Капітальні ремонти у будівлях шкіл не проводився біля 60 років, тому перелік робіт, обов'язкових до виконання, може бути суттєвим. Склад цих робіт встановлюється після виконання технічного обстеження будівель.

До складу цих робіт можуть входити такі роботи:

- ремонт фасадів (наявність тріщин);
- ремонт вимощення будівель;
- роботи по підсиленню несучої здатності конструкцій будівель;
- ремонт вхідних сходів (зовнішніх) та ганків;
- заміне перемичок над віконними отворами;
- ремонт покрівпель (із зміною токсичних азбестових матеріалів);
- будівельні роботи пов'язані із організацією інклюзивного навчання (облаштування пандусів, поручень та інш.);
- ремонт вентиляційних каналів природної витяжної вентиляції та вентиляційних шахт та ремонт вентиляції кухонь;
- ремонт волопровідно-каналізаційних систем;
- інші роботи.

Повна вартість впровадження комплексної термомодернізації буде значно вищою, ніж вартість впровадження виключно спеціальних заходів з підвищення енергоефективності будівель.

2. У всіх будівлях шкіл, що входили до складу об'єктів проведення енергетичного аудиту, якість забезпечення мікрокліматичних умов вкрай низька та характеризується низьким рівнем температурного режиму (значно нижче оптимальних вимог) та низьким повітрообміном, що є причиною забруднення внутрішнього повітря та захворюваності дітей. Забезпечення необхідного рівня чистоти повітря у приміщеннях порушено через руйнування витяжних систем вентиляції та встановлення герметичних віконних блоків.

Суттєвою причиною неякісного температурного режиму є якість функціонування системи центрального тепlopостачання міста.

3. Комплексне впровадження заходів з термомодернізації обіцяє значне скорочення енергоспоживання. Але необхідно розуміти, що задеклароване енергоаудитом скорочення енергоспоживання можливе за умов досягнення герметичності будівель, скорочення до мінімуму природного повітрообміну (інфільтрації) та при впровадженні високоефективних автоматизованих систем механічної вентиляції із утилізацією тепла витяжного повітря. Без використання цієї умови економічний та санітарно-гігієнічний ефект буде значно нижчий.

4. Через руйнування систем природної та механічної вентиляції фактичний повітрообмін у існуючих будівлях шкіл (середній за опалювальний період) становить $K = 0,05 - 0,1$ крата. (кратність повітрообміну встановлена шляхом проведення натурних обстежень та аналізу теплового балансу будівель).

Розрахункова кратність повітрообміну (середня за опалювальний період), визначена у відповідності до санітарно-гігієнічних вимог, має становити $K = 0,3 - 0,5$ крати. Розрахунковий повітрообмін залежить від геометричних характеристик будівель та кількості людей, що постійно перебувають у будівлях.

Після впровадження термомодернізації природний повітрообмін (інфільтрація) має бути знижений до мінімуму, а повітрообмін має здійснюватись механічною вентиляцією лише в періоди перебування людей у приміщеннях. При цьому продуктивність вентиляції має змінюватись в залежності від кількості людей у приміщеннях. Розрахункова максимальна продуктивність механічної вентиляції, обладнаної утилізаторами тепла, має забезпечувати у будівлях шкіл кратність повітрообміну $K = 1,0 - 2,0$ крати в залежності від особливостей будівлі та організації учбового процесу.

5. Найнижчий рівень енергоефективності серед досліджених будівель міста Світловодська має будівля початкової школи НВК №4. Причиною цього є недостатній тепловий захист огорожень будівлі та високе значення показника компактності будівлі. У згаданій будівлі на кожний кубічний метр опалювального об'єму припадає $0,57 \text{ м}^3$ площі зовнішніх огорожень, тоді як в школах №1, №2, №3 та в основній будівлі НВК цей показник відповідно становить $0,35, 0,29, 0,4$ та $0,34 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

6. Вартість модернізації систем опалення та впровадження ІТП визначені для варіанту комплексного впровадження термомодернізації, тобто за умов коли розрахункова теплова потужність цих систем буде в $2 - 2,5$ рази нижчою, ніж теплова потужність існуючих систем опалення. В разі поетапного впровадження заходів при впровадженні ІТП і модернізації систем опалення до комплексного утеплення зовнішніх огорожень будівель, вартість цих робіт буде значно вищою (підлягає додатковому уточненню).

7. На показники енергоефективності та на якість мікроклімату у приміщеннях впливає ступінь заповненості шкіл. В школах міста цей показник не достатньо аналізується та не досить якісно визначається. Норма площі опалювальних приміщень на 1-го учня фактичної чисельності коливається в межах від $11,8 \text{ м}^2/\text{учень}$ до $5,7 \text{ м}^2/\text{учень}$. Некоректне визначення нормативної кількості місць у школі та перевищення цього нормативу негативно впливає на показники енергетичної ефективності - чим менша питома площа опалювальних приміщень, що припадає на 1-го учня, тим вищим має бути повітрообмін та витрати енергії..

8. Енергетичний аудит шкіл, згідно умов договору та бюджету виконання роботи, виконувався як експрес-аудит, тобто як аудит, що допускає застосування дещо спрощених методів аналізу. Такий статус енергетичного аудиту не вплинув на методологію визначення енергоспоживання та проведення енергетичних оцінок при опаленні, організації повітрообміну, гарячому водопостачанні та освітленні. Згадані вище розрахунки виконані у відповідності до діючих у Україні вимог, що застосовуються при проведенні енергетичної сертифікації будівель.

Метод оцінок, а не метод детальних громіздких розрахунків, застосований для визначення енергоспоживання системами охолодження будівель шкіл. Згаданий метод щодо охолодження відповідає умовам договору та застосований виходячи з того, що охолодження для шкіл, зважаючи на графік та режим їх роботи, не є достатньо актуальним. Неактуальність застосування охолодження у школах (на цьому етапі розвитку нашого суспільства) підтверджується опитуванням персоналу багатьох шкіл в різних регіонах України. Не випадково європейський стандарт, що має статус українського національного нормативного документа, ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 "Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель" не рекомендує включати енергоспоживання при охолодженні до енергоспоживання будівель шкіл для оцінки енергетичних характеристик будівель.

С. Парасочка



ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ
про проведення енергетичного аудиту будівлі
Світловодської загальноосвітньої школи № 1
Світловодської міської ради Кіровоградської
області



ФОП Парасочка С.О. _____

Замовник: ГО «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АЛЬЯНС»
Виконавець: Фізична особа-підприємець Парасочка С.О.
Кваліфікаційні атестати № СБ-0043 від 25.01.2019
№ ІС-0043 від 25.01.2019
Замовлення № 02ТК-21-ЕА

ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ
про проведення енергетичного аудиту будівлі
Світловодської загальноосвітньої школи № 1
Світловодської міської ради Кіровоградської
області.

ФОП Парасочка С.О. _____

Зміст

№ п/п	Найменування	стор.
	Анотація	3
	Перелік нормативної літератури	5
1	Вступ	7
2	Вихідні дані	10
3	Обстеження будівлі	15
3.1	Загальна інформація, конструктивні та об'ємно-планувальні рішення будівлі	15
3.2	Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі	22
3.3	Інженерні системи будівлі	26
3.3.1	Теплопостачання та опалення будівлі	26
3.3.2	Гаряче водопостачання будівлі	28
3.3.3	Вентиляція будівлі	28
3.3.4	Освітлення будівлі	30
4	Розробка розрахункової електронної енергетичної моделі будівлі. Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі.	31
4.1	Розробка розрахункової енергетичної (електронної) моделі будівлі	31
4.2	Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі	32
5	Розрахунок енергоспоживання будівлі для проведення енергетичної оцінки існуючої будівлі.....	32
6	Розробка основних напрямків впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі. Визначення потенціалу енергозаощадження	38
7	Техніко – економічна оцінка впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі.....	56
8	Оцінка впровадження комплексу заходів з підвищення енергетичної ефективності за показниками викидів парникових газів (CO ₂)	61
	Додатки:	62
1	Кваліфікаційний атестат енергоаудитора №СБ-0043 на право провадити діяльність з проведення аудиту енергетичної ефективності будівель	63
2	Кваліфікаційний атестат енергоаудитора №ІС-0043 на право провадити діяльність з обстеження інженерних систем будівель	64
3	Опитувальний лист для виконання енергетичного аудиту	65
4	Інформація про фактичні витрати енергоносіїв	70
5	Розрахунок нормативного повітрообміну для будівлі школи	71
6	Повірочний розрахунок витрат теплової енергії на опалення будівлі бібліотеки (корпус 2)..	73

7	Аналіз нормативних теплотехнічних характеристик огорожень будівлі у відповідності до вимог нової редакції ДБН В.2.6-31	79
8	Ціни на енергоресурси для навчальних закладів м. Світловодськ 2017-2020 р	81
9	Методика виконання розрахунків техніко-економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів	82
10	До питання відновлення функціонування вентиляційних систем будівлі ЗОШ № 1 ...	87
11	Аналіз інформації щодо якості теплопостачання будівлі ЗОШ № 1	89
12	Перспективні заходи щодо підвищення енергоефективності ЗОШ № 1	92
Додаток А	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі (Розробка розрахункової енергетичної моделі будівлі)	93
Додаток Б	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі (Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі)	131
Додаток В	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання при постачанні гарячої води	142
Додаток Г	Розрахунок енергоспоживання для охолодження	145
Додаток Д	Розрахунок енергоспоживання при освітлення	147

АНОТАЦІЯ

Близько 40% енергетичних ресурсів в Україні споживають будівлі, в тому числі громадські будівлі – школи, дитячі садки, лікарні, державні установи, заклади культури. Потенціал енергетичних заощаджень будівель становить більше 50-60%. Характерною особливістю громадських будівель є те, що крім значних витрат енергії, громадські будівлі мають недостатньо високий рівень мікроклімату та санітарно-гігієнічних умов, тому питання проведення комплексної термомодернізації будівель є актуальним.

Першим етапом цієї роботи є енергетичний аудит. Результатом проведення цього енергетичного аудиту є:

- Енергетична оцінка існуючої основної будівлі школи (корпус №1);
- Моніторинг забезпечення у приміщеннях школи мікрокліматичних умов;
- Розробка комплексу заходів по впровадженню комплексної термомодернізації будівлі;
- Розробка розрахункової енергетичної електронної моделі будівлі (Excel) для проведення розрахунків енергоспоживання будівлі та базових рівнів споживання енергії при проведенні енергетичних оцінок та впровадженні пакетів заходів з підвищення енергоефективності;
- Оцінка капітальних витрат на впровадження заходів та техніко-економічна оцінка впровадження комплексної термомодернізації;
- Енергетична оцінка будівлі дитячого закладу в разі проведення її комплексної термомодернізації;
- Розрахунок скорочення викидів парникових газів;

Проведені енергетичні обстеження, аналіз фактичного споживання енергії та виконані розрахунки засвідчили низький рівень енергетичної ефективності існуючої будівлі школи. Клас енергетичної ефективності будівлі не вище класу «F».

Проведений аналіз стану будівлі школи та перелік робіт, що підлягають виконанню при проведенні комплексної термомодернізації будівлі дав змогу запропонувати класифікацію робіт з їх поділом на дві групи:

- √ Капітальний ремонт – роботи по відновленню втрачених функцій будівельних конструкцій та інженерних систем існуючої будівлі.
- √ Термомодернізація – роботи, що забезпечують зниження енергоспоживання та підвищення якості мікроклімату у приміщеннях будівлі.

При проведенні енергетичного аудиту розроблений комплекс заходів, що входять до складу комплексної термомодернізації будівлі:

- Утеплення всіх огорожувальних конструкцій будівлі: зовнішніх стін, горіщного перекриття, перекриття над підвалом та заміна зовнішніх вікон та дверей;
- Повна модернізація та автоматизація системи опалення та впровадження ІТП;
- Впровадження сучасної механічної припливно-витяжної вентиляції з високим рівнем автоматизації, що має забезпечити високу якість мікроклімату у будівлі з низьким рівнем повітропроникності.

В енергетичному аудиті акцентовано увагу на зміні концепції організації повітрообміну у сучасних термомодернізованих будівлях. Замість прийнятої в 60-90-ті роки концепції, оснований на відсутності герметичності огорожень та використанні нещільностей для організації подачі зовнішнього повітря у приміщення, має використовуватись концепція застосування виключно механічної, високоавтоматизованої вентиляції з високим рівнем утилізації тепла витяжного повітря.

Існуюча будівля школи має опалювальну площу **1816,7 м²** та опалювальний об'єм **6635,7 м³**.

Розрахункове енергоспоживання існуючої будівлі для потреб опалення та повітрообміну становить **320415 кВт*год** (питоме енергоспоживання **48,3 кВт*год/м³**)

Енергоспоживання будівлі для потреб опалення та повітрообміну після впровадження термомодернізації має становити **67521 кВт*год** (питоме енергоспоживання **10,2 кВт*год/м³**)

Реалізація запропонованих заходів забезпечить підвищення класу енергетичної ефективності будівлі щонайменше до класу «В».

В таблиці 1 приведені економічні показники впровадження комплексної термомодернізації будівлі при різних значеннях норми дисконту (значення норми дисконту залежить від величини банківських процентів, рівня інфляції, ризиків ...).

Таблиця 1.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			г = 2,0%	г = 4,0%	г = 6,5%	г = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	5297,00			
2	Річна економія	тис. грн	489,38			
4	Простий термін окупності	років	10,8			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,3	14,5	19,3	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	2705,1	1353,9	95,3	-1130,6
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,9	6,9	6,9	6,9
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,51	1,26	1,02	0,79

Примітка: На дату проведення техніко-економічних розрахунків курси євро (НБУ) становив:

1 євро = 33,5 грн

Розглянутий варіант впровадження комплексної термомодернізації не є інвестиційно привабливим навіть при низьких значеннях норми дисконту. Однією із причин непривабливих економічних показників є висока вартість впровадження вентиляції. З метою пошуку варіантів для залучення інвестора розглянутий варіант реалізації проекту на умовах державно-приватного партнерства з розподілом інвестицій між інвестором та муніципалітетом у пропорції 50 на 50. За таких умов дисконтний термін повернення інвестицій для інвестора при нормі дисконту 6,5% є більш привабливим і становитиме 6,9 років.

В разі змін умов впровадження термомодернізації будівлі в частині складу заходів чи умов фінансування впровадження необхідно проводити окремий техніко-економічний аналіз. Розроблена при проведенні енергетичного аудиту розрахункова електронна енергетична модель будівлі дає можливість оперативного аналізу та виконання техніко-економічних обґрунтувань для різних варіантів впровадження.

Заходи з підвищення енергетичної ефективності будівель мають взаємний вплив, тому диференційована оцінка ефективності впровадження для кожного заходу окремо є великою помилкою та може привести до помилкових оцінок та фінансових збитків.

Перелік нормативної літератури.

№ п/п	Шифр	Найменування
Л-1	Наказ Мінрегіонбуду від 11.07.2018 № 172	Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності
Л-2	Наказ Мінрегіонбуду від 11.07.2018 № 169	Методика визначення енергетичної ефективності будівель
Л-2А	Наказ Міністерства розвитку громад і територій від 27.10.2020 № 261	Зміни до Методики визначення енергетичної ефективності будівель
Л-3	Наказ Мінрегіонбуду від 11.07.2018 № 173	Методика обстеження інженерних систем будівлі
Л-4	ДСТУ ISO 50002: 2016	Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення
Л-5	ДСТУ Б В.2.2-39:2016	Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель
Л-6	ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010	Будівельна кліматологія
Л-7	ДСТУ Б EN 15251: 2011	Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель ...
Л-8	ДСТУ Б А.2.2-8:2010	Енергоефективність у складі проектної документації
Л-9	ДБН В.2.5-67:2013	Опалення, вентиляція, кондиціювання
Л-10	ДБН В.2.6-31:2016	Теплова ізоляція будівель
Л-11	ДСТУ Б EN 15603:2013	Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки.
Л-12	ДСТУ – Н Б А.2.2-13: 2015	Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.
Л-13	ДСТУ Б EN 15217:2013	Енергетична ефективність будівель. Метод представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель.
Л-14	ДСТУ Б А.2.2-12:2015	Ен. еф. будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.
Л-15	ДСТУ Б EN ISO 13790:2011	Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження.
Л-16	ДСТУ Б В.2.6-189:2013	Методи вибору теплоізоляційного матеріалу.
Л-17	ДСТУ Б EN 15232: 2011	Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями
Л-18	ДБН В.2.2-3:2018	Заклади освіти
Л-19	ДСТУ ISO 50001:2016	Система енергетичного менеджменту.
Л-20	ДСТУ ISO 50004:2016	Система енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження , супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту.
Л-21	ДБН В.2.2-9:2009	Громадські будинки і споруди
Л-22	Закон України №2118-VIII	Про енергетичну ефективність будівель
Л-23	Наказ Мінрегіонбуду від 18.10.2018 № 276	Порядок незалежного моніторингу енергетичних сертифікатів
Л-24	ДБН В.2.6-33:2018	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією
Л-25	ДСТУ Б.в.2.2-21:208	Будинки і споруди. Методи визначення питомих тепловтрат на опалення будинків.
Л-26	ДСТУ Б EN 13779:2011	Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціювання повітря
Л-27	ДСТУ 2155-93	Енергозбереження. Методи визначення економічної

		ефективності заходів по енергозбереженню
Л-28	ДСТУ Б В.2.6-17:2000	Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі
Л-29	ДБН В.2.6-220:2017	Покриття будівель і споруд
Л-30	ДБН В.2.5-28:2006	Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення
Л-31	ДБН В.2.5-39:2008	Теплові мережі

1. Вступ

Енергетичний аудит будівлі Світловодської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 1 Світловодської міської ради Кіровоградської області виконаний у відповідності до умов договору, укладеного між ГО «Енергетичний альянс» та фізичною особою-підприємцем Парасочкою С. О.

За умов договору енергоаудит виконувався за схемою експрес-обстеження.

Енергоаудитор Парасочка С. О. атестований на право провадити діяльність з проведення аудиту енергетичної ефективності будівель (кваліфікаційний атестат № СБ-0043) та на право провадити діяльність з обстеження інженерних систем будівель (кваліфікаційний атестат № ІС-0043).

Світловодська ЗОШ I-III ступенів № 1 знаходиться за адресою: Кіровоградська область, м. Світловодськ, вул. Вадима Бойка, 8.

Метою проведення енергетичного аудиту є:

- виконання енергетичної оцінки будівлі школи, в тому числі огороджувальних конструкцій будівлі та інженерних систем (опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення) з метою визначення потенціалу енергозбереження будівлі;
- визначення розрахункового (нормативного) споживання енергії для потреб опалення, вентиляції, охолодження, гарячого водопостачання, освітлення;
- проведення аналізу якості забезпечення мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях школи;
- складання енергетичного балансу будівлі та визначення потенціалу енергозбереження з розробленням заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі;
- визначення техніко-економічних показників впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі;
- підготовка іншої інформації.

Від якості енергетичного аудиту будівлі залежить успішність підготовки проектів впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності та можливість залучення інвестицій для досягнення запланованого скорочення енергоспоживання. Якість енергетичного аудиту значною мірою залежить від дотримання вимог до проведення енергетичного аудиту, встановлених ДСТУ ISO 50002 «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення» (Л-4) та ДСТУ Б В.2.2-31:2016 «Методика та етапи енергетичного аудиту будівель» (Л-5).

Особливо суттєво на якість енергетичного аудиту впливає дотримання таких основних принципів проведення енергетичного аудиту:

- процес збирання, перевірки та аналізування інформації має бути простежуваним, логічним та зрозумілим;
- всі використані дані та виявлені можливості (пропозиції) по підвищенню енергоефективності мають бути узгодженими та однозначно визначеними.

Іншими словами енергоаудит має містити чітку та прозору інформацію про всі вихідні дані та методи проведення розрахунків і оцінок.


						02ТК-21-ЕА			
<i>Зм.</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Енергоаудитор</i>		<i>Парасочка</i>				Енергетичний аудит будівлі Світловодської ЗОШ I-III ступенів № 1 Світловодської міської ради Кіровоградської області			
								7	
<i>Перевірив</i>		<i>Парасочка</i>							

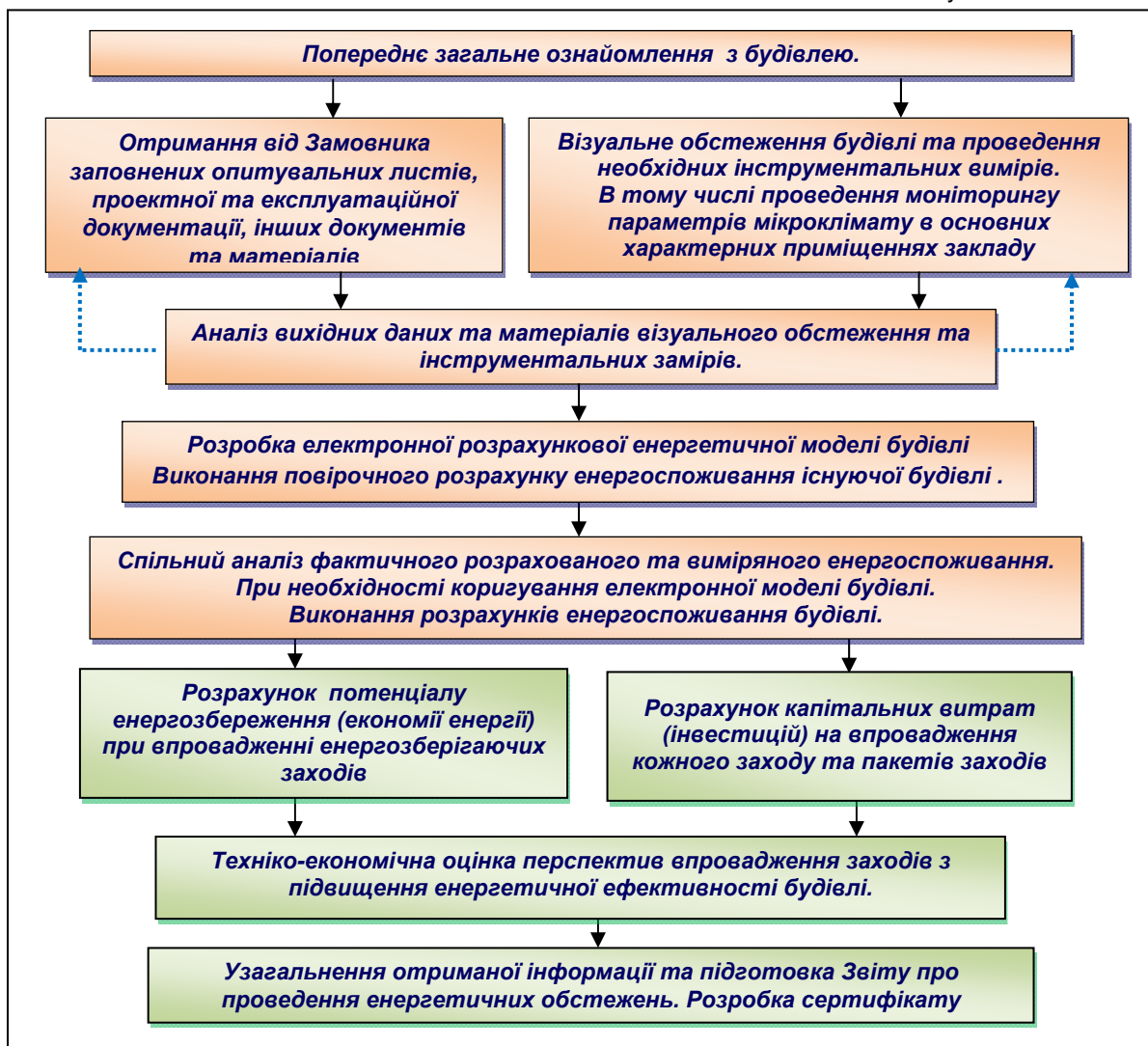
Рисунок 1.1



Проведення аналізу впливу різних факторів на енергоспоживання будівлі значно спрощується завдяки використанню електронної розрахункової енергетичної моделі будівлі. Крім того застосування електронної моделі значно підвищує якість оцінок.

Алгоритм проведення енергетичного аудиту приведений на рисунку 1.2.

Рисунок 1.2



Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

Для отримання у приміщеннях необхідного рівня чистоти внутрішнього повітря має бути забезпечений відповідний повітрообмін.

При проведенні енергетичної оцінки будівель середній за опалювальний період повітрообмін будівлі суттєво впливає на показники енергетичної ефективності.

Згідно «Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель», затверджених наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 р № 261 (Л-2А) розрахункове значення усередненої за часом витрати вентиляційного повітря для будівлі має розраховуватись згідно додатку Х ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» використовуючи мінімальну витрату повітря, що визначається для оптимальних умов мікроклімату.

Приведені у додатку 5 розрахунки показують, що при фактичній чисельності учнів у школі оптимальні показники чистоти внутрішнього повітря будуть забезпечені при таких умовах:

- розрахунковий повітрообмін систем вентиляції будівлі – **9850,0 м³/год**
- розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну **K= 0,36**

Вище приведена оцінка нормативного повітрообміну у приміщенні закладу. Оцінка фактичному повітрообміну будівлі буде надана при проведенні енергетичних обстежень будівлі.

Фактичні кліматичні параметри зовнішнього середовища в періоди, що досліджуються

прийняті (для м. Світловодськ Кіровоградської області) за даними сайту <http://rp5.ua> (метеостанція № 33614 у Кременчуцькому районі Полтавської області)

Таблиця 2.5

Рік	Найменування показників	січ	лют	бер	квіт	жовт	лист	груд	За рік
2018	Середня температура, °С	-2,1	-2,5	-1,3	+8,9	-	+0,3	-1,6	-0,8
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	2	0	30	31	153
2019	Середня температура, °С	-4,7	+0,2	+4,6	+9,8	-	-	+3,4	+1,6
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	9	0	3	31	133
2020	Середня температура, °С	+1,0	+1,8	+9,1	-	-	+4,3	-0,3	+2,3
	Кількість днів опалюван. періоду	31	29	12	0	1	30	31	134

Середньомісячні температури зовнішнього повітря, визначені за матеріалами вказаного сайту, відповідають фактичній кількості днів тривалості опалювального періоду.

Фактична кількість днів тривалості опалювального періоду надана замовником:

- 2018 рік: з 1 січня по 2 квітня; з 1 листопада по 31 грудня;
- 2019 рік: з 1 січня по 9 квітня; з 28 листопада по 31 грудня;
- 2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 29 жовтня по 31 грудня.

Фактична тривалість опалювального періоду 3-х попередніх років, що аналізуються, значно менше розрахункової тривалості опалювального періоду. На таке скорочення вплинув факт деякого потепління клімату, що мало місце у ці роки covid-19. Але важливою причиною скорочення тривалості опалювального періоду та погіршення температурного режиму у приміщеннях школи є незадовільна робота тепlopостачаючої організації.

Будівлі школи має 4 вхідних дверей.

У будівлі школи встановлено троє одинарних дерев'яних дверей та один металопластиковий дверний блок.



Переkritтя над підвалом – залізобетонна пустотна плита. Утеплюючі шари переkritтя над підвалом відсутні. Підлога більшої частини приміщень 1 поверху будівлі розміщується над опалювальним підвалом, в якому розміщуються кухня та їдальня. Менша частина підлоги 1 поверху розміщується на неутепленому ґрунті.

Геометричні характеристики будівлі.

При проведенні енергетичної оцінки будівлі та аналізі енергоспоживання важливою частиною розрахунків, що проводяться, є визначення великої кількості геометричних характеристик будівлі.

Існує значна кількість правил, що встановлюють порядок визначення геометричних характеристик будівель, що базуються на ряді стандартів та будівельних норм.

У додатку А приведений розрахунок геометричних показників будівлі школи та правила їх визначення. В таблиці 3.1 приведені значення основних геометричних характеристик будівлі.

Таблиця 3.1

№ п/п	Найменування геометричних характеристик будівлі	Розмірність	Значення
1	Опалювальна площа	м ²	1816,7
2	Опалювальний об'єм	м ³	6635,7
3	Площа зовнішніх стін 1 – 3 поверху (без вікон і дверей)	м ²	1133,8
4	Площа зовнішніх стін опалювального підвалу, що межують із зовнішнім повітрям (без вікон і дверей)	м ²	63,3
5	Площа зовнішніх стін опалювального підвалу, що межують із ґрунтом	м ²	159,7
6	Площа вікон	м ²	304,7
7	Площа зовнішніх дверей	м ²	14,6
8	Площа горіщного переkritтя	м ²	508,1
9	Площа переkritтя над неопалювальним підвалом	м ²	67,2
10	Площа підлоги на ґрунті (1 пов)	м ²	148,6
11	Площа внутрішніх стін підвалу, що межують з неопалювальним приміщеннями підвалу	м ²	16,7
12	Площа цокольних стін, що підлягають утепленню	м ²	95,3
13	Коефіцієнт скління фасаду будівлі		0,24
14	Показник компактності будівлі		0,35
15	Загальна площа будівлі	м ²	1883,9

3.2. Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій.

Рівень теплової ізоляції будівлі школи, збудованої у 1957 році, не відповідає сучасним вимогам теплового захисту будівель. Тепловий захист будівлі забезпечується теплоізоляційними властивостями огорожень: зовнішніх стін, вікон та дверей, горищного перекриття та перекриття над неопалювальним підвалом.

Показником рівня теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель є коефіцієнт опору теплопередачі огорожувальних конструкцій ($R, \text{°C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$)

Коефіцієнти термічного опору огорожувальних конструкцій визначаються за формулою:

$$R = 1/\alpha_e + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_s$$

α_e – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$

α_s – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$

δ – товщина кожного шару огорожувальних конструкцій, м

λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності кожного шару конструкції, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$

У будівлі школи перелічені вище огороження залишались такими, якими вони були здані в експлуатацію. Виключення становлять декілька вікон, які були замінені у спортивній залі на пластикові зі склопакетами. Крім спортивної зали замінено ще 2 вікна у кабінетах школи.

Розглянемо кожне огороження окремо та оцінімо його коефіцієнт термічного опору та коефіцієнт теплопередачі, який визначається за формулою: $K = 1/R, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$.

Зовнішні стіни.

а) Зовнішня стіна приміщень 1-3 поверхів.

Зовнішні стіни 1 – 3 поверхів будівлі виконані із повнотілої керамічної цегли. Товщина цегляних стін 510 мм. Зовнішні стіни оштукатурені із внутрішньої сторони.

		Зовнішня стіна	
	$\alpha_e = 8,7 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	$\delta = 0,51 \text{ м}$	$\lambda = 0,81 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}$
	$\alpha_s = 23,0 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	$\delta = 0,02 \text{ м}$	$\lambda = 0,93 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}$
1 - Цегельна кладка (керам. звич. повнотіла) 2 - Вапняно-піщана штукатурка			
		$R = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ $K = 1,24 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	

Для зовнішньої стіни 1-3 поверхів прийнятий термічний опір **$R = 0,81 \text{ °C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$**

б) Зовнішня стіна опалювального підвалу.

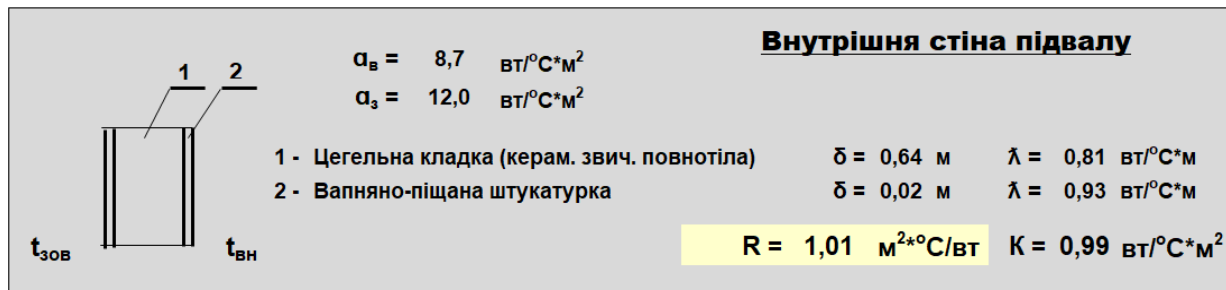
Зовнішні стіни підвального поверху будівлі, що межують із зовнішнім повітрям, виконані із повнотілої керамічної цегли. Товщина цегляних стін 640 мм. Зовнішні стіни оштукатурені із внутрішньої сторони.

		Зовнішня стіна підвалу	
	$\alpha_e = 8,7 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	$\delta = 0,64 \text{ м}$	$\lambda = 0,81 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}$
	$\alpha_s = 23,0 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	$\delta = 0,02 \text{ м}$	$\lambda = 0,93 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}$
1 - Цегельна кладка (керам. звич. повнотіла) 2 - Вапняно-піщана штукатурка			
		$R = 0,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ $K = 1,03 \text{ Вт}/\text{°C} \cdot \text{м}^2$	

Для зовнішньої стіни опалювального підвалу прийнятий термічний опір **$R = 0,97 \text{ °C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$**

Внутрішні стіни опалювального підвалу, що межують з неопалювальним приміщенням підвалу.

Внутрішні стіни опалювальних приміщень підвального поверху будівлі, що межують із неопалювальними приміщеннями підвалу, виконані із повнотілої керамічної цегли. Товщина цегляних стін 640 мм. Стіни оштукатурені із сторони опалювального приміщення.



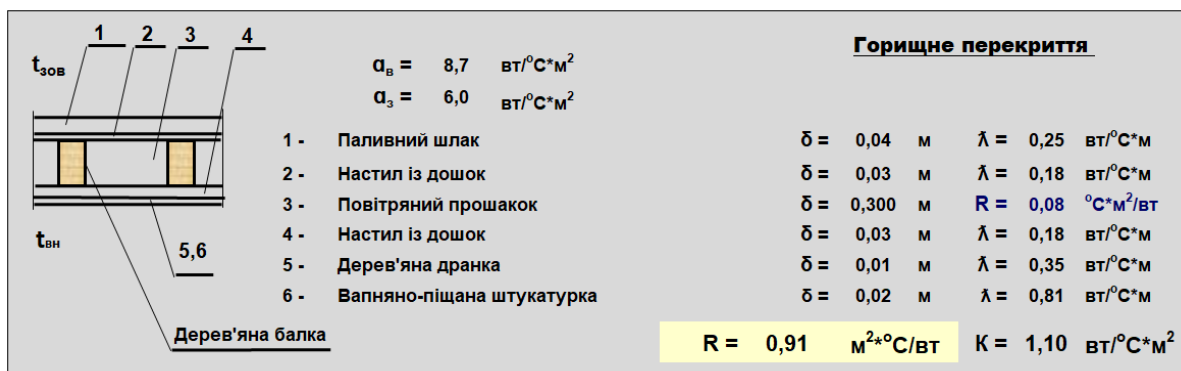
Для зовнішньої стіни опалювального підвалу прийнятий термічний опір **R = 1,01 °С * м²/Вт**

Горищне перекриття.

Будівля школи має неопалювальне горищне перекриття. Більша частина горищного перекриття виконана по залізобетонним плитам. Горищне перекриття над спортивною залом має перекриття виконане по дерев'яним балкам.

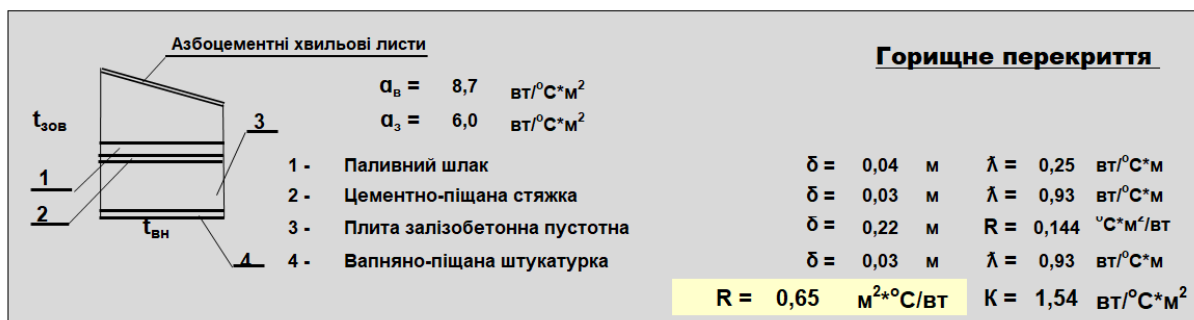
Обидва типи горищних перекриття практично не мають у своєму складі теплоізоляційних шарів.

Має місце шар товщиною 50 – 80 мм, що можливо складається із керамзиту чи паливних шлаків замішаних на будівельному розчині чи глині.



Для горищного перекриття над спортивною залом прийнятий термічний опір

R = 0,91 °С * м²/Вт



Для горищного перекриття виконаного по залізобетонним плитам прийнятий термічний опір

R = 0,65 °С * м²/Вт

Переkritтя над підвалом, що не опалюється.

Переkritтя над підвалом виконане із залізобетонної пустотної плити товщиною 220 мм. Шар теплової ізоляції у конструкції переkritтя відсутній. Виконана із дерева чи лінолеуму підлога розміщується по цементно-піщаній стяжці безпосередньо на плиті переkritтя.

		α		Переkritтя над підвалом			
		$\alpha_{\text{в}} = 8,7$	$\text{Вт/}^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2$	$\delta = 0,01$	$\lambda = 0,38$		
		$\alpha_{\text{з}} = 17,0$	$\text{Вт/}^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2$	$\delta = 0,03$	$\lambda = 0,93$		
	1 - Лінолеум 2 - Цементно-піщана стяжка 3 - Плита залізобетонна пустотна		$\delta = 0,22$	$R = 0,144$	$^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$		
				$R = 0,38$	$\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С}/\text{Вт}$	$K = 2,66$	$\text{Вт/}^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2$

Для переkritтя над підвалом, що не опалюється термічний опір

$$R = 0,38 \text{ } ^{\circ}\text{С} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$$

Вікна будівлі.

У будівлі школи незначна частина вікон замінена на металопластикові віконні блоки із герметичними склопакетами. Решта дерев'яних вікон залишаються незаміненими. Це старі дерев'яні вікна з подвійним роздільним плетінням

Для дерев'яних вікон з подвійним роздільним плетінням* прийнятий термічний опір

$$R = 0,37 \text{ } ^{\circ}\text{С} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$$

**) - Для існуючих дерев'яних вікон коефіцієнт теплопередачі (термічний опір) прийнятий у відповідності до довідкової літератури періоду побудови будівлі: табл. 1.16 «Справочник по теплоснабженню и вентиляции» под редакцией Щекина С. М. 1976 год та інших.*

На встановлені металопластикові віконні блоки технічна документація та проекти на їх встановлення відсутні. В таблиці 3.2 приведені прийняті при проведенні енергетичного обстеження теплотехнічні характеристики металопластикових віконних блоків.

Таблиця 3.2

Найменування віконних блоків	Частка площі обрамлення	Коефіцієнт теплопередачі (прийнятий), $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$			Приведений термічний опір, $\text{К} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$
		обрамлення	склопакет	приведений	
Віконні блоки із герметичними склопакетом	0,18	1,66	1,92	1,87	0,53

Для подальших розрахунків прийнято, що фактичне значення термічного опору для встановлених металопластикових віконних блоків становить $R = 0,53 \text{ } ^{\circ}\text{С} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$.

Зовнішні двері будівлі.

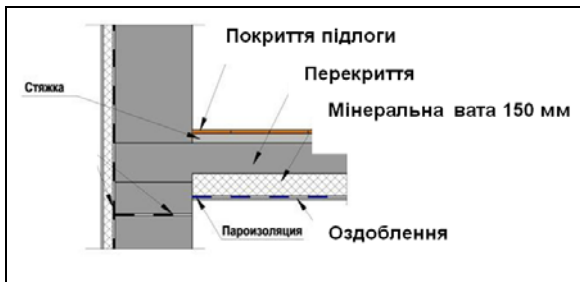
У будівлі школи встановлено 3 одинарних дерев'яних дверей та один металопластиковий дверний блок.

Для одинарних дерев'яних дверей прийнятий термічний опір $R = 0,25 \text{ } ^{\circ}\text{С} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$

**) - Для існуючих дерев'яних дверей коефіцієнт теплопередачі прийнятий у відповідності до довідкової літератури періоду побудови будівлі: табл. 1.16 «Справочник по теплоснабженню и вентиляции» под редакцией Щекина С. М. 1976 год та інших*

Двері в кількості 1 штука – металопластиковий дверний блок із склопакетами.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата	02TK-21-EA				24



Питома вартість матеріалів 1 м² конструкції теплової ізоляції перекриття над неопалювальним підвалом становить близько 550 грн/м²

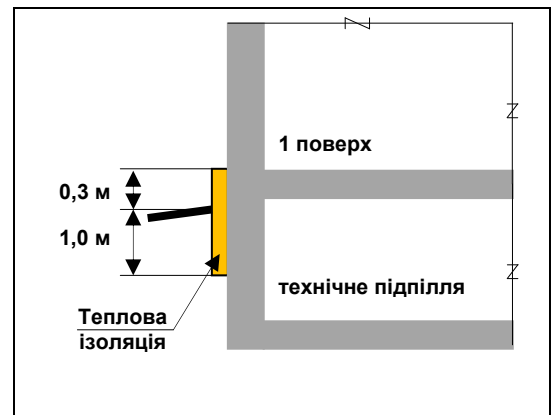
Прийmemo, що вартість робіт по встановленню теплоізоляції перекриттів над підвалами становить близько 20 - 30 % від вартості матеріалів.

Загальна питома вартість теплової ізоляції 1-го кв. метра горищного перекриття становить:

$$550 * 1,3 = \mathbf{750 \text{ грн/м}^2}$$

ЕЗЗ - 1.4. Теплова ізоляція заглиблених та цокольних стін.

Згідно вимог п. 4.10 ДСТУ Б В.26-189:2013 зовнішні заглиблені стінові конструкції у будівлях з підвалом необхідно утеплювати теплоізоляційним матеріалом товщиною не менше 50 мм на глибину 1,0 метр нижче поверхні ґрунту; в разі відсутності підвалу глибина утеплення цокольних стін має становити 0,5 метра. В якості основного теплоізоляційного матеріалу використовується екструдований пінополістирол товщиною 50 мм.



Питома вартість матеріалів 1 м² конструкції теплової ізоляції заглиблених та цокольних стін становить близько 450 грн/м²

Прийmemo, що вартість робіт по встановленню теплоізоляції заглиблених та цокольних стін становить близько 30 - 35 % від вартості матеріалів.

Загальна питома вартість теплової ізоляції 1-го кв. метра горищного перекриття становить:

$$450 * 1,3 = \mathbf{585 \text{ грн/м}^2}$$

ЕЗЗ - 2. Заміна світлопрозорих огорожуючих конструкцій.



До встановлення прийняті вікна, які мають коефіцієнт термічного опору не нижче 0,75 м²*°C/вт. Вікна можуть бути від різних виробників та мати різні позначення, головним є їх якість та термічний опір не нижче вказаного значення.

Питома вартість вікон, що відповідають приведеним вище вимогам становить близько 2200 грн/м².

Вартість робіт по заміні вікон становить близько 20 - 25 % від вартості вікон. Тому загальна питома вартість робіт по заміні вікон становить: 2200 * 1,20 = **2700 грн/м²**.

ЕЗЗ - 3. Заміна зовнішніх дверей.

До встановлення маємо прийняти дверні блоки, що мають коефіцієнт термічного опору не нижче 0,6 м²*°C/вт.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата				
02TK-21-EA									46

Таблиця 6.5.

№ п/п	Найменування матеріалів та обладнання	Од. вим	К-сть	1 Євро = 33,5 грн		
				Вартість з ПДВ		
				Євро		грн
				одиниці	всього	Всього
1. Матеріали та обладнання, в т.ч.						184763
1.1.	Клапан 3-х ходовий VRB3 Ду 32 з ел. рушієм AMV435	шт	1	390	390	13075,05
1.2.	Циркуляційний насос WIL0 (stratos)	шт	2	640	1280	42880,00
1.3.	Конролер з комплектом датчиків	к-кт	1	620	620	20770,00
1.4.	Клапан постійного перепаду тиску	шт	1	1300	1300	43550,00
1.5.	Арматура трубопровідна	к-кт	1	325	325	10887,50
1.6.	Електротехнічні матеріали	к-кт	1	350	350	11725,00
1.7.	Труби, металопрокат, теплова ізоляція	к-кт	1	550	550	18425,00
1.8.	Інші допоміжні та невраховані матеріали	к-кт	1	700	700	23450,00
2. Монтажні роботи.						83143
3. Розробка проектної документації.						18000
4. Пусконаладжувальні роботи.						12500
Всього за розділами 1-4 (з ПДВ):						298406

Вартість встановлення ІТП становить біля **298,400 тис. грн.**

ЕЗЗ-6. Впровадження сучасного вентиляційного обладнання і вентиляційних систем із застосування теплової утилізації тепла витяжного повітря.

Забезпечення у приміщеннях громадських будівель нормативного повітрообміну є обов'язковою задачею, яка має входити до складу робіт по проведенню термомодернізації. Реалізацію цього заходу неможливо беззаперечно віднести до тих заходів, які знижують споживання енергоносіїв. Але будівлі, що мають стати будівлями підвищеної енергоефективності, не можуть бути такими без забезпечення оптимальних (в крайньому випадку допустимих) умов обміну повітря.

У питаннях методології організації повітрообміну у громадських будівлях відбулись глобальні зміни. Якщо вентиляція будівель, збудованих за останні 40-60 років, базується на відсутності герметичності огорожень, подачі свіжого зовнішнього повітря у приміщення через нещільності вікон та використання природної витяжки, то сучасна вентиляція має функціонувати в герметичних будівлях. Вентиляція герметичних будівель має бути механічною та автоматизованою. Крім того, тепло витяжного повітря має утилізуватись з високим рівнем ефективності.

Питання організації оптимального повітрообміну є одним із основних у процесі планування термомодернізації.

В Україні, на відмуну від країн ЄС, рівень обізнаності щодо безпеки недостатнього повітрообміну не досить високий. Тому фінансування проектів забезпечення оптимального повітрообміну не розглядаються як пріоритетні. Це ускладнює процеси організації ефективної термомодернізації.

В разі неможливості комплексного впровадження сучасної вентиляції при реалізації проектів термомодернізації необхідно, на умовах капітального ремонту, проводити роботи по відновленню функціонування існуючих природних систем вентиляції. Існуюча відремонтована природна вентиляція має забезпечувати хоча б мінімальний повітрообмін та експлуатуватись до впровадження енергоефективної автоматизованої сучасної вентиляції.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата				
									52

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій 10,8 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 19,3 років
- чиста приведена вартість NPV 95,3 тис. грн
- внутрішня норма дохідності IRR 6,9%
- дисконтований індекс дохідності 1,02

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проекту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%; 10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	5297,00			
2	Річна економія	тис. грн	489,38			
4	Простий термін окупності	років	10,8			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,3	14,5	19,3	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	2705,1	1353,9	95,3	-1130,6
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,9	6,9	6,9	6,9
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,51	1,26	1,02	0,79

В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проекту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проект 2648,50 тис. грн;
- інвестор інвестує 2648,50. грн

Всього: 5297.00 тис. грн

На рисунку 7.5 приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 2,649 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 6,9 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,9$ роки).

ДОДАТКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ АТЕСТАТ

№ СБ-0043

Цей кваліфікаційний атестат засвідчує, що

ПАРАСОЧКА СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

на підставі рішення атестаційної комісії Одеської національної академії зв'язку ім. О.С.Попова від 25.01.2019 року № СБ-0043 має право провадити діяльність з проведення аудиту енергетичної ефективності будівель.

Строк дії кваліфікаційного атестату до 25 січня 2024 р.

Голова атестаційної комісії

д.т.н., професор



А.Ф. Кадацький

м. Одеса

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ АТЕСТАТ

№ ІС-0043

Цей кваліфікаційний атестат засвідчує, що

ПАРАСОЧКА СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

на підставі рішення атестаційної комісії Одеської національної академії зв'язку ім. О.С.Попова від 25.01.2019 року № ІС-0043 має право провадити діяльність з обстеження інженерних систем будівель.

Строк дії кваліфікаційного атестату до 25 січня 2024 р.

Голова атестаційної комісії

д.т.н., професор



м. Одеса

А.Ф. Кадацький
А.Ф. Кадацький

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ

для виконання енергетичного аудиту для громадської будівлі:

Світловодська загальноосвітня школа I-III ступенів № 1 Світловодської міської ради

Кіровоградської області

(Найменування громадської будівлі)

1. Адреса громадської будівлі (закладу)

Кіровоградська область, м. Світловодськ, вул. Вадима Бойка, 8

2. Керівники та контактні особи

Посада, П.І.Б.	Телефон	E-mail
Директор школи Климчук Ольга Анатоліївна	096 399 16 05	
Завгосп Наталія Миколаївна	098 492 94 19	

3. Дата здачі будівлі в експлуатації. Дати проведення капітальних ремонтів та модернізації.

Дата	Первинна здача в експлуатації або виконані роботи	
1957 р	Корпус 1 (основна будівля) – здача в експлуатацію	<i>Капітальні ремонти на жодній із будівель не проводились</i>
1975 р	Корпус 2 (бібліотека) – здача в експлуатацію	
1957 р	Корпус 3 (майстерня) – здача в експлуатацію	

4. Кількість місць

Розрахункова кількість	Фактична кількість
400 (інформація від замовника)	240

Примітка: Згідно даних сайту <https://kr.isuo.org/ru/schools/view/id/14243> інформаційної системи управління освітою Кіровоградської області нормативна кількість місць – 354; фактична кількість учнів - 242

5. Кількість працівників у закладі (будівлі)

У школі працюють 44 осіб педагогічних та технічних працівників

6. Графік роботи закладу

Кількість днів роботи на тиждень	5
Кількість днів роботи на рік	250 – всього; 175 – учбовий процес
Кількість годин роботи за добу	10

6а. Графік роботи окремих підрозділів закладу (глядацька зала)

Кухня працює з 7 год 00 хв до 16 год 00 хв

7. Будівлі, що опалюються та входять до складу закладу

№ п/п	Найменування будівлі	Наявність виконаних енергетичних аудитів (+/-)
1	Корпус 1 (основний корпус)	-
2	Корпус 2 (бібліотека та господарські приміщення)	-
3	Корпус 3 (майстерня)	-

**) – з 2016 року через аварійний вихід з ладу теплових мереж корпус 3 не опалюється*

8. Проекти, креслення будівлі та інша технічна документація доступна для користування

№ п/п	Найменування документації
1	Технічний паспорт будівлі
2	Опитувальний лист (складений спільно персоналом школи та енергоаудитором)
	Будь-яка інша технічна та проектна документація відсутня

9. Чи проводились технічні обстеження будівлі із складанням паспорту об'єкту у відповідності до вимог Постанови КМУ від 12.04.2017 № 257

Технічні обстеження будівель та енергетичний аудит будівель не проводився

10. Геометричні характеристики будівлі

Загальна площа будівлі, м ²	1883,9
Загальний об'єм будівлі, м ³	6849,6
Кількість поверхів	3
Кількість входів	4

Під частиною будівлі школи розміщений підвал. Будівля школи має горіщне перекриття

11*. Огороджуючі конструкції будівлі

11.1. Зовнішні стіни

Зовнішні стіни будівлі корпусу 1 школи виконані із повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Товщина цегляної кладки стін 510 мм. Стіни мають внутрішню штукатурку із вапняно-піщаного розчину товщиною 20 мм. Зовнішнє облицювання або штукатурка відсутні .

Зовнішні стіни будівлі корпусу 2 школи (бібліотека) виконані із силікатної цегли на цементно-піщаному розчині. Товщина цегляної кладки стін 380 мм. Стіни мають внутрішню штукатурку із вапняно-піщаного розчину товщиною 20 мм. Зовнішнє облицювання або штукатурка відсутні .

11.2. Світлопрозорі огороджуючі конструкції (вікна)

У будівлі школи 94 вікна, в тому числі: 11 – металопластикові віконні блоки..

Замінені вікна мають не досить високі теплотехнічні показники. Технічна документація на віконні блоки відсутня.

11.3. Зовнішні двері

У будівлі встановлено 4 дверей. в тому числі:

- одинарні дерев'яні старі двері – 3 шт;
- пластикові вхідні двері – 1 шт;

11.4. Горіщне перекриття неопалювального горища

Горіщне перекриття будівлі школи виконане по залізобетонним пустотним плитам . Над приміщенням спортивної зали горіщне перекриття виконане по дерев'яним балкам. Ефективні теплоізоляційні матеріали у конструкції горищного перекриття відсутні. Покриття будівлі (азбоцементні хвильові листи) має багато дефектів.

11.5. Суміщене перекриття

Суміщені перекриття у будівлях школи відсутні

11.6. Перекриття над неопалювальним підвалом

Перекриття над підвалом будівлі залізобетонне, тепла ізоляція перекриття відсутня

11.7. Інші огорожуючі конструкції

Інші огорожуючі конструкції відсутні.

**) – Для огорожуючих конструкцій будівлі надається така інформація:*

- ✓ матеріали та кількість шарів зовнішніх стін;
- ✓ конструкція, наявність утеплюючих шарів та товщина перекриттів;
- ✓ опис вікон із вказанням загальної кількості вікон та кількості вікон, що замінені на метало-пластикові блоки (вказати тип блоків та надати технічні паспорти на встановлені блоки); В разі встановлення металопластикових дверних блоків аналогічна інформація надається на дверні блоки.
- ✓ для підлоги на ґрунті вказується наявність утеплюючих шарів та матеріал підлоги.

12. Інженерні системи будівлі. Джерело теплової енергії

12.1. Система опалення та джерело теплової енергії

Вид та тип системи опалення, теплоносій, гідравлічний режим, тип регулювання температури повітря у приміщеннях. Кількість та тип нагрівальних приладів. Наявність запірної та регулюючої арматури та теплової ізоляції трубопроводів. Джерело теплової енергії, вид енергоносія та параметри генерації тепла. Інформація про облік енергоносіїв.

Теплопостачання переважної більшості громадських будівель та багатоквартирних житлових будинків у місті Світловодську здійснює підприємство СП ТОВ «СвітловодськПобут».

Підприємство експлуатує 6 котелень.

Має місце незадовільна подача теплової енергії, що є причиною низької температури у приміщеннях школи. Періоди незадовільної подачі тепла мають місце досить часто, особливо це є характерним для початку опалювального періоду.

Комунікації теплопостачальної організації з персоналом школи та міською владою ускладнена. Цей факт суттєво погіршує ситуацію.

Достовірна інформація про розрахунковий температурний графік відпуску тепла відсутня.

Договір на постачання теплової енергії такої інформації не містить. Можливо передбачувати, що таким графіком може бути 95/70°C або 115/70°C. Враховуючи, що на вводі теплотраси у будівлю встановлений елеватор можливо передбачити, що розрахунковим графіком є графік 115/70°C.

Система опалення будівель виконана із сталевих труб. На системі опалення встановлені чавунні радіатори М-140. Система опалення однотрубна з верхнім розведенням. Подаючі магістральні трубопроводи системи опалення прокладені на горищі, зворотні магістралі - у підвалі (у частині будівлі, що має підвал). В іншій частині будівлі магістральні трубопроводи прокладені у каналах, розміщених під підлогою першого поверху. Прокладанні трубопроводів у непрохідних каналах без теплової ізоляції без доступу для обслуговування суттєво ускладнює експлуатацію, враховуючи, що вік системи опалення становить більше 60-ти років. Магістральні трубопроводи систем опалення мають неякісну теплову ізоляцію, яка зазнала значного руйнування.

Технічна документація на системи опалення відсутня. На системах опалення відсутня регулююча та запірні арматура. Прогрів приміщень нерівномірний. У найбільш віддалених від вводу приміщеннях середня температура значно нижче нормативної. У школі ведеться щоденний контроль температури у приміщеннях із записом у спеціальному журналі.

Ввід тепла здійснюється у підвал основної будівлі. На вводі тепла встановлений тепловий лічильник.

Стан опалення не можна охарактеризувати, як задовільний.

12.2. Система охолодження

Інформація про систему охолодження та її технічні параметри.

Система охолодження у будівлі школи відсутня.

12.3. Система вентиляції

Інформація про природну та механічні системи вентиляції

З точки зору забезпечення санітарно-гігієнічних та мікрокліматичних умов у будівлях школи найбільшу стурбованість викликає повітрообмін у приміщеннях, а точніше практично відсутність повітрообміну.

Проектом передбачалась така організація повітрообміну у приміщеннях будівлі: для здійснення витяжки передбачалась розгалужена мережа витяжних каналів, об'єднаних горизонтальними збірними каналами (на горищі будівлі) та витяжні шахти на даху будівлі; подача припливного повітря - через щілини вікон;

у приміщенні кухні мала бути передбачена механічна витяжка.

Система витяжних каналів частково зруйнована, потребує ревізії та очищення. Більша частина витяжних решіток заклеєна шпалерами.

Механічна витяжна вентиляція кухні (із встановленням пристроїв місцевої витяжки від місць приготування їжі та миття посуду) відсутня, натомість у зовнішній стіні встановлений один витяжний осьовий вентилятор.

Загальний стан повітрообміну будівлях школи вкрай незадовільний.

12.4. Система гарячого водопостачання

Джерело гарячої води, споживачі гарячої води, режим роботи системи гарячого водопостачання.

Характеристика системи розподілення гарячої води (характеристика трубопроводів та наявність циркуляційного контуру). Наявність обліку споживання гарячої води

Система гарячого водопостачання у будівлі школи відсутня за виключенням наявності ємкісного електричного водопідігрівача ємністю 80 літрів, що встановлений у приміщенні кухні.

Ще один такий же електробойлер встановлений для умивальників туалетних приміщень.

12.5. Система освітлення будівлі

Вказати кількість світильників та кількість ламп. Тип та потужність ламп. Час роботи.

У будівлі основного корпусу школи встановлено 250 освітлювальних приладів, в тому числі:

- близько 70% лампи розжарювання потужність близько 75 – 100 вт;
- решта світлодіодні світильники.

12.6. Система електропостачання будівлі

Вказати основних споживачів електричної енергії та їх потужність. Графік роботи основних споживачів.

Інформація про облік споживання електричної енергії та наявність диференційованого обліку по видам споживання.

Споживачами електричної енергії у будівлі школи є: освітлення, комп'ютери та інше офісне обладнання, обладнання кухні. Переважна частина електричної енергії від загальної кількості, споживає обладнання кухні. Все варочне обладнання кухні застаріле та не відповідає сучасним вимогам.

12.7. Система водопостачання

Наявність обліку споживання води та загальний опис системи водопостачання.

Водопостачання здійснюється від міської мережі. Облік споживання води наявний.

13. Загальна оцінка власником будівлі якості функціонування інженерних систем та забезпечення у будівлі мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов.

Забезпечення мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов у будівлі школи є не досить задовільним:

- температурний режим у приміщеннях будівлі не рівномірний та недостатній;
- повітрообмін у приміщеннях школи вкрай незадовільний;
- гаряче водопостачання недостатнє;
- охолодження відсутнє.

14. Інформація про проведення контролю мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов контролюючими органами

Незалежний контроль мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов у дитячих закладах міста практично не ведеться.
У школі здійснюється щоденний вибірковий контроль температури приміщень станом на 8 годин ранку.

**15. Інформація про фактичне споживання енергоносіїв та тарифів на енергоносії за 2018-2020 рр
Форма для інформації приведена у додатку до Попереднього опитувального листа**

16. Дата початку та кінця опалювальних періодів 2018-2020 років

2018 рік: з 1 січня по 2 квітня; з 31 жовтня по 31 грудня;
2019 рік: з 1 січня по 9 квітня; з 28 листопада по 31 грудня;
2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 29 жовтня по 31 грудня.

17. Інформація про персонал, що обслуговує інженерні мережі будівлі

Вказати назви посад, кількість робочих місць, фонд оплати, функції персоналу.

Відповідальним за експлуатацію будівлі та інженерних систем будівлі є завгосп школи. У підпорядкуванні завгоспа працює робітник з комплексного обслуговування будівлі.

18. Інформація щодо ведення у громаді енергетичного менеджменту

Наявність енергетичного менеджменту (чи суміщує енергоменеджер функції енергоменеджера з іншими функціями), фонд оплати енергоменеджера. Кількість об'єктів (будівель) у громаді, що обслуговуються енергоменеджером.

В місті є посада енергоменеджера.

19. Інша інформація, що стосується питань споживання енергії та забезпечення у будівлі мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов

Енергетичні аудити та енергетичні оцінки будівель громади не проводились.

Відповідальний _____

(дата)

Щомісячне споживання енергоресурсів ЗОШ № 1 м. Світловодськ

Вода, м³

Рік	Місяць												Всього за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017	25	67	70	65	60	79	32	44	64	97	48	51	702
2018	37	39	27	38	58	58	33	44	65	68	57	67	591
2019	31	47	50	43	53	56	31	22	35	79	32	43	522
2020				8	6	11	16	20	38	60	41	65	265

Теплова енергія, Гкал

Рік	Місяць												Всього за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017	46,87	40,1	24,7							2,14	29,06	27,6	170,47
2018	41,5	36,2	37,9							0,12	33,98	40,3	190,00
2019	49,5	32,9	22,3	1,39								60,4	166,49
2020			3,0							0,52	50,04	23,5	77,06

Електроенергія, Квт*год

Рік	Місяць												Всього за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017	854	1544	1402	716	907	711	282	231	485	983	1018	1331	10464
2018	767	1450	709	1075	805	487	156	92	444	840	1230	1285	9340
2019	481	1187	908	1247	977	653	153	150	458	950	1350	1210	9724
2020	1248	1526	1156	433	372	267	159	209	849	932	1217	1205	9573

Кількість учнів по роках

Рік	Нормативна кількість	Фактична кількість
2017	400	257
2018	400	266
2019	400	241
2020	400	241

Р О З Р А Х У Н О К

нормативного повітрообміну для будівлі Світловодської ЗОШ № 1

При проведенні енергетичних оцінок будівель важливим фактором, що впливає на показники енергетичної ефективності будівель, є нормативний середній за опалювальний період повітрообмін будівлі (нормативна середня за опалювальний період кратність повітрообміну).

Необхідно розділяти поняття нормативного повітрообміну у робочий час та нормативного середнього повітрообміну будівлі за опалювальний період.

Нормативний повітрообмін, що має забезпечуватись у робочий час будівлі визначається будівельними нормами та встановлюється проектом на будівництво. Нормативний середній за опалювальний період повітрообмін має враховувати повітрообмін на протязі всього опалювального періоду (з урахуванням робочого та неробочого часу).

Середній за опалювальний період норматив повітрообміну є досить важливим та відповідальним показником, що суттєво впливає на результати енергетичної оцінки будівель.

Проведемо розрахунки нормативного (середнього за опалювальний період) повітрообміну у будівлі закладу у відповідності до наступних вихідних даних:

Вихідні дані.

1.	Опалювальна площа будівлі	1816,7 м ²
2.	Опалювальний об'єм будівлі	6635,7 м ³
4.	Нормативна кількість учнів	(250-280)*
5.	Фактична спискова кількість учнів	240
6.	Кількість працівників у будівлі головному корпусу закладу	44
7.	Загальна тривалість опалювального періоду	178 діб
8.	Кількість діб роботи закладу в опалювальний період	130 діб

**) – нормативна чисельність місць, розрахована за нормою 2,4 кв. метри учбових приміщень на одного учня, згідно вимог ДБН В.2.2-3:2018 «Навчальні заклади»*

Основними потенційними забрудненнями повітря приміщень громадських будівель є вуглекислий газ, що являється продуктом життєдіяльності людей. Іншими забрудненнями можуть бути виділення від будівельних та оздоблювальних матеріалів, що використовуються у приміщеннях. На відміну від виділень CO₂, що постійно мають місце при наявності людей у приміщеннях, виділення від будівельних та оздоблювальних матеріалів є величиною нестабільною та при певних умовах експлуатації будівель можуть бути мінімальними або взагалі відсутніми.

Згідно «Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель», затверджених наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 р № 261 розрахункове значення усередненої за часом витрати вентиляційного повітря для будівлі має розраховуватись згідно додатку Х ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» використовуючи мінімальну витрату повітря, що визначається для оптимальних умов мікроклімату.

Мінімальна витрата зовнішнього повітря (L, дм³/сек) визначається за формулою: $L = nq_p + Sq_e$

де:

$n = 300$ – кількість людей у будівлі (прийнято);

$q_p = 7$ – мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину (оптимальні умови), $\text{дм}^3/\text{сек} \cdot \text{люд}$;

$S = 1816,7$ – загальна площа приміщень, м^2 ;

$q_e = 0,35$ – мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень (при низькому рівні забруднень) $\text{дм}^3/\text{сек} \cdot \text{м}^2$.

$$L = (300 \cdot 7) + (1816,7 \cdot 0,35) = 2100 + 636 = 2736 \text{ дм}^3/\text{сек} \quad (9850 \text{ м}^3/\text{год})$$

Розрахунковий повітрообмін будівлі (для проектування вентиляції) має становити **9850 $\text{м}^3/\text{год}$** ,

Середній розрахунковий за опалювальний період повітрообмін має становити:

$$L = 9850 \cdot [(130 \cdot 8)/(178 \cdot 24)] = 9850 \cdot (1040/4272) = 2398 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну будівлі становить:

$$K = 2398/6635,7 = 0,36$$

В якості повірочного розрахунку Можливо і абсолютно логічно можна застосувати класичну методологію визначення повітрообміну, що враховує надходження забруднюючих речовин у приміщення, допустиме значення концентрації забруднень та концентрацію забруднюючих речовин у зовнішньому повітрі. Повірочний розрахунок проведемо виходячи із боротьби виключно із вуглекислим газом. Виходячи із сказаного формула для розрахунку буде мати вигляд:

$$L = G_{\text{CO}_2} / (C_{\text{Гд}} - C_{\text{зов}}) \text{ м}^3.$$

де, G_{CO_2} - кількість CO_2 , виділяється людьми, мг ;

$C_{\text{Гд}}$ – гранично допустима концентрація CO_2 у повітрі приміщень, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{зов}}$ – концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$;

*Протягом опалювального періоду у приміщеннях закладу в середньому фактично перебуває 300 людей, кожна людина виділяє 18 літрів вуглекислого газу, або **33000 $\text{мг}/\text{год}$** . Концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі Краснопілля – біля 400 ррт (**740 $\text{мг}/\text{м}^3$**). Гранично-допустима концентрація CO_2 у повітрі приміщень 1000 ррт (**1848 $\text{мг}/\text{м}^3$**).*

Потреба чистого повітря за опалюваний період (130 діб) для забезпечення у приміщеннях будівлі концентрації CO_2 не вище 1000 ррт визначається за формулою:

$$\sum L_{\text{о.п}} = (33000 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 130) / (1848 - 740) = 9292419 \text{ м}^3$$

Середньо годинний розрахунковий повітрообмін за опалювальний період:

$$L = 9292419 / (178 \cdot 24) = 2175 \text{ м}^3/\text{год}$$

де, 178 – тривалість опалювального періоду, діб;

24 – кількість годин в добу, год

8 – кількість годин перебування розрахункової кількості учнів у школі

Норматив середньої за опалювальний період кратності повітрообміну будівлі школи для фактичної чисельності учнів $K = 2175/6635,7 = 0,33$ крата.

Вище визначена середня за опалювальний період кратність повітрообміну у будівлі закладу.

Виконаємо оцінку розрахункового (для будівлі в цілому для фактичної кількості учнів) максимального годинного повітрообміну (по CO_2), що розраховується за формулою:

$$L_{\text{год}} = (33000 \cdot 300) / (1848 - 740) = 8935 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Проведені розрахунки (основний і повірочний) показують логічність та практичне співпадіння отриманих результатів. Для подальших розрахунків енергетичних показників приймемо:

- розрахунковий повітрообмін систем вентиляції будівлі – **9850 $\text{м}^3/\text{год}$**
- розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну **$K = 0,36$**

ПОВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК витрат теплової енергії на опалення будівлі бібліотеки (корпус №2)

При виконанні енергетичного аудиту проводиться енергетична оцінка основної будівлі школи № 1 міста Світловодська. При проведенні енергетичних оцінок проводиться аналіз фактичного споживання тепла для потреб опалення. Лічильник теплової енергії встановлений у основному корпусі (корпусі № 1) та враховує витрати тепла для корпусу № 1 та корпусу № 2.



Для отримання інформації про фактичне споживання тепла корпусом №1 необхідно від інформації теплового лічильника про сумарне споживання тепла за рік відняти річне споживання тепла корпусу №2, визначене розрахунковим методом.

Корпус №2 у школі прийнято іменувати «гараж», бо у попередній віддалений період у цій будівлі дійсно розміщувався гараж. Зараз приміщення гаражу використовується як допоміжне господарське приміщення, крім того у будівлі розміщується бібліотека.

Методика проведення повірного розрахунку.

В цьому енергетичному обстеженні при оцінці розрахункового споживання тепла при опаленні існуючих будівель використана класична методологія. Згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» при визначенні розрахункового споживання тепла на обігрів будівель та теплових навантажень на системи опалення слід враховувати тепловий баланс між втратами тепла та тепловими надходженнями, а саме:

- втратами теплоти через огорожувальні конструкції ($Q_{ок}^{рік}$);
- витратами теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення за рахунок інфільтрації або шляхом організованого припливу для вентиляції приміщень ($Q_{вент}^{рік}$);

- побутовими надходженнями - надходженням теплоти, що регулярно поступають у приміщення від електричних приладів, приладів освітлення, технологічного обладнання, трубопроводів, людей та інших джерел ($Q_{\text{вн.п}}$);

Тепловий баланс будівлі визначається формулою: $Q_{\text{оп}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вн.п}} = Q_{\text{ок}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вент}}^{\text{рік}}$

де, $Q_{\text{оп}}^{\text{рік}}$ – річна витрата теплової енергії будівлею.

$$Q_{\text{оп}}^{\text{рік}} = (Q_{\text{ок}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вент}}^{\text{рік}}) - Q_{\text{вн.п}}$$

Річна втрата тепла огорожувальними конструкціями будівлі визначається за формулою:

$$Q_{\text{ок}}^{\text{рік}} = Q_{\text{ок}}^{\text{год}} * 24 * n_{\text{оп}} * [(t_{\text{в}} - t_{\text{з}}^{\text{р}})/(t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}})]$$

Розрахунок втрат тепла через зовнішні огорожувальні конструкції здійснюється за загальновідомою та загальноприйнятою формулою:

$$Q_{\text{ок}}^{\text{год}} = F * (t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_{\text{з}}^{\text{р}}) * K * (1 + \sum \beta) * n$$

де, F – розрахункова поверхня огорожувальної конструкції, м^2

$t_{\text{в}}^{\text{р}}$ – розрахункова температура в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{з}}^{\text{р}}$ – розрахункова температура зовні опалювального приміщення, $^{\circ}\text{C}$

$K=1/R$ – коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій, $\text{вт}/\text{м}^2 * ^{\circ}\text{C}$

R – коефіцієнт опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, $\text{м}^2 * ^{\circ}\text{C}/\text{вт}$

$\sum \beta$ – додаткові втрати тепла в частках від основних теплових втрат (Для вертикальних огорожувальних конструкцій, орієнтовані на північ, схід, півн-схід, та півд.-захід $\beta = 0,1$; для кутових приміщень $\beta = 0,05$)

n – коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій по відношенню до зовнішнього повітря (наприклад, для горіщого перекриття $n = 0,9$, для зовнішніх стін і вікон $n = 1$)

Коефіцієнти термічного опору огорожувальних конструкцій визначаються за формулою:

$$R = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_{\text{з}}$$

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\text{вт}/\text{м}^2 * ^{\circ}\text{C}$

$\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\text{вт}/\text{м}^2 * ^{\circ}\text{C}$

δ – товщина кожного шару огорожувальних конструкцій, м

λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності кожного шару конструкції, $\text{вт}/\text{м} * ^{\circ}\text{C}$

Річна витрата теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє у будівлю за рахунок інфільтрації або шляхом організованого припливу для вентиляції приміщень.

Річна витрата теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення за рахунок інфільтрації або шляхом організованого припливу для вентиляції приміщень має визначатись формулою:

$$Q_{\text{вент}}^{\text{рік}} = V_{\text{буд}} * K_{\text{по}} * C_{\text{п}} * \rho_{\text{п}} * (t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}}) * 24 * n_{\text{оп}}$$

де, $V_{\text{буд}}$ – об'єм опалювальних приміщень будівлі, м^3

$K_{\text{по}}$ – кратність повітрообміну

$C_{\text{п}} = 0,28$ – теплоємність повітря, $\text{Вт}/\text{кг} * ^{\circ}\text{C}$

$\rho_{\text{п}} = 1,25$ – густина (питома маса) повітря при атмосферному тиску та температурі $+10^{\circ}\text{C}$.

$n_{\text{оп}}$ – розрахункова тривалість опалювального періоду, діб

Побутові надходження тепла у приміщення громадських будівель. визначається у відповідності до методології ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні». Врахуванню підлягають теплові надходження у будівлі від внутрішніх джерел: людей, освітлення, обладнання.

Таблиця 6 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 встановлює рекомендовані нормативи внутрішніх надходжень тепла для громадських будівель:

Найменування будівель	Графік використ. будівлі год/тижд	Внутрішні теплові надходження, Вт/м ²			
		від людей	від освітлення	від обладнання	ВСЬОГО
Адміністративні будівлі	50	4,0	7,0	6,0	17,0
Навчальні заклади	50	7,0	7,0	6,0	20,0
Дитячі дошкільні заклади	50	7,0	7,0	3,0	17,0
Охорона здоров'я (денні)	50	2,7	7,0	6,0	15,7
Охорона здоров'я (стаціон.)	168	2,7	7,0	6,0	15,7
Культурно - розважальні	56	5,0	8,0	2,0	15,0

Примітка: В таблиці вказані максимально-можливі значення питомих теплових надходжень. Значення питомих теплових надходжень може змінюватись в залежності від рівня заповнюваності закладу, застосування енергоощадних освітлювальних приладів, типу складу обладнання, що застосовується.

Внутрішні теплові надходження у будівлю визначаються за формулою:

$$Q_{вн} = A_f * \Phi * (n_{дїб} / 7) * n_{год} * 10^{-3} \text{ кВт*год/рік}$$

де, A_f – опалювальна площа будівлі, м²;

Φ – питомі внутрішні теплові надходження, Вт/м²;

$n_{дїб}$ – тривалість опалювального періоду, дїб;

$n_{год}$ – тривалість використання будівлі, год на тиждень

Приведена вище методологія розрахунку витрат теплової енергії для потреб опалення визначає кількість теплової енергії, що необхідна для компенсації втрат тепла огороженнями будівлі та для нагріву повітря, що поступає у приміщення, для забезпечення у будівлі необхідного температурного режиму. Визначена за приведеною методологією кількість теплової енергії носить назву енергопотреба. Енергопотреба – це енергія, яка використовується у будівлі корисно, тобто без врахування втрат теплової енергії.

Втрати енергії при здійсненні опалення мають місце при генеруванні та/або розподіленні тепла, при транспортуванні тепла та при передачі тепла приміщенням.

У відповідності до методології ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та з урахуванням досвіду проведених енергоаудитором досліджень потенційні втрати теплової енергії при здійсненні опалення будівель можливо оцінити наступним чином (в % від енергопотреби):

- ✓ Генерація та/або розподілення (наявність власного генератора тепла та рівень його автоматизації), стан автоматизації індивідуального тепlopункту 2 – 15 %
 - ✓ Наявність трубопроводів, прокладених в неопалювальних приміщеннях, наявність теплової ізоляції трубопроводів та її якість 2 - 13 %
 - ✓ Тип та спосіб встановлення нагрівальних приладів, наявність автоматичного регулювання тепловіддачі 0,5 - 2 %
- Всього: 2,5 – 30 %**

В залежності від особливостей системи опалення, що встановлюються при обстеженні будівель значення коефіцієнта втрат теплової енергії може становити $K = 1,20 - 1,30$

Енергопотреба при опаленні визначається за принципом:

$$\boxed{\text{Енергоспоживання}} = \boxed{\text{Енергопотреба}} \times \boxed{K}$$

де, K – коефіцієнт втрат теплової енергії при генерування, розподіленні, транспортуванні та тепловіддачі.

В цьому розрахунку прийнято $K = 1,20$

При проведенні повірочного розрахунку за базовий рік прийнятий **2019 рік**. Сумарне споживання теплової енергії за показниками теплового лічильника становлять **166,49 Гкал**.

Фактична тривалість опалювального періоду в 2019 році – **133 доби**.

Середня температура опалювального періоду **+1,6°C**.

У відповідності до приведеної вище методології всі розрахунки приведені нижче у табличному вигляді.

Огороджувальні конструкції корпусу №2 мають такі теплотехнічні характеристики:

- ♣ Зовнішні стіни: цегляні товщиною 380 мм з внутрішньою штукатуркою $R = 0,67 \text{ м}^{2\cdot\circ}\text{C/вт}$.
- ♣ Горищне перекриття (конструкція невідома) прийнято $R = 0,75 \text{ м}^{2\cdot\circ}\text{C/вт}$.
- ♣ Вікна дерев'яні (роздільне скління на одній рамі) $R = 0,35 \text{ м}^{2\cdot\circ}\text{C/вт}$.
- ♣ Двері дерев'яні одинарні $R = 0,25 \text{ м}^{2\cdot\circ}\text{C/вт}$.
- ♣ Ворота металеві одинарні неутеплені $R = 0,35 \text{ м}^{2\cdot\circ}\text{C/вт}$.

ВИХІДНІ ДАНІ

№ п/п	Найменування показників		Розмір- ність	Значення показників	
				Існуючий стан*	Розраунк. показники
Загальна інформація про будівлю					
1	Рік здачі будівлі в експлуатацію			1975	
2	Кількість поверхів			1	
3	Опалювальна площа будівлі	A_f	м ²	209,4	
4	Опалювальний об'єм будівлі	V	м ³	720,4	
5	Кількість діб роботи за рік		діб	175	
	в тому числі в опалювальний період		діб	140	
6	Кількість годин роботи за добу		год	10	
7	Рік, що прийнятий у якості базового для аналізу		рік	2019	
Розрахункові кліматичні та метеорологічні параметри					
1	Розрахункова температура зовнішнього повітря	t_z	°C	-22,0	
2	Розрахункова середня температура опалювальн. пер.	t_z^{cp}	°C	1,6	-0,4
3	Тривалість опалювального періоду	$n_{дів}$	діб	133	178
4	Середня температура у будівлі при опаленні	t_e	°C	17,0	19,0
Геометричні та теплотехнічні характеристики огорожень будівлі					
1	Площа зовнішніх стін	F	м ²	146,0	
2	Площа вікон	F	м ²	28,6	
3	Площа горищного перекриття	F	м ²	209,40	
4	Площа дверей	F	м ²	2,1	
5	Площа металевих воріт	F	м ³	27,4	
6	Площа підлоги на ґрунті	F	м ²	209,4	
7	Термічний опір зовнішніх стін	R	м ² x К/Вт	0,67	
8	Термічний опір вікон	R	м ² x К/Вт	0,35	
9	Термічний опір горищного перекриття	R	м ² x К/Вт	0,75	
10	Термічний опір дверей	R	м ² x К/Вт	0,25	
11	Термічний опір металевих воріт	R	м ² x К/Вт	0,22	
12	Термічний опір підлоги на ґрунті	R	м ² x К/Вт	8,0	
Експлуатаційні технічні характеристики інженерних мереж будівлі					
1	Середня кратність повітрообміну у будівлі**	K	крат	0,075	-
2	Графік використання будівлі		год/тижд	50	50
3	Норма теплових надходжень	Φ	Вт/м ²	7	7

*) - приймаються дані середні за 2019 рік

***) - оціночні значення кратності повітрообміну для існуючого стану будівлі прийняті на основі аналізу матеріалів візуального обстеження

Оцінка енергоспоживання існуючою будівлею при опаленні та вентиляції

Оцінка годинного енергоспоживання трансмісією $Q_{\text{транс}}$ (існуючий стан)

Найменування огорожень	$Q_{\text{опал}} = F \cdot (t_e - t_z) \cdot K \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n$						Енергоспоживання $Q_{\text{транс}}$ Вт x год	
	F м ²	t_e °C	t_z °C	$K=1/R$ Вт/м ² хК	$\sum \beta$	n		
Зовнішні стіни	146,0	17,0	-22,0	1,49	1,1	1	9348	
Вікна	28,6	17,0	-22,0	2,86	1,1	1	3506	
Горищне перекриття	209,4	17,0	-22,0	1,33	1	0,9	9800	
Двері	2,1	17,0	-22,0	4,00	1,1	1	360	
Металеві ворота	27,4	17,0	-22,0	4,55	1,1	1	5343	
Підлога на ґрунті	209,4	17,0	-22,0	0,13	1	1	1021	
Разом:							29378	
Коефіцієнт втрат тепла підсистемами тепловіддачі, розподілення та генерації:							1,2	
Всього квт x год / Гкал							35,3	0,030

Оцінка годинного енергоспоживання вентиляцією $Q_{\text{вент}}$ (існуючий стан)

	$Q_{\text{вент}} = V * K * C_p * \rho_p * (t_e - t_z)$						Енергоспоживання	
	V м ³	t_e °C	t_z °C	K 1/год	C_p	ρ_p	$Q_{\text{вент}}$ ккал/год	
Опалювальний об'єм будівлі	720,4	17,0	-22,0	0,075	0,28	1,25	738	
Коефіцієнт втрат тепла підсистемами тепловіддачі, розподілення та генерації:							1,2	
Всього кВт x год / Гкал							0,9	0,001

Розрахункове теплове навантаження існуючої будівлі на опалення:

$$Q_{\text{оп}} = (Q_{\text{транс}} + Q_{\text{вент}})_{\text{год}} = 35,3 + 0,9 = 36,1 \text{ кВт}$$

Оцінка внутрішніх теплових надходжень $Q_{\text{вн}}$ у будівлю

	$Q_{\text{вн}} = Af * \Phi * (n_{\text{діб}} / 7) * n_{\text{год}} * 10^{-3}$				Внутрішні теплонадходження		
	Af	Φ	$n_{\text{діб}}$	$n_{\text{год}}$	$Q_{\text{вн}}$		
	м ²	Вт/м ²	діб	год/тижд	кВт * год		
Опалювальна площа будівлі	209,4	7,0	140,0	50	1466		
Коефіцієнт коригування:						0,99	
Всього кВт x год / Гкал						1451	1,2

Оцінка річного енергоспоживання опаленням (існуючий стан)

$Q_{\text{оп}}^{\text{рік}} = Q_{\text{оп}} * n_{\text{діб}} * 24 * [(t_e - t_{\text{ср}3}) / (t_e - t_z)] - Q_{\text{вн}}$						
$Q_{\text{оп}}$ кВт	$n_{\text{діб}}$ діб	t_e °C	t_z °C	$t_{\text{ср}3}$ °C	$Q_{\text{вн}}$ кВт*год	$Q_{\text{оп}}^{\text{рік}}$ кВт*год
36,1	133	17,0	-22,0	1,6	1451	44099

$$44099 \text{ кВт*год} = 37,9 \text{ Гкал/рік}$$

Фактичне річне споживання теплової енергії для опалення корпусу № 2 за 2019 рік (визначене розрахунковим методом), становить **37,9 Гкал**.

Тоді фактичне річне споживання тепла для опалення корпусу № 1 за 2019 рік становить: 166,49 - 37,9 = **128,6 Гкал**

Корпус 2 має суттєві втрати теплової енергії, причиною чого являється:

- недостатній тепловий захист зовнішніх стін (товщина цегляних стін 380 мм);
- значна площа неутеплених металевих воріт;
- значна питома площа зовнішніх огорожень на кожний кубічний метр об'єму опалювального приміщення (високий показник компактності);
- неутеплене горищне перекриття не замінені вікна.

Фактичне питоме енергоспоживання при опаленні корпусу №2 становить:

$$E_p = (37,9 * 10^6) / (860 * 720,4) = 61,2 \text{ кВт*год/м}^3$$

Фактичне витоме енергоспоживання при опаленні корпусу №1 становить:

$$E_p = (128,6 * 10^6) / (860 * 6635,7) = 22,5 \text{ кВт*год/м}^3$$

Питоме споживання корпусу 2 для потреб опалення є надзвичайно високим, енерго-ефективність корпусу 2 є дуже низько.

Аналізуючи приведену нижче інформацію необхідно прийняти до уваги, що 2019 рік для будівель школи є роком неповного опалювального періоду, який становив 133 доби проти нормативної тривалості опалювального періоду 178 діб.

Аналіз нормативних теплотехнічних характеристик огорожень будівлі у відповідності до вимог проекту нової редакції ДБН В.2.6-31

У період проведення енергетичного аудиту відбувається процес обговорення нової редакції ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель», що буде мати нову назву «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

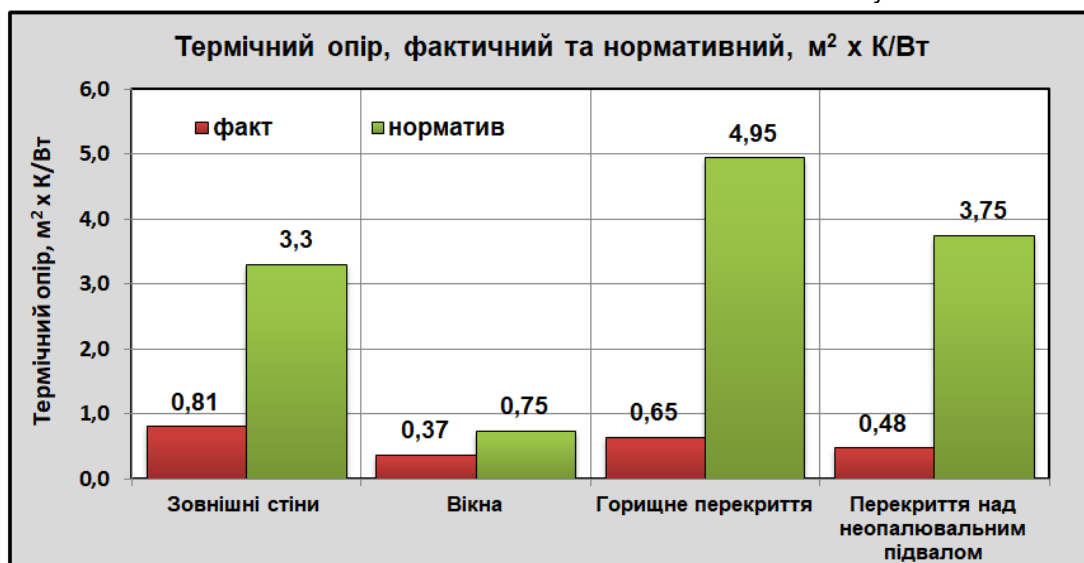
Нова редакція передбачає більш жорсткі нормативи щодо термічного опору огорожень.

В таблиці 1 та на графіку рисунку 1 приведена інформація щодо теплотехнічних характеристик огорожень існуючої будівлі та діючих нормативів. В таблиці 2 приведена інформація щодо товщини утеплюючого шару (мінераловатні плити) для огорожень будівлі при діючих нормативах.

Таблиця 1

№ п/п	Найменування огорожувальних конструкцій	Термічний опір R, м ² x К/Вт	
		фактичні значення	норматив (ДБН В.2.6-31:2016)
1	Зовнішні стіни	0,81- 0,97	3,3
2	Вікна	0,37- 0,53	0,75
3	Горищне перекриття	0,65 - 0,91	4,95
4	Перекриття над неопалювальним підвалом	0,48	3,75
5	Зовнішні двері	0,25 - 0,50	0,6

Рисунок 1



Таблиця 2

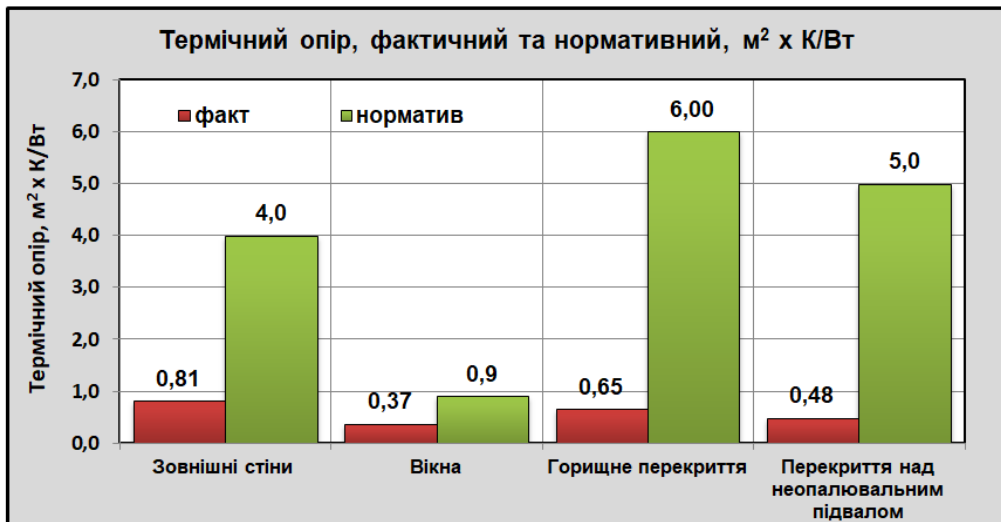
№ п/п	Найменування огорожень	Сумарна площа, м ²	Термічний опір, R м ² °C/вт		Вимоги до утеплення огорожень мінераловатними плитами		
			факт	норм	ΔR м ² °C/вт	λ вт/м°С	δ мм
1	Зовнішні стіни: керамічна цегла δ = 510 мм	1133,8	0,81	3,3	2,49	0,048*	130
2	Зовнішні стіни: керамічна цегла δ = 640 мм	63,3	0,97	3,3	2,33	0,048*	120
3	Горищне перекриття: - по з/б плитам	508,1	0,65	4,95	4,3	0,048*	200
4	Перекриття над підвалом	67,2	0,38	3,75	3,37	0,048*	160

В таблицях 3 та 4 та на графіку рисунку 2 приведена аналогічна інформація, але у відповідності до проекту нового нормативу.

Таблиця 3

№ п/п	Найменування огорожувальних конструкцій	Термічний опір R, м ² х К/Вт	
		фактичні значення	норматив (ДБН В.2.6-31:)
1	Зовнішні стіни	0,81-0,97	4,0
2	Вікна	0,37-0,53	0,9
3	Горищне перекриття	0,65 - 0,91	6,0
4	Перекриття над неопалювальним підвалом	0,48	5,0
5	Зовнішні двері	0,25 - 0,50	0,75

Рисунок 2



Таблиця 4

№ п/п	Найменування огорожень	Термічний опір, R м ² *°С/вт		Вимоги до утеплення огорожень мінераловатними плитами		
		факт	норм	ΔR м ² *°С/вт	λ вт/м*°С	δ мм
1	Зовнішні стіни: силікатна цегла δ = 510 мм	0,81	4,0	3,19	0,048	160
2	Горищне перекриття по з/б плитам	0,65	6,0	5,35	0,048	260
3	Перекриття над підвалом	0,38	5,0	4,62	0,048	220

Розрахунковий рівень енергоспоживання будівлі після впровадження запропонованого пакету заходів при утепленні огорожень згідно діючого ДБН В.2.6-31:2016 має становити **58,1 Гкал/рік** (67521квт*год).

Енергоспоживання будівлі при використанні нових нормативів при впровадженні запропонованого пакету заходів становитиме **47,0 Гкал/рік** (54624) квт*год).

Зменшення енергоспоживання становитиме біля 20%.

Збільшення товщини теплової ізоляції огорожень збільшить вартість утеплення огорожень орієнтовно на 10-15%

Ціни на енергоресурси для навчальних закладів м. Світловодськ

Рік	2017	2018	2019	2020
Теплопостачання, грн. за 1 Гкал	1460,8	1989,3	2003,9	2003,9
	1215,9	2003,9	1989,3	1686,6
	1989,3			
Водопостачання, грн. за 1 м ³	16,3	20,2	25,0	37,6
	20,2	25,0	28,7	
Електроенергія, грн. за 1 кВт*год	2,43	2,64	3,11	3,00
	2,45	2,70	3,18	2,57
	2,50	2,83	3,37	2,85
	2,50	2,91	2,90	3,25

Методика виконання розрахунків техніко-економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів.

Впровадження заходів з енергозбереження передбачає освоєння довгострокових інвестицій.

Термомодернізація будівель є важливим питанням розвитку української економіки. Для термомодернізації потрібні значні кошти. Тому техніко-економічний аналіз є важливою складовою підготовки проектів термомодернізації та залучення інвестицій.

Використання лише простого терміну окупності при обґрунтуванні енергозберігаючих заходів не дає можливості повною мірою виконати економічний аналіз та переконати інвесторів вкладати кошти в енергозбереження. Методика дає можливість аналізувати цілий ряд критеріїв, що дають змогу з високою різнобічністю та глибиною підходити до прийняття рішень про економічну доцільність інвестицій.

Оцінка економічної ефективності в енергозберігаючі заходи проводяться в три етапи:

Етап 1. Розробка технічної частини аудиту – пропозицій щодо впровадження інженерно-технічних заходів. При розробці заходів з енергозбереження розглядається декілька варіантів і вибираються варіанти для економічного аналізу.

Етап 2. Економічна оцінка ефективності інвестицій в енергозберігаючий проект.

Економічна оцінка ефективності інвестицій проводиться шляхом аналізу формування повного додаткового (сумарного) доходу, що утворюється в результаті впровадження енергозберігаючих заходів з використанням методів дисконтування та нарощування (капіталізації) доходів. При цьому проводиться оцінка терміну експлуатації енергозберігаючих заходів (життя проекту). Результатом цього аналізу є отримання таких економічних показників, що характеризують вибраний варіант:

- простий термін окупності T_0 , років;
- термін окупності з врахуванням дисконтування T_d , років;
- термін окупності з урахуванням нарощування T_n , років;
- розмір інвестицій (вартість енергозберігаючих заходів) K , тис. грн;
- чистий дохід, D , тис. грн.;
- чистий дисконтований дохід ЧДД, тис. грн. (чиста приведена вартість NPV)
- індекс дохідності дисконтований ІДД;

Крім використання приведених вище показників, що дозволяють наглядно аналізувати можливі варіанти інвестицій, для аналізу доцільності інвестицій застосовують показник, який широко використовується в світовій практиці. Цей показник – **внутрішня норма прибутковості (дохідності) IRR** – це такий показник дисконту, при якому повний дисконтований дохід DD дорівнює величині інвестицій, тобто:

$$K = DD_{\text{тсл}} = \Delta D \left[\frac{1}{(1+r)} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^{T_{\text{сл}}}} \right] \quad (D)$$

де r - показник дисконту

Вирішуючи це рівняння знайдемо $r = IRR$

Схема прийняття рішення на основі методу внутрішньої норми дохідності має вигляд:

- Якщо значення r вище або дорівнює вартості капіталу (нормі дисконту), то проект приймається;

- Якщо значення r менше вартості капіталу, то проект відхиляється

Ринкові критерії оцінки економічної ефективності інвестицій засновані на існуючих поняттях прибутку, інфляції, процентних та кредитних ставок, але найголовніше – на необхідності достовірно прогнозувати динаміку цих показників.

Вартісні фактори інвестицій (з часом) змінюються, отже вирішення питання оптимізації інвестицій залежить від вміння об'єктивно оцінювати та передбачати макро- та мікроекономічний хід подій. Навіть невелика помилка здатна суттєво змінити дійсну цінність інвестицій (капіталовкладень).

Основним економічним показником ефективності інвестицій є повний додатковий (сумарний) дохід (Д_{грн}), який може бути отриманий за термін експлуатації (термін життя) енергозберігаючих заходів (Т_{сл}, років).

В залежності від того, яким чином використовуються потоки майбутніх доходів, їх або дисконтують (певним чином знижують для об'єктивного співставлення з величиною інвестицій на момент їх реалізації) або, виключаючи з грошового обороту, нарощують (капіталізують).

Якщо проміжні доходи ΔД_і (i=1,2,...Т_{сл}) грн./рік дисконтуються, то відповідну величину сумарного додаткового доходу позначимо як повний дисконтований дохід **ДД_{Тсл}**, грн.

Якщо проміжні доходи наращуються (капіталізуються), то величину сумарного додаткового доходу позначимо як повний наращений дохід **НД_{Тсл}**, грн.

Величина сумарного додаткового доходу визначається за допомогою:

- механізму дисконтування та наращування (капіталізації) доходів, що надійдуть в майбутньому;
- оцінки терміну експлуатації енергозберігаючих заходів, що розглядаються Т_{сл};
- оцінки діапазонів змін основних економічних показників (проміжних доходів ΔД_і, що поступають в результаті інвестицій і відповідних норм дисконту r*);
- методів економічного моделювання задач;
- способів прийняття рішень в умовах ризиків.

Повний дисконтований дохід **ДД_{Тсл}** за термін експлуатації **Т_{сл}** розраховується по формулі, що враховує різні величини щорічних доходів ΔД_і різні норми дисконту r_і

$$DD_{T_{сл}} = \frac{\Delta D_1}{1 + r_1} + \frac{\Delta D_2}{(1 + r_1)(1 + r_2)} + \dots + \frac{\Delta D_{T_{сл}}}{(1 + r_1) \dots (1 + r_{T_{сл}})} \quad (1)$$

де ΔД_{Тсл} – повний дисконтований дохід за термін експлуатації заходів з енергозбереження

r_і – норма дисконту і - ому році, 1/рік, де i = 1, 2, ..., Т_{сл}

ΔД_і – проміжний дохід в і - ому році, грн./рік

*) – норма дисконту – одне з можливих значень показника, що відображає вигідність вкладення інвестицій в інші активи, замість енергозбереження. Це може бути ставка рефінансування національного банку, доходність державних цінних паперів, депозитних вкладів та т.і.

Застосувавши метод відтворення рівними частками, можливо представити формулу (1) в вигляді:

$$DD_{T_{сл}} = \Delta D \left[\frac{1}{1 + r_1} + \frac{1}{(1 + r_1)^2} + \dots + \frac{1}{(1 + r_1)^{T_{сл}}} \right] \quad (2)$$

Вираз в дужках представляє собою геометричну прогресію, що зменшується. Сума Т_{сл} членів геометричної прогресії визначається за відомою формулою, в результаті чого формула (2) набуває вигляд формули (3) та широко використовується в практиці економічних розрахунків

$$DD_{T_{сл}} = \Delta D [1 - (1 + r)^{-T_{сл}}] / r \quad (3)$$

У випадку, що розглядався вище проміжні доходи ΔD_i дисконтувались, тобто приймали участь в обороті грошових коштів (витрачались на заробітну плату, погашення ссуд, виплату дивідендів та т.п.)

Далі розглянемо варіант, коли проміжні доходи ΔD_i капіталізуються тобто нарощуються під проценти наприклад шляхом їх здачі в зайом. Тоді фактор дисконтування відсутній и кожне надходження проміжного доходу ΔD_i нарощується на протязі строку експлуатації енергозберігаючих заходів. При такій умові аналогом формули (1) є формула (4)

$$ND_{T_{сл}} = \Delta D_1 [(1+r_2)(1+r_3)\dots(1+r_{T_{сл}})] + \Delta D_2 [(1+r_3)(1+r_4)\dots(1+r_{T_{сл}})] + \dots + \Delta D_{T_{сл}} \quad (4)$$

Змінивши порядок складових на протилежний та знову перейшовши на розрахункове значення доходів ΔD та норм дисконту r , маємо:

$$ND_{T_{сл}} = \Delta D [1 + (1+r) + (1+r)^2 + \dots + (1+r)^{T_{сл}}] \quad (5)$$

Взявши суму $T_{сл}$ членів геометричної прогресії, в даному випадку зростаючої, отримаємо:

$$ND_{T_{сл}} = \Delta D [(1+r)^{T_{сл}} - 1] / r \quad (6)$$

Важливим критерієм економічної ефективності інвестицій в заходи з енергозбереження є:

- простий термін окупності T_o , рік;
- величина інвестицій K , грн.;
- потік доходів ΔD грн/рік

Простий термін окупності T_o дає першу уяву про те, чи приносять інвестиції додатковий дохід та як швидко це відбувається.

Очевидно, що терміни окупності інвестицій K з урахуванням дисконтування чи нарощення (капіталізації) проміжних доходів, що поступають, відповідно T_d та T_n , рік, визначаються шляхом прирівняння значень $DD_{T_{сл}}$ та $ND_{T_{сл}}$ по формулам (3) та (6) величині K .

Нескладні перетворювання дають відповідні формули:

$$T_d = - \ln (1 - T_o r) / \ln (1 + r) \quad (7)$$

$$T_n = \ln (1 + T_o r) / \ln (1 + r) \quad (8)$$

де $T_o = K / \Delta D \quad (9)$

Показник T_o являє собою термін окупності інвестицій без врахування дії часу на отримані в майбутньому доходи від інвестицій – бездисконтний (простий) термін окупності, рік. В директивній економіці цей термін приймався як головний критерій ефективності. Цей показник і в риночній економіці має певний економічний сенс, визначаючи як швидко почнуть окупатися вкладені кошти.

Розглянемо такий приклад інвестицій в енергозберігачі заходи:

Вартість робіт по впровадженню заходів з енергозбереження (необхідні інвестиції) $K =$

1200 т.грн

Щорічний проміжний дохід (економія коштів за рахунок впровадження заходів) становить

$\Delta D = 300,0$ тис. грн/рік

Термін експлуатації заходів з енергозбереження ($T_{сл}$), становить 12 років

Прийmemo розрахункову норму дисконту $r = 0,15$ 1/рік

Для техніко - економічної оцінки ефективності інвестицій в заходи з енергозбереження

необхідно визначити такі критерії економічної ефективності інвестицій:

- простий термін окупності $T_o = 4,0$ роки

- дисконтований строк окупності:

$$T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 0,92 / 0,14 = 6,6 \text{ роки}$$

- строк окупності з урахуванням нарощування:

$$T_n = \ln(1 + T_o r) / \ln(1 + r) = 0,48 / 0,14 = 3,5 \text{ роки}$$

- чистий дисконтний дохід: $ЧДД = DD_{Тсл} - K = 1626 - 1200 = 426$ тис. грн

- чистий нарощений дохід: $ЧНД = HD_{Тсл} - K = 8701 - 1200 = 7501$ тис. грн

- індекс дохідності дисконтний $ID_d = DD_{Тсл} / K = 1626 / 1200 = 1,4$

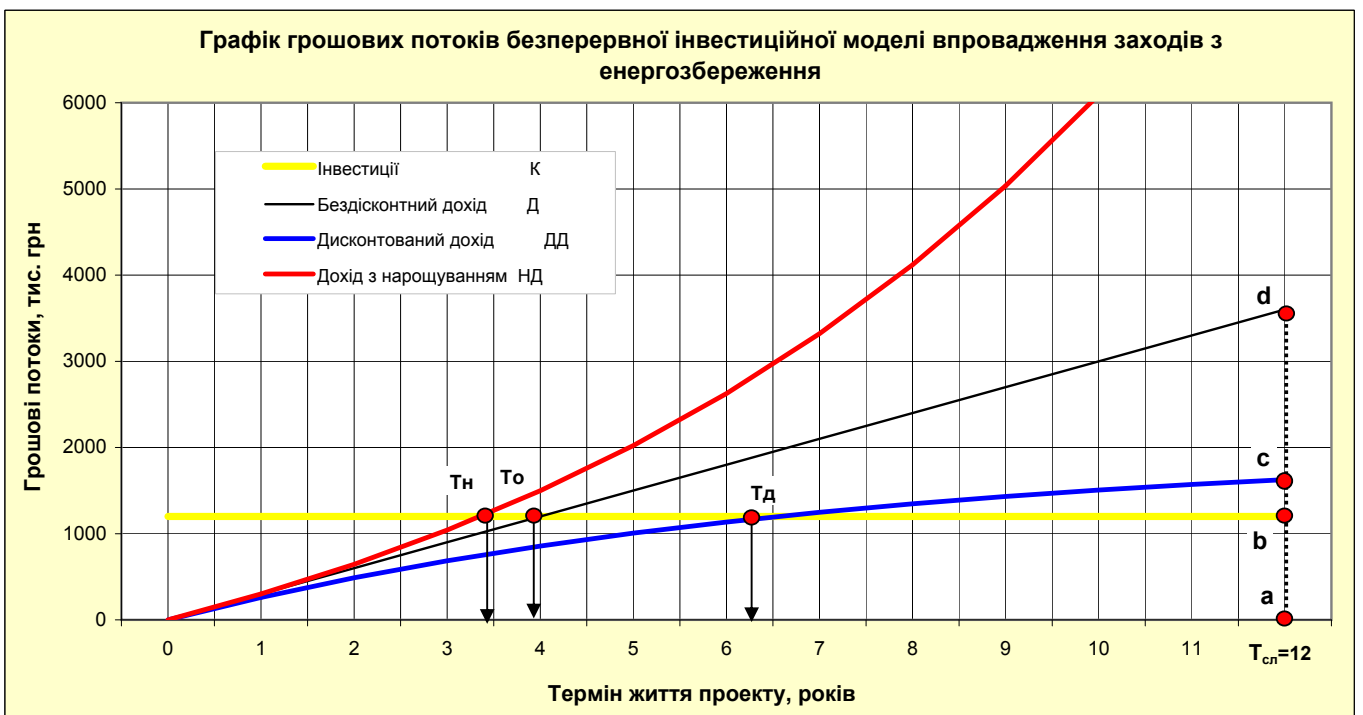
- індекс дохідності нарощений $ID_n = HD_{Тсл} / K = 8701 / 1200 = 7,3$

Розробимо графік грошових потоків безперервної інвестиційної моделі при вказаних вище значеннях

K ; ΔD та r та складемо допоміжну таблицю 3

Табл. 3

№ п/п	Найменування показників	Значення показників (по рокам з нарощуванням) тис. грн												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Інвестиції K	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
2	Бездисконтний дохід D	0	300,0	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600
3	Дисконтований дохід DD	0	261	488	685	856,5	1006	1135,3	1248,13	1346	1431,48	1506	1570	1626,186
4	Дохід з нарощуванням HD	0	300	645	1042	1498	2023	2626,1	3320,04	4118	5035,75	6091	7305	8700,5



Строк експлуатації (строк життя) енергозберігаючих заходів прийнятий 12 років. Вертикальна лінія з цією абсцисою може бути поділена на декілька відрізків. Довжини цих відрізків відповідають значенням основних критеріїв економічної ефективності інвестицій:

- **a c** – повний дискontований дохід $DD_{T_{сл}}$
- **c b** – чистий дискontований дохід $ЧДД = DD_{T_{сл}} - K$
- **c d** - ідеалізований (умовний) чистий дохід (відповідає методам соціалістичної економіки).

Строк експлуатації енергозберігаючих заходів, що приймається в розрахунках, більш точно можна назвати строком життя проекту. Від прийнятого строку життя проекту залежить формування грошових потоків, тому строк життя проекту приймається по домовленості з інвестором та залежить від нормативного терміну експлуатації енергозберігаючого проекту.

Індекси доходності (**ІДд** та **ІДн**) визначають чистий дохід на 1 грн вложений коштів за період часу $T_{сл}$ (строк життя енергозберігаючих заходів)

Необхідно відзначити, що інвестиції можуть окупитись тільки в випадку коли:

$$T_0 r < 1$$

Якщо вказана нерівність не виконується, то інвестиції не окупляться взагалі. В цьому випадку або великий простий строк окупності, що свідчить про низьку економічну ефективність інвестицій, або велика розрахункова норма дисконту r , що свідчить про незадовільну економічну динаміку в країні, високу інфляцію

Для об'єктивної оцінки ефективності інвестицій дуже важливо вірно визначити ставку (норму) дисконту r . Норма дисконту, що використовується для оцінки комерційної ефективності проекту в цілому, може встановлюватись у відповідності до вимог мінімально допустимої доходності коштів що інвестуються, в залежності від депозитних ставок банків першої категорії надійності (після виключення інфляції), а також ставки LIBOR по річним єврокредитам.

Норма дисконту, що не включає поправки на ризики, називається безризиковою нормою дисконту.

До норм дисконту вводяться поправки на ризик. В величину поправок на ризик враховується три типи ризиків, пов'язаних з реалізацією інвестиційного проекту:

- ризик на особливості країни;
- ризик ненадійності учасників проекту;
- ризик неотримання передбачених проектом доходів (технічні рішення проекту).

При прийнятті рішення про інвестування проекту техніко-економічні розрахунки уточнюються з використанням норми дискоту призначеного, як правило, інвестором.

До питання відновлення функціонування вентиляційних систем будівлі Світловодської ЗОШ № 1

У існуючі будівлі школи внаслідок руйнування передбачених проектом систем вентиляції має місце низький рівень якості повітря. Будівля потребує забезпечення оптимального повітрообміну.

Запропонований при проведенні енергетичного аудиту пакет заходів із проведення комплексної термомодернізації передбачає впровадження сучасних вискоєфективних припливно-витяжних вентиляційних систем із механічним спонуканням, із утилізацією тепла витяжного повітря та з високим рівнем автоматизації.

Школа потребує негайного покращення повітрообміну. Тому в разі неможливості першочергового впровадження сучасного вентиляційного обладнання необхідно провести роботи по відновленню функціонування витяжних вентсистем із природним спонуканням (тимчасово до впровадження сучасної вентиляції). Крім того, необхідне впровадження витяжної вентиляції у приміщенні кухні та із туалетів школи. Стан витяжної вентиляції будівлі описаний у розділі 3.3.3 звіту.

Відновлення функціонування витяжних систем природної витяжки.

Природна витяжка, що є одним із основних засобів по забезпеченню повітрообміну у будівлі, не функціонує. Згідно типового проекту, передбачалась доволі розгалужена система природної витяжки, що складалась із витяжних вертикальних каналів у внутрішніх цегляних стінах; витяжних вентиляційних решіток, встановлених на витяжних каналах у приміщеннях; горизонтальних збірних каналів на горищному перекритті; вертикальних витяжних шахт та дефлекторів. Елементи витяжних систем збереглись практично повністю, але потребують ремонту.

Для відновлення функціонування природної витяжної вентиляції необхідно виконати такі основні роботи: ревізія, ремонт та прочищення витяжних вентиляційних каналів у внутрішніх стінах будівлі, встановлення регульованих вентиляційних решіток у приміщеннях закладу, ремонт вентиляційних збірних горизонтальних вентиляційних каналів на горищному перекритті, ремонт та відновлення витяжних вентиляційних шахт.

Значна частина витяжних решіток у приміщеннях будівлі заклесні шпалерами. Вертикальні витяжні канали у внутрішніх цегляних стінах потребують ревізії та прочищення.

Для покращення повітрообміну приміщень необхідно відновити функціонування природної витяжної вентиляції. Функціонування природної витяжки значно покращить режими провітрювання, що здійснюються шляхом періодичного відкривання вікон та за рахунок встановлення у вікнах клапанів-провітрювачів.

Для забезпечення функціонування витяжної вентиляції необхідне виконання таких робіт:

1. Складання схеми розміщення вентиляційних каналів, вентиляційних шахт та вентиляційних отворів з решітками.
2. Пошук всіх вентиляційних отворів (під шаром шпалер та інших матеріалів) та їх відкриття.
3. Прочищення вентиляційних вертикальних каналів та відновлення (заміна) вентиляційних решіток.
4. Ремонт збірних горизонтальних вентиляційних каналів на горищному перекритті.
5. Ремонт (виготовлення) вентиляційних шахт та їх встановлення.

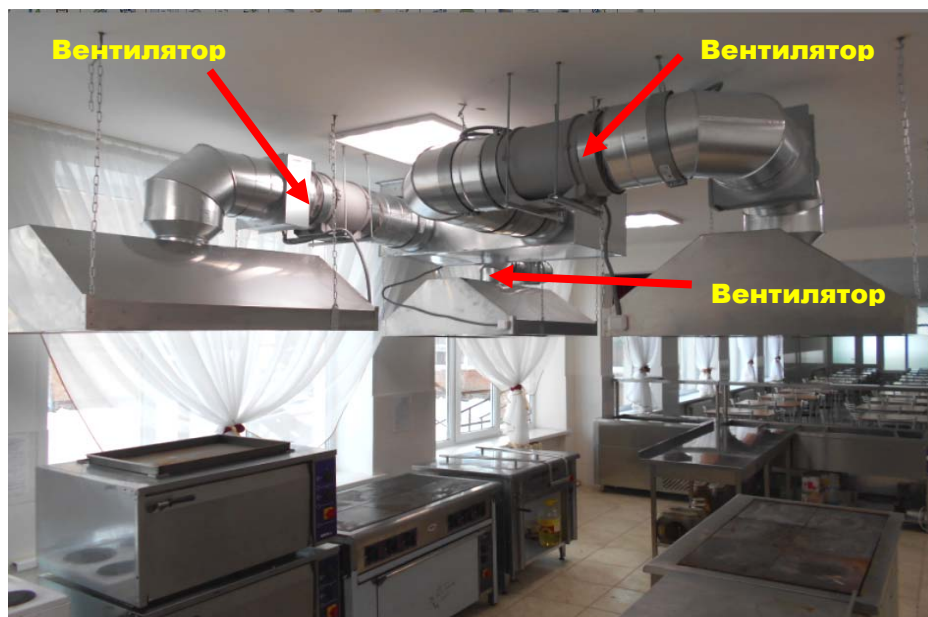
Проведені розрахунки показали, що трудомісткість виконання приведених вище робіт становить близько 150 людино-днів. Загальна вартість робіт **140 – 160 тис. грн**

Впровадження витяжної вентиляції у приміщенні кухні.

Передбачена проектом витяжна вентиляція кухні повністю зруйнована. Встановлений у вікні кухні осьовий вентилятор не відповідає вимогам норм.

Пропонується провести реконструкцію витяжної вентиляції із встановленням окремих витяжних укриттів над всім обладнанням кухні. Для кожного укриття встановити свій окремий вентилятор, зворотній клапан та фільтр для вловлювання жиру. Прототип такої витяжної вентиляційної системи приведений на фото рисунку 1

Рисунок 1



За даними проектів-аналогів та за попередніми оцінками капітальні витрати на реконструкцію витяжної вентиляційної системи кухні становитимуть біля **200,0 тис. грн.**

Згадані вище роботи мають розглядатись як роботи капітального ремонту, тобто роботи по відновленню функціонування існуючих інженерних систем. Ці роботи недоцільно включати до складу заходів з підвищення енергетичної ефективності.

Аналіз інформації щодо якості теплопостачання будівлі Світловодської СЗОШ № 1

Теплопостачання школи здійснюється підприємством СП ТОВ «СвітловодськПобут».

Персонал школи характеризує якість теплопостачання школи як незадовільну:

1. Досить часто опалювальний сезон починається із запізненням та закінчується достроково.

Нормативними параметрами щодо тривалості та характеристик опалювального періоду для міста Світловодська є:

- тривалість опалювального періоду 178 діб
- середня температура опалювального періоду..... - 0,4 °С
- початок опалювального періоду 16 жовтня
- кінець опалювального періоду 12 квітня

Фактичні дані щодо тривалості та дат початку і закінчення опалювального періоду за 2018 – 2020 роки приведені у розділі 2 звіту:

Таблиця 2.5

Рік	Найменування показників	січ	лют	бер	квіт	жовт	лист	груд	За рік
2018	Середня температура, °С	-2,1	-2,5	-1,3	+8,9	-	+0,3	-1,6	-0,8
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	2	0	30	31	153
2019	Середня температура, °С	-4,7	+0,2	+4,6	-3,6	-	-	+3,4	+1,6
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	9	0	3	31	133
2020	Середня температура, °С	+1,0	+1,8	+9,1	-	-	+4,3	-0,3	+2,3
	Кількість днів опалюван. періоду	31	29	12	0	1	30	31	134

Фактична кількість діб тривалості опалювального періоду надана замовником:

- 2018 рік: з 1 січня по 2 квітня; з 1 листопада по 31 грудня;
- 2019 рік: з 1 січня по 9 квітня; з 28 листопада по 31 грудня;
- 2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 29 жовтня по 31 грудня.

Приведені вище дані підтверджують низьку якість теплопостачання, пов'язану із недотриманням строків початку і закінчення опалювального періоду:

- фактична тривалість опалювальних періодів 2018-2020 років нижче нормативної відповідно на 25; 45 та 44 діб;
- кожного року у жовтні опалення не функціонує, має місце раннє припинення роботи опалення у квітні, в 2019 році у жовтні-листопаді опалення було відсутнім фактично повністю (приведеним фактам є багато пояснень: covid, канікули, потепління клімату. Але безперечним є той факт, що багато днів у дитячому закладі відсутні комфортні умови).

2. Має місце недотримання технічних параметрів системи теплопостачання – температури та тиску теплоносія та зниження продуктивності циркуляційних насосів. Система теплопостачання працює вкрай нестабільно. Витрати теплоносія, що циркулює у тепловій мережі, суттєво змінюються. Досить часто витрати теплоносія значно нижчі, ніж розрахункові значення. Це є причиною низької температури у приміщеннях дитячого закладу.

Розрахункова витрата теплоносія при існуючому стані теплових мереж становить не менше 3 – 4 м³/год.

В період грудень 2019 року – березень 2020 року витрати теплоносія у тепловій мережі не перевищували 1,0 – 1,2 м³/год, що суттєво впливало на температурний режим у будівлях школи.

В період після листопада 2020 року витрати теплоносія зросли до 2,8 – 3,2 м³/год. Але навіть у цей період досить часто температура внутрішнього повітря становила 16 – 17°С, що є недопустимим для дитячих закладів.

Згідно діючих нормативів оптимальні значення температури повітря у школах мають становити **20-24°С**.

Нижче приведена копія сторінок журналу контролю температурного режиму у школі.

Дата	Загальна кількість дітей (учнів)	Відсутні			Примітка	
		хворі	Інша причина	Підозра на COVID-19	t°	t° 12:00
02.11.2020					16°	
03.11.2020		1	-	-	16°	
04.11.2020		1	-	-	17°	
05.11.2020		2	-	-	17°	
09.11.2020	198	3	39	-	18°	
10.11.2020	207	4	29	-	18°	
11.11.2020	201	5	34	-	17°	
12.11.2020	198	5	37	-	18°-19°	
19.11.2020	183	14	41	-	16°	
20.11.2020	180	15	45	-	18-19°	
23.11.2020	179	21	40	-	17-18°	
24.11.2020	196	18	26	-	18°-19°	
25.11.2020	190	20	30	-	18°	
26.11.2020	188	15	37	-	18-19°	20°
27.11.2020	180	16	44	-	18-19°	
30.11.2020	195	14	31	-	18°	
01.12.2020	195	11	34	-	18°	
02.12.2020	194	14	32	-	17°-18°	
03.12.2020	188	16	36	-	18°	
04.12.2020	184	14	42	-	18°	
07.12.2020	192	12	37	-	17°	
08.12.2020	203	13	25	-	17°	
09.12.2020	190	14	37	-	17°	
10.12.2020	189	17	35	-	17°	
11.12.2020	189	14	38	-	17°	
11.12.2020	178	18	45	-	17°	

У дитячих закладах міста Світловодська прийнято вважати, що внутрішня температура у приміщеннях класів, що становить 17-18°C має вважатись оптимальною з точки зору санітарних норм.

Аудитори звертають увагу на те, що оптимальною температурою внутрішнього повітря для дитячих закладів є температура 20-24°C (табл. 2.3 звіту).

Пункт 7 розділу IV «Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти» 2020 року в частині рекомендованих температур у класних кімнатах слід вважати помилковим (або шкідливим). Такі положення Санітарного регламенту не відповідають діючим в Україні та у Європі базовим санітарним нормам.

Нижче приведена інформація додатку Д будівельних норм ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція, кондиціонування» щодо нормативів оптимальних значень внутрішньої температури. Згаданий норматив ДБН базується на нормативі Європейського Союзу, прийнятого в Україні у якості національного стандарту.

Д.6 Діапазони результуючої температури для опалення та охолодження приміщення слід приймати відповідно до таблиці Д.4 (ДСТУ Б EN 15251).

Таблиця Д.4 – Діапазони результуючої температури приміщення для опалення та охолодження

Тип будівлі/приміщення	Умови мікроклімату	Результуюча температура, °C	
		Діапазон в опалювальний період (у холодний період), приблизно 1,0 ккв	Діапазон в період охолодження (у теплий період), приблизно 0,5 ккв
Аудиторія, клас Сидяча діяльність – приблизно 1,2 мет	Підвищені оптимальні	22,0 ±1,0	24,5 ±1,0
	Оптимальні	22,0 ±2,0	24,5 ±1,5
	Допустимі	22,0 ±3,0	24,5 ±2,5
Конференц зала Сидяча діяльність – приблизно 1,2 мет	Підвищені оптимальні	22,0 ±1,0	24,5 ±1,0
	Оптимальні	22,0 ±2,0	24,5 ±1,5
	Допустимі	22,0 ±3,0	24,5 ±2,5



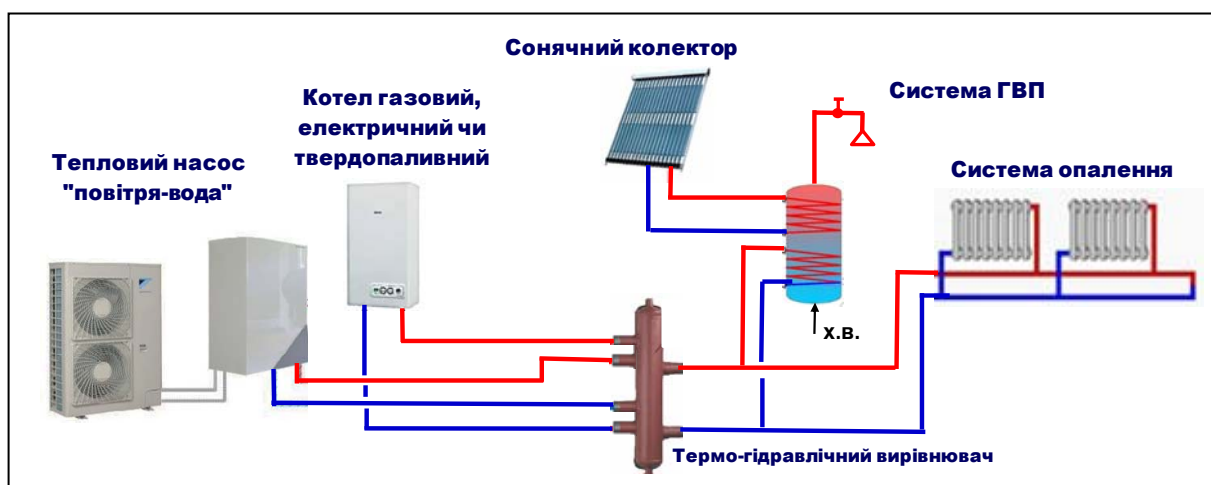
Перспективні заходи щодо підвищення енергоефективності будівлі Світловодської ЗОШ № 1

Україна взяла на себе зобов'язання по приєднанню до Нової Глобальної Стратегії Сталого Розвитку, схваленої ООН у вересні 2015 року та участі у європейських ініціативах щодо «Зеленої Угоди» (EUROPEAN GREEN DEAL).

Серед завдань Європейської Зеленої Угоди можливо виокремити ті, що є важливими стосовно громадських будівель. Серед них:

- впровадження та підвищення ролі альтернативних джерел енергії;
- забезпечення «чистого будівництва».

Приклад можливої принципової схеми альтернативного джерела енергії - гібридної теплогенераторної приведений на рисунку



Після завершення проведення комплексної термомодернізації теплове навантаження на систему опалення будівлі школи суттєво знизиться і загальна потужність джерела відновлювальної енергії може становити біля 60 - 70 квт. В якості теплового насоса може бути застосований повітряний тепловий насос «повітря-вода», який не менше ніж 60% тривалості опалювального періоду має бути основним джерелом теплової енергії для будівлі. Котел розглядається як пікове джерело тепла, що має експлуатуватись при відносно низьких температурах зовнішнього повітря. Для гарячого водопостачання ефективним джерелом тепла має бути сонячний колектор.

Існує багато варіантів створення гібридних «зелених» джерел енергії. Програми впровадження альтернативних джерел енергії мають узгоджуватись з прийнятою та затвердженою в місті концепцією розвитку тепlopостачання.

ДОДАТОК А

Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської ЗОШ № 1

[Розробка розрахункової електронної енергетичної моделі].

Додаток А

Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської ЗОШ № 1

[Розробка розрахункової електронної енергетичної моделі].

1. Загальна інформація.

Цей розрахунок є повірочним розрахунком фактичного споживання теплової енергії для опалення будівлі. Після спільного розгляду результатів розрахунку та фактичного споживання тепла (за показаннями приладів обліку) та виконання, в разі необхідності, відповідних коригувань, електронна версія цього розрахунку (Excel) в подальшому використовується в якості розрахункової енергетичної моделі будівлі.

2. Вихідні дані.

2.1. Опис будівлі та основні параметри.

Повний опис будівлі приведений в розділі 3 звіту.

Всі геометричні розміри будівлі приведені у додатку А-9 "Розрахунок геометричних показників будівлі"

В таблиці 1 розділу "Вихідні дані" приведені площі та коефіцієнти термічного опору огорожень.

Таблиця 1

№ п/п	Найменування огорожень	Площа м ²	Коефіцієнт термічного опору м ² *°C/Вт
1	Зовнішні стіни 1-3 поверх*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	1133,8 296,2 243,3 341,9 252,3	0,81
2	Зовнішні стіни підвал*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	63,3 33,9 12,0 13,4 4,0	0,97
3	Зовнішні стіни підвалу (грунт)	159,7	
4	Вікна металопласт, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	49,5 0,0 9,9 39,7 0,0	0,530
5	Вікна дерев'яні, в тому числі: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	255,2 63,2 51,0 89,8 51,2	0,37
6	Двері дерев'яні (старі) в тому числі: Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	9,5 0,0 4,0 0,0 5,5	0,25
7	Двері пластик в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	5,1 0,0 0,0 5,1 0,0	0,50
8	Горищне перекриття	508,1	0,75
9	Перекриття над неопал. підвалом	67,2	0,38
10	Підлога на ґрунті (1 пов)	148,6	
11	Підлога на ґрунті (підвал)	292,3	
12	Внутр. стіни підвалу(меж. з неоп.)	16,7	1,01

**) - площа зовнішніх стін (без врахування площі вікон та зовнішніх дверей) та з відкосами*

Експлуатаційні характеристики закладу.

Розрахункова кількість місць у школі.....	250-280*	місць
Фактична (спискова) кількість дітей	240	осіб
Кількість працівників у школі	44	осіб
Кількість діб роботи школи в опалювальний період	130	діб
Кількість днів проведення уроків у опалюв.період з урахуванням канікул ...	105	діб
Кількість годин роботи школи в робочі дні	10	год

*) - Значення офіційно визнаної нормативної кількості місць у замовника різне в різних джерелах. Нормативна чисельність учнів, розрахована за нормою 2,4 кв. м на одного учня становить 250-280.

Загальні розрахункові геометричні показники будівлі:

Площа опалювальних приміщень будівлі	A_f	1816,7	м ²
Об'єм опалювальних приміщень будівлі	V	6635,7	м ³
Коефіцієнт скління фасаду	m	0,24	
Показник компактності будівлі	Λ	0,35	

2.2. Кліматичні та мікрокліматичні параметри.

Розрахункові кліматичні параметри.

Розрахункові кліматичні параметри приймаються згідно ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія" для міста Світловодська Кіровоградської області

Розрахункова зовнішня температура для проектування опалення	-22,0	°C
Середня температура опалювального періоду	-0,4	°C
Тривалість опалювального періоду	178	діб

Розрахункові середньомісячні температури зовнішнього повітря

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
-5,3	-4,2	0,7	8,8	15,1	18,5	20,3	19,5	14,4	7,9	2	-2,8

Розрахункова тривалість опалювального періоду (помісячно)

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
31	28	31	11						16	30	31

Фактичні кліматичні параметри в базовий 2019 рік

Фактична середньомісячні температури зовнішнього повітря 2019 рік

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
-4,7	0,2	4,6	9,8	-	-	-	-	-	-	5,2	3,4

Середня температура опалювального періоду 2019 року +1,6°C.

Фактична тривалість опалювального періоду 2018 р

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
31	28	31	9						0	3	31

Розрахункові мікрокліматичні параметри внутрішнього повітря.

Аналіз нормативів мікроклімату у приміщеннях дитячого закладу проведений у розділі 2 звіту про проведення енергетичного аудиту (том 1). В результаті проведеного аналізу для подальших розрахунків прийнято:

Внутрішня задана температура опалення	20,0	°C
Температура чергового режиму опалення	17,0	°C
Скоригована температура опалення	19,0	°C
Графік опалення (к-сть годин на тиждень з постійним опаленням до заданої температури)	50,0	г/тижд
Середня розрахункова кратність повітрообміну за опалювальний період	0,36	крат

Приведена вище середня за опалювальний період кратність повітрообміну є нормативною та встановлює норму повітрообміну для забезпечення оптимальної якості внутрішнього повітря у будівлі школи при розрахунковій кількості учнів

Розрахунок цього нормативу приведений в додатку 6 звіту

В цьому повірочному розрахунку прийнято:

- кратність повітрообміну (середня фактична за опал. період) $K =$ **0,10** крат
- середня температура в будівлі (середня фактична за базов. Рік) **17,0** °C

Середня фактична кратність повітрообміну за базовий рік визначається шляхом аналізу теплового балансу базового року.

Середня температура у будівлі в опалювальний період базового року визначається шляхом опитування персоналу закладу та аналізу матеріалів моніторингу.

В якості базового року по результатам аналізу вихідних даних прийнятий **2019 рік**

УВАГА !!!

В ячейках зеленого кольору  містяться вихідні дані, що потребують ручного введення.

В ячейках сірого кольору  містяться вихідні дані, що є результатом попередніх розрахунків електронних таблиць Excel.

3. Розрахунок енергопотребы для опалення будівлі.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення $Q_{H,nd}$, $вт*год$, розраховують за формулою (3)

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (3)$$

де, $Q_{H,ht} = Q_{tr} +$ - сумарна теплопередача в режимі опалення, $Вт*год$

$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$ - сумарні теплові надходження в режимі опалення, $Вт*год$

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol})$$

де, Q_{tr} - теплопередача трансмісією (теплопередача через огороження), $Вт*год$

Q_{ve} - теплопередача вентиляцією, $Вт*год$

Q_{int} - внутрішні теплові надходження, $Вт*год$

Q_{sol} - сонячні теплові надходження, $Вт*год$

$\eta_{H,gn}$ - безрозмірний коефіцієнт використання теплових надходжень

3.1 Теплопередача трансмісією.

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , $Вт*год$, розрахована згідно формули (9)

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_e) t \quad (9)$$

де, $H_{tr,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, $Вт/К$, встановлений для різниці температур всередині-зовні.

$\Theta_{int,set,H}$ - задана температура будівлі для опалення, $^{\circ}C$;

Θ_e - середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^{\circ}C$;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені згідно п. 8.2 та приведені у додатку А-1 до розрахунку

Розрахунок сумарної теплопередачі будівлі трансмісією для кожного місяця опалювального періоду приведено в таблиці А.1

Теплопередача трасмісією.

Таблиця А.1

Місяці року	Узагальнений коеф. теплопер. трансміс. $H_{tr,adj}$, $Вт/К$	Температура будівлі $\Theta_{int,set,H}$, $^{\circ}C$	Середньомісячна темпер. зовн. серед. Θ_e , $^{\circ}C$	Тривал. місяця год	Сумарна теплопередача транс. Q_{tr} , $Вт*год$
січень	3325	17	-4,7	744	53686633
лютий	3325	17	0,2	672	37541537
березень	3325	17	4,6	744	30678076
квітень	3325	17	9,8	216	5171538
жовтень	3325	17	-	0	0
листопад	3325	17	5,2	72	2825192
грудень	3325	17	3,4	744	33646922

163549899

3.2 Теплопередача вентиляцією.

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} **Вт*год**, розрахована згідно формули (22) для кожного місяця.

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_e) t \quad (22)$$

де $H_{ve,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

$\Theta_{int,set,H}$ - задана температура будівлі для опалення, °С;

Θ_e - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Загальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією визначені згідно п. 9.2 та приведені у додатку А-2.

Розрахунок сумарної теплопередачі будівлі вентиляцією для кожного місяця опалювального періоду приведено в таблиці А.2

Теплопередача вентиляцією.

Таблиця А.2

Місяці року	Узагальнений коеф. теплопер. вентиляц. H_{ve} , Вт/К	Температура будівлі $\Theta_{int,set,H}$, °С	Середньомісячна темпер. зовн. серед. Θ_e , °С	Тривал. місяця год	Сумарна теплопередача dt_{yp} . Q_{ve} , Вт*год
січень	219,0	17	-4,7	744	3535372
лютий	219,0	17	0,2	672	2472185
березень	219,0	17	4,6	216	586513
квітень	219,0	17	9,8	216	340556
жовтень	219,0	17	-	0	0
листопад	219,0	17	5,20	72	186045
грудень	219,0	17	3,4	744	2215717

9336388

3.3 Внутрішні теплонадходження.

1.3

Телові надходження від внутрішніх теплових джерел будівлі для кожного місяця визначаються формулою:

$$Q_{int} = (\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f) t \quad (35)$$

де, $\Phi_{int,mn,k}$ - усереднений за часом тепловий потік k -того внутрішнього джерела, Вт/м²;

A_f - кондиціонована площа будівлі, м²;

t - тривалість періоду використання, виражена у годинах та місяць з урахуванням святкових днів згідно таблиці 6 (додаток А-3 до Розрахунку).

Розрахунок теплових надходжень від внутрішніх теплових джерел будівлі для кожного місяця опалювального періоду приведений в таблиці А.3

Внутрішні теплонадходження.

Таблиця А.3

Місяці року	Кондиціонована площа будівлі A_f , м ²	Усереднений внутрішн. теплий потік $\Phi_{int,mn}$, Вт/м ²	Тривалість теплових надходж. год	Теплові надходження від внутр. джерел Q_{int} , Вт*год
січень	1816,7	18,0	221	7240881
лютий	1816,7	18,0	200	6540151
березень	1816,7	18,0	221	7240881
квітень	1816,7	18,0	64	2102191
жовтень	1816,7	18,0	0	0
листопад	1816,7	18,0	21	700730
грудень	1816,7	18,0	221	7240881

31065715

3.4 Сонячні теплонадходження.

Розрахунок сонячних теплових надходжень в повному об'ємі - додаток А.4 до Розрахунку

3.5 Річна потреба для опалення будівлі.

Розрахунок сумарної енергопотребы для кожної складової та для кожного місяця та вцілому за рік приведений в таблиці А.4

Річна потреба для опалення будівлі $Q_{H,nd,an}$, квт*год, розраховується згідно формули:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_i Q_{H,nd,i} / 1000 \quad (67)$$

де, $Q_{H,nd,i}$ - енергопотреба i -того місяця, квт*год

Енергопотреба для опалення, розрахована для кожного місяця опалювального періоду (року) приведені в таблиці А.4:

Енергопотреба для опалення.

Таблиця А.4

Місяць року	Втрати тепла, квт*год			Теплові надходження, квт*год			γ_H	$\eta_{H,gn}$	Потреба для опалення, квт*год $Q_{H,nd}$
	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gm} = Q_{H,sol} + Q_{H,int}$			
Січень	53687	3535	57222	3672	7241	10913	0,191	0,998	46327
Лютий	37542	2472	40014	5045	6540	11585	0,290	0,993	28509
Березень	30678	587	31265	7772	7241	15013	0,480	0,965	16773
Квітень	5172	341	5512	616	2102	2718	0,493	0,962	2896
Жовтень									
Листопад	2825	186	3011	2770	701	3471	1,153	0,730	479
Грудень	33647	2216	35863	2095	7241	9336	0,260	0,995	26572
Всього:	163550	9336	172886	21970	31066	53035			121556

4. Розрахунок енергоспоживання системи опалення будівлі.

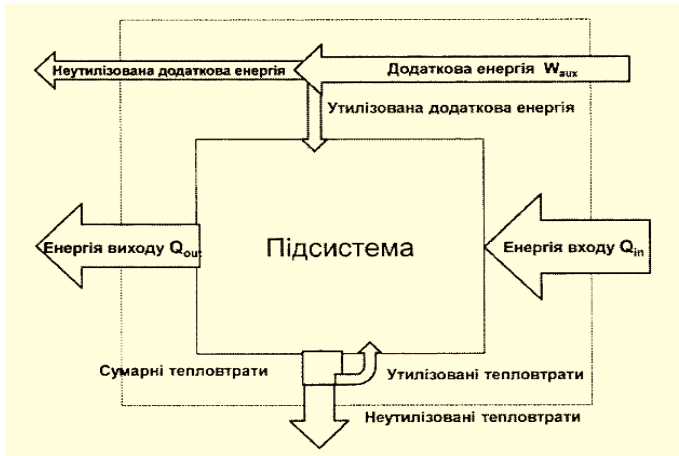
Енергоспоживання визначається як енергопотреби плюс регулярні неутилізовані теплові втрати систем. При проведенні розрахунку проводиться визначення регулярних теплових втрат таких підсистем інженерної системи будівлі:

- підсистема виділення/тепловіддачі, включаючи регулювання;
- підсистема розподілення, включаючи регулювання;
- підсистема вироблення/генерування та акумулювання, включаючи регулювання

Для будівлі, що обстежується, до підсистеми виділення/тепловіддачі відносяться нагрівальні прилади та трубопроводи їх безпосереднього підключення (обв'язки). В подальшому підсистему виділення/тепловіддачі будемо іменувати підсистемою тепловіддачі.

Підсистема розподілення включає в себе магістральні трубопроводи системи опалення та стояки місцевої системи опалення.

Підсистема вироблення / генерування та акумулювання (підсистема генерування) стосується джерела тепла - системи центрального тепlopостачання та засобів розподілу теплової енергії між будинками-споживачами тепла - індивідуальних тепlopунктів.



Для спрощеного підходу енергетичний потік для кожної підсистеми може бути зображений, як показано на рисунку 5 стандарту.

Енергія, що споживається підсистемами, розраховується окремо для теплової енергії та додаткової енергії. (При виконанні цього розрахунку додаткова енергія не врахована)

Необхідно розрізнити:

- частку регулярних тепловтрат у системі, які утилізують (можуть бути утилізовані);
- частку утилізованих регулярних тепловтрат у підсистемі, що безпосередньо утилізовані в підсистемі й тому віднімаються від сумарних тепловтрат в підсистемі.

Для кожної підсистеми енергію входу розраховують за формулою:

$$Q_{in} = Q_{out} - K \cdot W_{aux} + Q_{nrvd} \quad (67)$$

де Q_{out} - вироблена/генерація енергії;

K - коефіцієнт для розрахунку утилізаційної частки додаткової енергії;

W_{aux} - додаткова енергія;

Q_{nrvd} - неутилізовані тепловтрати підсистеми;

$$Q_{nrvd} = Q_{is} - Q_{rvd} \quad (68)$$

Q_{is} - сумарні тепловтрати системи;

Q_{rvd} - утилізовані тепловтрати системи;

$$Q_{is} = Q_{out} \cdot [(1 - \eta) / \eta] \quad (69)$$

η - ефективність підсистеми (ККД);

Q_{out} - енергія входу в підсистему

Вплив системи автоматичного регулювання, встановлених у пунктах централізованого тепlopостачання, в межах розрахунку включають до ефективності автоматичного регулювання за формулою:

$$Q_{gen.out} = Q_{out} / \eta_{ac} \quad (70)$$

4.1 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі.

Теплоту входу до підсистем тепловіддачі визначають з урахуванням:

- нерівномірності розподілу температури у приміщенні;
- точності регулювання температури у приміщенні;
- наявності опалювальних панелей, вмонтованих у конструкції будівель.

Результати розрахунку ефективності підсистеми тепловіддачі мають включати:

- регулярні тепловтрати;
- додаткову енергію;
- утилізаційні та утилізовані тепловтрати підсистеми;
- теплоту входу до підсистеми.

Тепловтрати підсистеми тепловіддачі.

Розрахунок тепловтрат підсистеми тепловіддачі $Q_{H.em.is}$, приведений у таблиці А.15 додатку А-6 до цього Розрахунку.

Згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 додаткова енергія (W_{aux}) - це електроенергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячому водопостачанні для сприяння перетворенню енергії для потреб опалення.

Для підсистеми тепловіддачі, що розглядається $W_{aux} = 0$

Енергія входу до підсистеми тепловіддачі.

Енергія входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі (системи опалення) розраховується за формулою:

$$Q_{H.em.in} = Q_{H.em.out} - K \cdot W_{H.bm.aux} - Q_{H.em.is.rvd} + Q_{H.em.is.nrvd} \quad (83)$$

де $Q_{H.em.out}$ - енергія виходу підсистеми тепловіддачі, дорівнює енергопотребі:

$$Q_{H.em.out} = Q_{H.md}$$

K - коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії ($K = 0,8 \cdot \eta_{H,gn}$)

$W_{H.bm.aux} = 0$ - додаткова енергія, Вт*год;

$Q_{H.em.is.nrvd}$ - енергія виходу підсистеми тепловіддачі, дорівнює енергопотребі:

$Q_{H.em.is.rvd}$ - утилізовані тепловтрати підсистеми тепловіддачі, $Q_{H.em.is.rvd} = 0$

Формулу (83) можна виразити у вигляді:

$$Q_{H.em.in} = Q_{H.nd} + Q_{H.em.is} \quad (87)$$

Розрахунок енергії входу в підсистему тепловіддачі приведений в збірній таблиці розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця А.5)

$$Q_{H.em.is.nrvd} = Q_{H.em.is}$$

4.2 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення.

Розрахунок енергоспоживання підсистеми розподілення включає:

- розрахунок тепловтрат (утилізаційні);
- розрахунок тепловтрат (утилізовані);

Тепловтрати систем розподілення - трубопроводів систем опалення, Розташованих в опалювальних приміщеннях, можна утилізувати для опалення приміщень, а тому вони вважаються утилізаційними.

У неопалювальному приміщенні тепловтрати трубопроводів не є утилізаційними.

Тепловтрати підсистеми розподілення.

Розрахунок тепловтрат підсистеми розподілення $Q_{H.dis.is}$ (в т.ч. неутилізаційних, утилізаційних, утилізованих та неутилізованих) визначені згідно п. 15.5 та приведені в таблиці А.19 додатку А-7 Розрахунку.

Згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 додаткова енергія (W_{aux}) - це електроенергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячому водопостачанні для сприяння перетворенню енергії для потреб опалення.

Для підсистеми розподілення, що розглядається додаткова енергія не враховується через незначне значення $W_{aux} = 0$

Енергія входу в підсистему розподілення.

Енергія входу, що необхідна для підсистеми розподілення розраховується за формулою:

$$Q_{H.dis.in} = Q_{H.dis.out} + Q_{H.dis.is.nrvd} \quad (93)$$

Розрахунок енергії входу в підсистему розподілення приведений в збірній таблиці розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця А.5)

Загальна енергія виходу з підсистеми генерації теплоти дорівнює енергії входу в підсистему розподілення:

$$Q_{H.gen.out} = Q_{H.dis.in} \quad (94)$$

$Q_{H.dis.in}$ - енергія входу в підсистему розподілення теплоти, Вт*год

4.3. Тепловтрати підсистеми генерування.

Розрахунок тепловтрат підсистеми генерування $Q_{H.gen.is}$ визначений згідно п. 15.6.2 ДСТУ та приведений в таблиці А.20 додатку А-8 Розрахунку

4.4 Споживання теплової енергії при опаленні.

Розрахунок споживання теплової енергії при опалення приведений в збірній таблиці Розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця А.5).

При складанні збірної розрахункової таблиці визначення споживання теплової енергії при опаленні враховані розрахунки згідно формул (96) та (97)

$$Q_{H.use} = Q_{H.gen.out} + Q_{H.gen.is} \quad (96)$$

$$Q_{H.use,an} = \sum_i Q_{H.use} / 1000 \quad (97)$$

де $Q_{H.gen.out}$ - енергія виходу із підсистеми генерування, Вт*год

$Q_{H.gen.ui}$ - загальні тепловтрати підсистеми генерування, Вт*год

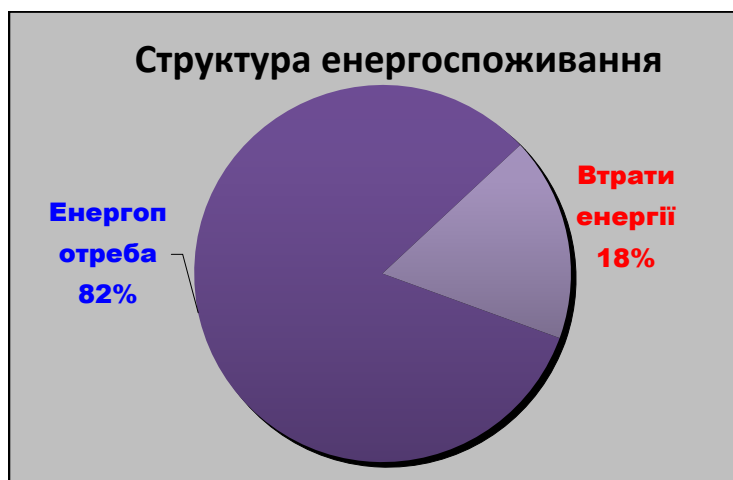
2.5. ЗБІРНА РОЗРАХУНКОВА ТАБЛИЦЯ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ

Таблиця А.5

Місяць року	Підсистема тепловіддачі			Підсистема розподілу			Підсистема генерування		
	Енергопотреба	Теплові втрати	Енергія входу	Енергія виходу	Неутилізовані тепловтрати	Енергія входу	Енергія виходу	Теплові втрати	Споживання теплової енергії опаленням
	$Q_{H.nd}$ кВт*год	$Q_{H.em.is}$ кВт*год	$Q_{H.em.in} =$ $Q_{H.dis.out}$ кВт*год	$Q_{H.dis.out} =$ $Q_{H.em.in}$ кВт*год	$Q_{H.dis.is.nrvd}$ кВт*год	$Q_{H.dis.in} =$ $Q_{H.gen.out}$ кВт*год	$Q_{H.gen.out} =$ $Q_{H.dis.in}$ кВт*год	$Q_{H.gen.is}$ кВт*год	$Q_{H.use}$ кВт*год
Будівля закладу									
січень	46327	11	46338	46338	1185	47523	47523	7736	55259
лютий	28509	7	28516	28516	1092	29608	29608	4820	34428
березень	16773	4	16777	16777	1157	17933	17933	2919	20853
квітень	2896	1	2896	2896	269	3166	3166	515	3681
жовтень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
листопад	479	0	479	479	356	835	835	136	971
грудень	26572	6	26579	26579	1116	27695	27695	4508	32203
	121556,5	28			5174		126759	20635	147394,5

(104,5) Гкал/рік

(126,8) Гкал/рік



Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією (згідно розділу 8.2).

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К розраховується за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_u + H_A \quad (11)$$

де, H_D - безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К

H_g - стаціонарний узагальн. коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К

H_u - узагальн. коеф. теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К

H_A - узагальн. коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К

В загальному випадку H_x , що відображає H_D, H_g, H_u , або H_A розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} [\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k] + \sum_j \chi_j \quad (12)$$

де, A_i - площа i -того елемента оболонки будівлі, м²;

U_i - коефіцієнт теплопередачі i -того елемента оболонки будівлі, Вт/(м²*К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma i}$

$R_{\Sigma i}$ - опір теплопередачі i -того елемента оболонки будівлі, м²*К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189;

ψ_k - лінійний коефіцієнт теплопередачі k -того лінійного теплопровідного включення, Вт/(м*К);

l_k - довжина k -того лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j - точковий коефіцієнт теплопередачі j -того точкового теплопровідного включ., Вт/К

$b_{tr,x}$ - поправочний коефіцієнт, що становить: $b_{tr,x} = 1$ - при розрахунках H_D ; при розрахунках H_g, H_u, H_A значення має визначатись згідно з 8.2.2.

Теплопередача до суміжних некондиціонованих об'ємів визначається з використанням поправочного коефіцієнта $b_{tr,x} = b_u$. Визначення поправочного коефіцієнта b_u для огорожень, що межують з суміжними некондиціонованими (неопалювальними) об'ємами (техповерх, техпідпілля) базується на визначенні температури суміжного некондиціонованого об'єму або приміщення. Розрахунок поправочного коефіцієнта b_u досить трудомісткий та має проводитись для кожного місяця, що є економічно невиправданим. Згідно п. 8.2.2.3.9 для існуючих будівель, а також для цілей сертифікації енергоефективності допускається використовувати значення поправочних коефіцієнтів згідно таблиці 3 ДСТУ

Таблиця 3 ДСТУ. Значення поправочного коефіцієнта b_u

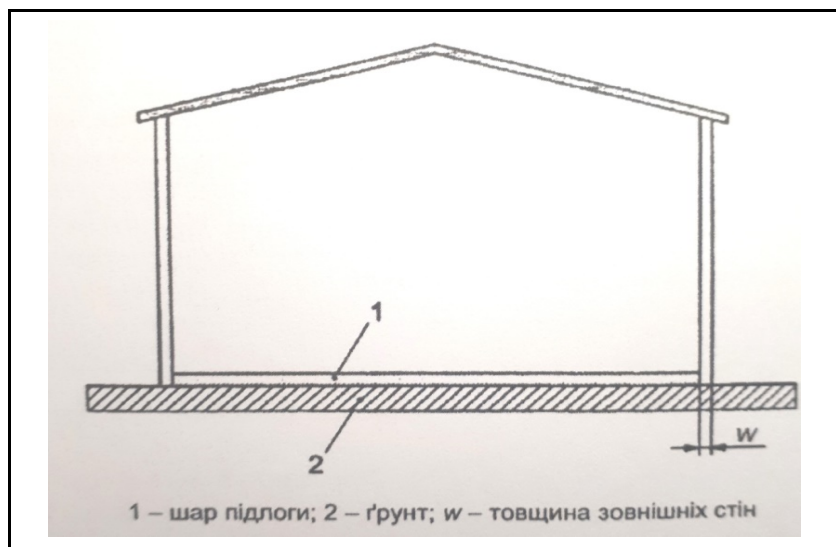
Тип некондиціонованого об'єму	Коефіцієнт b_u	
	для опалювального періоду	для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будинків	0,9	0
Неопалювальна сходові клітина в середині будівлі	0,4	0
Неопалювальне приміщення з трьома зовнішніми стінами	0,8	0
Неопалювальне приміщення з 2-ма зовнішніми стінами та дверима	0,6	0
Неопалювальне приміщення з однією зовнішньою стіною	0,5	0
Засклений балкон (лоджія) для існуючої будівлі	0,7	1,0*
Засклений балкон (лоджія) для нового проектування	0,85	1,0*

*) - при відкритих стулках

Теплопередача до ґрунту для варіанту підлога по ґрунту 1 поверх

Схема розміщення підлоги по ґрунту приведена на рисунку А.5

Рисунок А.5



Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U , Вт/м²*К, визначається за формулою для неізолюваної або середньоізолюваної підлоги:

$$U = (2 * \lambda / (\pi * B' + d_t) * \ln[(\pi * B') / d_t + 1]) \quad (Б.1)$$

де $B' = A / 0,5 * P = 6,63$ - характерний розмір підлоги

$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 1,4$ - еквівалентна товщина підлоги, м

$A = 148,61$ - площа підлоги, м²;

$P = 44,8$ - зовнішній периметр підлоги, м

w - загальна товщина зовнішніх стін, м

прийmemo $w = 0,6$ м

$\lambda = 1,8$ - теплопровідність ґрунту, Вт/м*К - прийнято згідно таблиці Б.1

$R_{si} = 0,17$ - тепловий внутрішній поверхневий опір, м²*К/Вт - прийнято згідно Б.2

$R_{se} = 0,043$ - тепловий зовнішній поверхневий опір, м²*К/Вт - прийнято згідно Б.2

$R_f = 0,23$ - термічний опір підлоги, що складається з таких шарів: бетон 0,3 м, ц/п стяжка 0,04 м, лінолеум

Категорія	Опис	λ , Вт/(м·К)	Теплоємність на одиницю об'єму, ρc , Дж/(м ³ ·К)
1	Глина або мул	1,5	$3,0 \times 10^6$
2	Пісок або гравій	2,0	$2,0 \times 10^6$
3	Скельний або напівскельний	3,5	$2,0 \times 10^6$

Примітка. У випадку, коли тип ґрунту невідомий або невизначений, обирають категорію 2.

Тип огорожувальної конструкції	Тепловий поверхневий опір
Внутрішній, для вертикальних огорожувальних конструкцій	$R_{si} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Внутрішній, для горизонтальних огорожувальних конструкцій (тепловий потік зверху вниз)	$R_{si} = 0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Внутрішній, для горизонтальних огорожувальних конструкцій (тепловий потік знизу вверх)	$R_{si} = 0,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Усі зовнішні поверхні	$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

$$U = (2 * \lambda / (\pi * B' + d_t) * \ln[(\pi * B') / d_t + 1]) = 0,1616 * 2,7365 = 0,442 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Теплопередача до ґрунту для варіанту підлога по ґрунту підвал

Схема розміщення підлоги по ґрунту приведена на рисунку А.5

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U , Вт/м²*К, визначається за формулою для неізольованої або середньоізольованої підлоги:

$$U = (2*\lambda / (\pi*B' + d_t) * \text{Ln}[(\pi*B') / dt + 1]) \quad (\text{Б.1})$$

де $B' = A / 0,5 * P = 8,02$ - характерний розмір підлоги

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 1,4 \quad \text{- еквівалентна товщина підлоги, м}$$

$$A = 292,3 \quad \text{- площа підлоги, м}^2;$$

$$P = 72,9 \quad \text{- зовнішній периметр підлоги, м}$$

w - загальна товщина зовнішніх стін, м

$$\text{прийємо } w = 0,6 \text{ м}$$

$$\lambda = 1,8 \quad \text{- теплопровідність ґрунту, Вт/м*К - прийнято згідно таблиці Б.1}$$

$$R_{si} = 0,17 \quad \text{- тепловий внутрішній поверхневий опір, м}^2\text{К/Вт - прийнято згідно Б.2}$$

$$R_{se} = 0,043 \quad \text{- тепловий зовнішній поверхневий опір, м}^2\text{К/Вт - прийнято згідно Б.2}$$

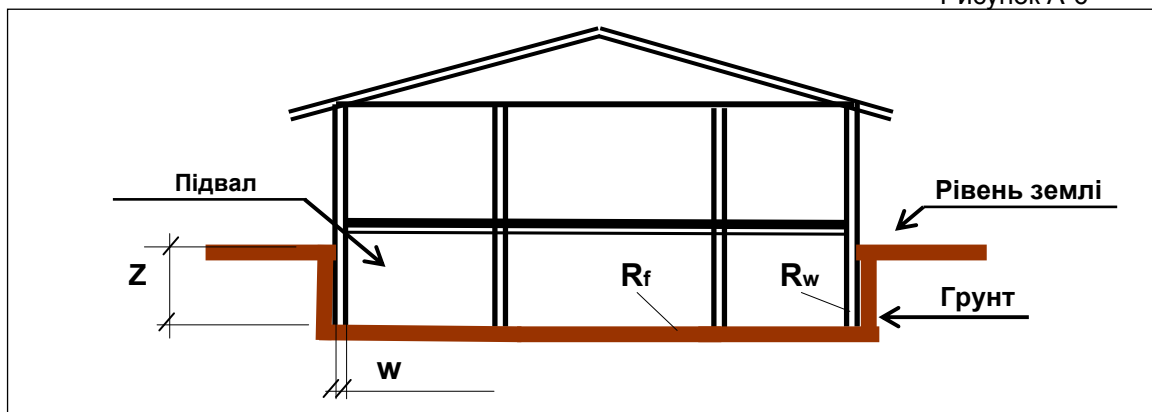
$$R_f = 0,23 \quad \text{- термічний опір підлоги, що складається з таких шарів: бетон 0,3 м, ц/п стяжка 0,04 м, лінолеум}$$

$$U = (2*\lambda / (\pi*B' + d_t) * \text{Ln}[(\pi*B') / dt + 1]) = 0,1352 * 2,9148 = 0,394 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Теплопередача до ґрунту для варіанту стіни по ґрунту підвал

Схема розміщення підлоги та стін опалювального підвалу приведена на рисунку А-6

Рисунок А-6



Коефіцієнт теплопередачі стін підвалу опалювального підвалу U_{bw} , Вт/м²*К, визначається за формулою :

$$U_{bw} = [(2*\lambda) / (\pi*Z)] * [1 + (0,5*d_t) / (dt+Z)] * \text{Ln}[(Z/d_w) + 1]$$

$$\text{де } d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 1,4 \quad \text{- еквівалентна товщина підлоги, м}$$

$$w = 0,6 \quad \text{- загальна товщина зовнішніх стін, м}$$

$$\lambda = 1,8 \quad \text{- теплопровідність ґрунту, Вт/м*К - прийнято згідно таблиці Б.1}$$

$$R_{si} = 0,17 \quad \text{- тепловий внутрішній поверхневий опір, м}^2\text{К/Вт - прийнято згідно Б.2}$$

$$R_{se} = 0,043 \quad \text{- тепловий зовнішній поверхневий опір, м}^2\text{К/Вт - прийнято згідно Б.2}$$

$$R_f = 0,20 \quad \text{- термічний опір підлоги, що складається з таких шарів: бетон 0,3 м, ц/п стяжка 0,04 м}$$

$$Z = 2,0 \quad \text{- висота стін, що контактують з ґрунтом}$$

$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 2,18$ - еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, м

$R_w = 1,00$ - термічний опір стін

$$U_{bw} = [(2 \cdot \lambda) / (\pi \cdot Z)] \cdot [1 + (0,5 \cdot d_t) / (d_t + Z)] \cdot \ln[(Z/d_w) + 1] = 0,689 \cdot 1,10 = 0,757 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Визначення лінійних і точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двовірних та тримірних температурних полів відповідно. Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-21

Для існуючих будівель, за відсутності інформації щодо теплопровідних включень у конструкції, необхідно використовувати коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень, за формулою:

$$U_{op,corr} = U_{op,mn} + \Delta U_{tb} \quad (21)$$

де, $U_{op,mn}$ - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю), Вт/(м²·К)

ΔU_{tb} - додаткова складова за замовчуванням до коефіцієнта теплопередачі непрозорих конструкцій U_{op} , що враховує вплив теплопровідних включень, Вт/(м²·К)

Розрахункові значення ΔU_{tb} наведені в таблиці 4 ДСТУ

Таблиця 4 – Значення додаткової складової до коефіцієнту теплопередачі, які враховують вплив теплопровідних включень	
Середнє значення коефіцієнта теплопередачі непрозорої частини конструкцій, Вт/(м ² ·К)	ΔU_{tb} , Вт/(м ² ·К)
$U_{op,mn} \geq 0,8$	0,0
$0,4 \leq U_{op,mn} < 0,8$	0,075
$U_{op,mn} < 0,4$	0,15

При проведенні цього енергетичного аудиту розрахунок впливу теплопровідних включень приведений у розділі 3.2. тому 1 звіту

Розрахунок загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією приведений в табл. А.6

Таблиця А.6

Ви огорожувальних конструкцій	A_i , м ² площа	R , м ² ·К/Вт тепловий опір	U , Вт/м ² ·К коэф. тепло- передачі	ΔU_{tb} , Вт/м ² ·К додаткова складова (тепл. включ.)	$b_{tr,x,H}$ коэф. кореляції суміжного об'єму	$H_{x,H}$, Вт/К узагальн. коэф. теплопередачі (опал)
Зовнішні стіни 1 - 3 поверх	1133,8	0,81	1,23	0	1	1399,8
Зовнішні стіни підвал	63,3	0,97	1,03	0	1	65,3
Зовнішні стіни підвалу (ґрунт)	159,7		0,76	0	1	120,9
Внутр. стіни підвалу (неопал приміщ)	16,7	1,01	0,99	0	0,5	8,3
Світлопрозорі констр. (вікна пласт)	49,5	0,53	1,89	0	1	93,5
Світлопрозорі констр. (вікна дерев)	255,2	0,37	2,70	0	1	689,7
Зовнішні двері (дерев. старі)	9,5	0,25	4,00	0	1	38,1
Зовнішні двері (пластик)	5,1	0,50	2,00	0	1	10,1
Перекриття над неопал. підвалом	67,2	0,38	2,63	0	0,3	53,1
Горищне перекриття	508,1	0,75	1,34	0	0,9	610,7
Підлога на ґрунті (1 пов)	148,6		0,44	0,075	1	76,9
Підлога на ґрунті (підвал)	292,3		0,394	0,15	1	159,0
Всього:						3325

$$H_{tr,adj.H} = 3325 \text{ Вт/К}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцію.

$$H_{ve.adj} = \rho_a c_a \left(\sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \right) \quad (24)$$

де, $\rho_a c_a$ - теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт/(м³*К);

$q_{ve,k,mn}$ - усереднена за часом витрата повітря від k -того елемента, м³/год;

$b_{e,k}$ - температурний поправочний коефіцієнт для k -того елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{e,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища;

k - представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Для будівлі, що досліджується має місце лише один повітряний потік - інфільтрація і природна вентиляція. Механічна вентиляція відсутня.

Усереднена за часом витрата повітря k -того елемента повітряного потоку $q_{ve,k,mn}$ розраховується за формулою:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,k} q_{ve,k} \quad (25)$$

де, $q_{ve,k}$ - витрата повітря k -того елемента повітряного потоку, м³/год; визначається згідно п. 9.2.3

$f_{ve,k,mn}$ - частка роботи k -того елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу (повний час $f_{ve,k,mn} = 1$), визначається згідно п.9.2.3

$f_{ve,k,mn} = 1$ - для інфільтрації і природної вентиляції (діє цілодобово);

$f_{ve,k,mn} = (95 * 0) / (133 * 24) = 0,00$ - для механічної вентиляції

де, **95** - кількість робочих днів в опалювальний період

133 - тривалість опалювального періоду, днів

0 - кількість годин роботи механічної вентиляції за добу.

$b_{ve,k} = 1$ - для вентиляції з інфільтрацією повітря ззовні (природна вентиляція)

$b_{ve,k} = (1 - \eta_h)$ - для механічної вентиляції з протиточним рекуператором.

де, $\eta_h = 0,0$ - коефіцієнт ефективності рекуператора - рекуператор відсутній $b_{ve,k} = 1$

Витрата повітря за рахунок інфільтрації, пасивних припливних отворів або вікон (природна вентиляція) визначається за формулою:

$$q_{ve.inf,mn} = q_{ve.e,k,mn} = n_{inf,mn} V \quad (30)$$

де, $n_{inf,mn}$ - кратність повітрообміну, год⁻¹,

$n_{inf,mn} = 0,10$ - середня кратність повітрообміну будівлі (інфільтрація), год⁻¹

$V = 6635,7$ - кондиціонований об'єм будівлі, м³.

Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію за рахунок інфільтрації:

$$q_{ve.inf,mn} = 0,10 * 6635,7 = 663,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію за рахунок механічної вентиляції

$$q_{ve.inf,mn} = 0,00 * 0 = 0,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцію :

$$H_{ve.adj} = 0,33 * (3690,7 * 1) = 218,98 \text{ Вт/К}$$

Внутрішні теплові надходження.

Згідно з методологією до уваги приймаються такі теплові надходження: внутрішній тепловий потік від людей (метаболічна теплота), внутрішні теплові потоки від обладнання та від освітлення. Значення теплових надходжень та період часу надходжень приймаються згідно таблиці 6.

Фактична кількість учнів - 50% від розрахункової кількості, тому приймемо, що теплові надходження становитимуть - метаболічна теплота - 4,0 Вт/м², обладнання - 4,0 Вт/м².

Таблиця 6 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, значення за замовчуванням

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота $\Phi_{int, Oc}$, Вт/м ²	Освітлення $\Phi_{int, L}$, Вт/м ²	Обладнання $\Phi_{int, A}$, Вт/м ²
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
<u>Будівлі навчальних закладів</u>	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2,7	7,0	6,0

При проведенні розрахунків внутрішніх теплових надходжень прийнято:

$$\Phi_{int} = 18,0 \text{ Вт/м}^2 \quad t = 50,0 \text{ год}$$

Період часу для внутрішніх теплових надходжень:

- січень:	t = 50 * (31 / 7) = 221,43 год
- лютий:	t = 50 * (28 / 7) = 200,0 год
- березень:	t = 50 * (31 / 7) = 221,43 год
- квітень:	t = 50 * (9 / 7) = 64,286 год
- жовтень:	t = 50 * (0 / 7) = 0 год
- листопад:	t = 50 * (3 / 7) = 21,429 год
- грудень:	t = 50 * (31 / 7) = 221,43 год

Сонячні теплові надходження.

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої визначається місцевістю, орієнтацією сприймаючих поверхонь, постійним чи рухомих затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії сприймаючими поверхнями.

Теплонадходження від сонця до будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol} , Вт/год, розраховуються за формулою:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol.mn.k} \right) t \quad (36)$$

де, $\Phi_{sol.mn.k}$ - усереднений за часом тепловий потік від К-того джерела сонячного випромінювання, Вт (визначається згідно з 11.3)

t - тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах (згідно з додатком А);

Сонячні теплонадходження через К-ий елемент будівлі $\Phi_{sol.k}$, Вт, визначається за формулою:

$$\Phi_{sol.k} = F_{sh.ob.k} * A_{sol.k} * I_{sol,k} - F_{r.k} * \Phi_{r.k} \quad (37)$$

де, $F_{sh.ob.k}$ - понижувальний коеф. затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції К-ої поверхні (згідно з 11.4.2)

$A_{sol.k}$ - еквівалентна площа інсоляції К-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу, м², визначається згідно 11.3.3; 11.3.4; 11.3.5)

$I_{sol.k}$ - сонячна радіація - значення енергетичної освітленості сприймаючої площі К-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності, Вт/м² (додаток А)

$F_{r.k}$ - коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:

- $F_{r.k} = 1$ - для незатіненого горизонтального даху;

- $F_{r.k} = 0,5$ - для незатінених вертикальних стін;

$\Phi_{r.k}$ - додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосфері від К-го елемента будівлі, Вт. (згідно 11.5)

Площа світлопрозорих конструкцій будівлі:

- на фасаді Пн-Сх.	A_w Пн-Сх	=	63,2	м ²
- на фасаді Пд-Сх.	A_w Пд-Сх	=	60,9	м ²
- на фасаді Пд-Зх.	A_w Пд-Зх	=	129,4	м ²
- на фасаді Пн-Зх.	A_w Пн-Зх	=	51,2	м ²

Площа непрозорих елементів, які піддіються інсоляції:

- на фасаді Пн-Сх.	A_w Пн-Сх	=	330,1	м ²
- на фасаді Пд-Сх.	A_w Пд-Сх	=	255,3	м ²
- на фасаді Пд-Зх.	A_w Пд-Зх	=	355,4	м ²
- на фасаді Пн-Зх.	A_w Пн-Зх	=	256,3	м ²
- перекриття.	A_c	=	0,0	м ²

Понижувальний коефіцієнт затінення зовнішніми перешкодами $F_{sh.ob}$ може мати значення від 0 до 1 і показує зниження кількості падаючого випромінювання через постійне затінення поверхні, яке спричиняється: іншими будівлями; топографією (пагорби, дерева); звисами; іншими елементами самої будівлі; зовнішніми частинами стін, в які встановлені засклені елементи.

Поверхні будівлі мають незначне затінення деревами та іншими елементами будівлі. Звиси і ребра відсутні. Світловодськ Кіровоградська обл. - I арх.-буд. район. Кут затінення 20°

Коефіцієнт $F_{sh.ob}$ розраховується за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} * F_{ov} * F_{fin} \quad (43)$$

де F_{hor} - частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту (згідно з табл. 12)

F_{ov} - частковий поправочний коефіцієнт затінення звисів (згідно з табл. 13)

F_{fin} - частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер (згідно з табл. 14)

Для опалювального періоду значення поправочних коефіцієнтів приведені в таблиці А.7

Таблиця А.7

Коефіцієнт	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх
F_{hor}	0,95	0,8	0,81	0,95
F_{ov}	1	1	1	1
F_{fin}	1	1	1	1
F_{sh}	0,95	0,8	0,81	0,95

Понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення $F_{sh.gl}$ розраховується за формулою:

$$F_{sh.gl} = [(1 - f_{sh.with}) * g_{gl} + f_{sh.with} * g_{gl+sh}] / g_{gl} \quad (41)$$

де $g_{gl} = F_w * g_n$ - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності затінення;

$F_w = 0,9$ - поправочний коефіцієнт для незатіненого скління;

$g_n = 0,75$ - прийнято для потрійного скління згідно таблиці 8

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низькоемісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективним низькоемісійним покриттям	0,58

$$g_{gl} = 0,9 * 0,75 = 0,68$$

g_{gl+sh} - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення, визначають множенням g_{gl} на понижуючий коефіцієнт, що залежить від типу рухомого затінення (табл. 9)

Тип завіси	Оптичні властивості завіси		Понижувальний коефіцієнт з	
	поглинання	пропускання	завісами всередині	завісами ззовні
Білі венеціанські жалюзі	0,1	0,05	0,25	0,1
		0,1	0,3	0,15
		0,3	0,45	0,35
Білі завіси	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,8	0,75
		0,9	0,95	0,95
Кольорові текстильні	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Текстильні з алюмінієвим покриттям	0,2	0,05	0,20	0,08

$$g_{gl+sh} = 0,52 * 0,8 = 0,42$$

$f_{sh.with}$ - зважений інтервал часу, коли сонячне затінення використовується, приймається за таблицю 11 для I кліматичного району України

Таблиця 11 – Коефіцієнт використання рухомого затінення

Кліматичний район України*	Місяць	Коефіцієнт затінення $f_{sh.with}$, для відповідного напрямку							
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
I	Червень	0,09	0,00	0,02	0,09	0,27	0,46	0,48	0,36
	Липень	0,08	0,00	0,07	0,18	0,37	0,50	0,49	0,37
	Серпень	0,04	0,00	0,08	0,23	0,36	0,55	0,52	0,35

Значення цього коефіцієнту розраховується лише для періоду червень - серпень. Для інших місяців $f_{sh.with} = 0$, отже $F_{sh.gl} = 1$

Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів A_{sol} , m^2 , розраховується за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh.gl} * g_{gl} * (1 - FF) * A_{w.p} \quad (38)$$

де $F_{sh.gl}$ - понижувальний коефіцієнт затінювання для рухомих засобів

$$F_{sh.gl} = 1$$

$g_{gl} = 0,68$ - визначено вище

FF - частка площі обрамлення - відношення площі проекції обрамлення до загальної площі заксленого елемента. Згідно 11.4.3 прийнято $FF = 0,19$

$A_{w.p}$ - загальна площа проекції заксленого елемента (площа вікон та вітражів) - приведена вище.

Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів (вікон і вітражів) A_{sol} для будівлі приведена в таблиці А.8:

$g_{gl} = 0,68$ $FF = 0,19$ Таблиця А.8

Орієнтація	Загальна площа закслених елементів $A_{w.p}$, m^2	Коефіцієнт затінення для рухомих засобів, $F_{sh.gl}$	Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів, A_{sol} , m^2
Пн-Сх	63,2	1	34,55
Пд-Сх	60,9	1	33,30
Пд-Зх	129,4	1	70,78
Пн-Зх	51,2	1	27,98

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі.

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , m^2 , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s.c} * R_{se} * U_c * A_c \quad (40)$$

де $\alpha_{s.c}$ - безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації (згідно з табл. 10)

Таблиця 10 – Коефіцієнт поглинання сонячної радіації та теплового випромінювання матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції

Матеріал зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, $\alpha_{s,c}$	Коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ϵ
Азбестоцементний лист	0,65	0,96
Асфальтобетон	0,9	0,93
Бетон	0,7	0,62
Дерево нефарбоване	0,6	0,8
Захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію	0,65	0,95
Цегла керамічна	0,7	0,93
Цегла силікатна	0,6	0,9
Облицювання природним каменем білим	0,45	0,42
Пофарбування силікатне темно-сіре	0,7	0,81
Пофарбування вапняне біле	0,3	0,90
Плитка облицювальна керамічна	0,8	0,93
Плитка облицювальна скляна	0,6	0,94
Плитка облицювальна біла або палева	0,45	0,93
Руберойд з піщаною засипкою	0,9	0,9
Сніговий покрив	0,2	0,89
Сталь листова, пофарбована білою фарбою	0,45	0,9
Сталь листова, пофарбована темно-червоною фарбою	0,8	0,9

Для будівлі:

- зовнішні стіни - фарбування світле $\alpha_{s,c} = 0,5$

- горищне покриття (покрівля світла)

$$\alpha_{s,c} = 0,55$$

$R_{se} = 0,043$ - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $m^2 K/Вт$

U_c - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $Вт/m^2 K$

- для зовнішньої стіни $U_c = 1,23$

- для горищного перекриття $U_c = 1,34$ - з коефіцієнтом $K=0,04$ (п. 11.3.4)

- для суміщеного перекриття $U_c = 0,00$

A_c - площа непрозорої частини, m^2 .

Розрахунок еквівалентної площі інсоляції непрозорих елементів основної будівлі A_{sol} , m^2 приведений в таблиці А.9:

Таблиця А.9

Огородження	Орієнтація	Площа $A_{w,p}$ m^2	$\alpha_{s,c}$	R_{se} $m^2 K/Вт$	U_c $Вт/m^2 K$	Еквівалентна площа інсол. A_{sol} , m^2
Зовн. стіна	Пн-Сх	330,1	0,50	0,043	1,23	8,76
	Пд-Сх	255,3	0,50	0,043	1,23	6,78
	Пд-Зх	355,4	0,50	0,043	1,23	9,43
	Пн-Зх	256,3	0,50	0,043	1,23	6,80
Сум.покрит	гориз	0,0	0,55	0,043	1,34	0,00
Горищ. покр	гориз	508,1	0,55	0,043	0,00	0,00

Теплове випромінювання в атмосферу.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки Φ_r , Вт, визначається за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} * U_c * A_c * h_r * \Delta \Theta_{er} \quad (44)$$

де $R_{se} = 0,043$ - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м² К/Вт

U_c - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/м² К

- для зовнішньої стіни $U_c = 1,23$

- для горищного перекриття $U_c = 1,34$

- для суміщеного перекриття $U_c = 0,00$

A_c - площа проекції елемента, м².

h_r - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/м² К,

Допустимо приймати $h_r = 5\varepsilon$, де ε визначається згідно таблиці 10

- для зовнішньої стіни $h_r = 5 \times 0,93 = 4,7$

- для покриття $h_r = 5 \times 0,90 = 4,5$

$\Delta \Theta_{er}$ - середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери. Приймається, що $\Delta \Theta_{er} = 11$ К

Розрахунок теплового випромінювання в атмосферу Φ_r , Вт, для будівлі приведений в таблиці А.10

Таблиця А.10

Огородження	Орієнтац.	Площа A_c м ²	R_{se} м ² К/Вт	U_c Вт/м ² К	h_r Вт/м ² К	$\Delta \Theta_{er}$ °С	Теплове випромінювання а атм. Φ_r , Вт
Зовнішня стіна	Пн-Сх	330,1	0,043	1,23	4,7	11	896,4
	Пд-Сх	255,3	0,043	1,23	4,7	11	693,2
	Пд-Зх	355,4	0,043	1,23	4,7	11	965,0
	Пн-Зх	256,3	0,043	1,23	4,7	11	696,0
Сум. покрит	гориз	0,0	0,043	1,34	4,5	11	0,0
Горищ. покр	гориз	508,1	0,043	0,00	4,5	11	0,0

Подальші розрахунки зведені в таблиці для визначення сонячних теплових надходжень

Φ_{sol} для всіх елементів будівлі, для кожного місяця та з урахуванням орієнтації

Сонячна радіація - значення енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхонь за даною орієнтацією прийняті згідно додатку А стандарту

Світлопрозорі конструкції будівлі (табл. А.11)

Таблиця А.11

Мі-ся-ць	Параметри										
	$A_{sol} * F_{sh}, M^2$				$I_{sol}, \text{вт}/M^2$				$A_{sol} F_{sh} I_{sol}$	$\Phi_r * F_r$	Φ_{sol}
	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх	Вт	Вт	Вт
1	32,82	26,64	57,33	26,58	14	42	45	15	4557	0	4557
2	32,82	26,64	57,33	26,58	26	59	63	26	6728	0	6728
3	32,82	26,64	57,33	26,58	39	79	83	40	9206	0	9206
4	32,82	26,64	57,33	26,58	56	96	93	55	11189	0	11189
10	32,82	26,64	57,33	26,58	24	77	72	24	7605	0	7605
11	32,82	26,64	57,33	26,58	12	36	34	12	3621	0	3621
12	32,82	26,64	57,33	26,58	9	29	25	9	2741	0	2741

0,95 0,8 0,81 0,95 ← F_{sh}

Непрозорі елементи будівлі (табл. А.12)

Таблиця А.12

Мі- ся- ць	Параметри												
	$A_{sol} * F_{sh}, M^2$				$I_{sol}, Вт/М^2$				$A_{sol} F_{sh} I_{sol}$	$\Phi_r * F_r$	Φ_{sol}		
	Пн	Сх	Пд	Зх	Пн	Сх	Пд	Зх	Вт	Вт	Вт		
1	8,32	5,42	7,64	6,46	14	42	45	15	785	406	379		
2	8,32	5,42	7,64	6,46	26	59	63	26	1186	406	779		
3	8,32	5,42	7,64	6,46	39	79	83	40	1646	406	1239		
4	8,32	5,42	7,64	6,46	56	96	93	55	2053	406	1646		
10	8,32	5,42	7,64	6,46	24	77	72	24	1322	406	916		
11	8,32	5,42	7,64	6,46	12	36	34	12	632	406	226		
12	8,32	5,42	7,64	6,46	9	29	25	9	481	406	75		
	0,95	0,8	0,81	0,95	← F_{sh}								

Сумарні теплові надходження від сонця до будівлі Q_{sol} (таблиця А.13)

Таблиця А.13

Місяць	Φ_{sol} для світлопроз Вт	Φ_{sol} для непрозорих Вт	$\sum \Phi_{sol}$ Вт	Тривалість місяця год	$\sum Q_{sol}$ Вт*год
січень	4557	379	4936	744	3672180
лютий	6728	779	7508	672	5045053
березень	9206	1239	10446	744	7771623
квітень	11189	1646	12836	48	616113
жовтень	7605	916	8521	0	0
листопад	3621	226	3847	720	2770018
грудень	2741	75	2815	744	2094731

Коефіцієнт використання теплових надходжень для опалення

Безрозмірний коефіцієнт використання теплових надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ - це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_H та числового параметру a_H , який залежить від інерції будівлі.

$$\gamma_H = Q_{H,gn} / Q_{H,ht} \quad (49)$$

де $Q_{H,gn}$ - сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт*год;

$Q_{H,ht}$ - сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт*год;

Для випадку, коли $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 0$ коефіцієнт використання теплових надходжень визначається формулою:

$$\eta_{H,gn} = (1 - \gamma_H^{a_H}) / (1 - \gamma_H^{a_H+1}) \quad (46)$$

a_H - безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі

$$a_H = 1 + \tau / 15 \quad (50)$$

$$\tau = C_m / (H_{tr.adj} + H_{ve.adj}) \quad (56)$$

τ - часова константа будівлі, год

$$C_m = C A_f \quad (58)$$

$H_{tr.adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісії, Вт/К

$H_{ve.adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляції, Вт/К

A_f - кондиціонована площа будівлі, м²

C - внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі, Вт*год/м² К (табл. 15)

Клас	C, Вт·год/(м ² ·К)	Деталізація
Дуже легкий	25	Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо
Легкий	35	Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев'яними перекриттями
Середній	50	Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглину, із залізобетонними чи деревними перекриттями
Важкий	80	Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями
Дуже важкий	110	Особливо капітальні будівлі з кам'яними або цегляними стінами (товщиною в 2,5 – 3,5 цеглини), із залізобетонним чи металевим каркасом, із залізобетонним перекриттям

Для будівлі закладу приймемо $C = 80$ Вт*год/м² К

Розрахунок безрозмірного числового параметра a_H приведений в таблиці А.14

Таблиця А.14

Найменування будівлі	A_f м ²	C Вт*год/м ² К	$H_{tr.adj}$ Вт/К	$H_{ve.adj}$ Вт/К	τ -	a_H -
Житловий блок	1816,7	80	3325	219	41,0	3,7

Тепловтрати підсистеми тепловіддачі.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі (опалення) визначаються для кожного місяця за формулою (79):

$$Q_{H.em.is} = [(f_{hydr} * f_{im} * f_{rad}) / \eta_{em} - 1] * Q_{H.em.out} \quad (79)$$

де $Q_{H.em.is}$ - загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі за місяць, Вт*год;
 $Q_{H.em.out}$ - енергія виходу від підсистеми тепловіддачі за конкретний місяць, Вт*год,
 є енергопотребою для опалення за конкретний місяць ($Q_{H.nd}$)

$$Q_{H.em.out} = Q_{H.nd}$$

- f_{hydr} - коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;
 f_{im} - коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму:
 - $f_{im} = 1$ - для постійного теплового режиму;
 - $f_{im} = 0,99$ - для періодичного теплового режиму з регулюванням без інтегрального зворотнього зв'язку.
 f_{rad} - коеф., що враховує променеву складову (для променевого опалення);
 η_{em} - загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні:

$$\eta_{em} = 1 / [4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})] \quad (80)$$

- η_{str} - складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;
 η_{ctr} - складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;
 η_{emb} - складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем);

Коеф., що враховує гідравлічне налагодження системи опалення f_{hydr} , приймається згідно таблиці 18

Тип системи	Впливовий фактор	f_{hydr}
Однотрубна	Система не налагоджена. Відсутні балансувальні клапани на стояках (горизонтальних вітках) системи	1,03
	Система налагоджена. Наявні автоматичні регулятори перепаду тиску на стояках (вітках) з більш ніж вісьмома опалювальними приладами або наявне тільки статичне налагодження системи (ручні балансувальні клапани)	1,01
	Система налагоджена. Наявні автоматичні регулятори перепаду тиску на стояках (вітках) з вісьмома та менше опалювальними приладами	1,00
	Система налагоджена. Наявне автоматичне регулювання перепаду тиску в терморегуляторах або електронних регуляторах витрати теплоносія на опалювальних приладах (автоматичних регуляторах температури повітря у приміщенні)	0,98

Коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку приймають $f_{rad} = 1,0$.

Для однотрубною не налагодженою системою з терморегуляторами на опалюв. приладах:

$$f_{hydr} = 1,03 \quad f_{rad} = 1,0$$

Загальний рівень енергоефективності для тепловіддавальної складової системи η_{em} визначається з використанням таблиці 17:

$$\eta_{str} = 0,93 ; \quad \eta_{ctr} = 0,86 ; \quad \eta_{emb} = 1,0 ;$$

$$\eta_{str} = (\eta_{str1} + \eta_{str2})/2$$

Таблиця 17 – Ефективність вільнообітчних нагрівальних поверхонь (радіатори); приміщення заввишки не більше ніж 4 м

Впливовий фактор		Складові загального рівня ефективності			
		η_{str1}	η_{str2}	η_{ctr}	η_{emb}
Регулювання температури повітря приміщення	Відсутнє			0,86	
	За усередненої (характерної) температури повітря приміщень будівлі			0,88	
	П-регулювання (2 К*)			0,93	
	П-регулювання (1 К*)			0,95	
	ПІ-регулювання			0,97	
	ПІ-регулювання з оптимізацією (наприклад, наявність диспетчеризації, адаптованого контролю)			0,99	
Температурний напір (за температури повітря 20 °С)	60 К (наприклад, 90/70)	0,88			
	42,5 К (наприклад, 70/55)	0,93			
	30 К (наприклад, 55/45)	0,95			
Специфічні тепловтрати через зовнішні огородження	Опалювальний прилад встановлено біля внутрішньої стіни		0,87		1
	Опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни:				
	– вікно без радіаційного захисту;		0,83		1
	– вікно з радіаційним захистом;		0,88		1
	– звичайна стіна		0,95		1

$$\eta_{em} = 1 / [4 - (0,93 + 0,86 + 1,0)] = 0,83$$

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі для будівлі приведені в таблиці А.15

Основна будівля. Тепловтрати підсистеми тепловіддачі

Таблиця А.15

Місяць року	$Q_{H.em.out} = Q_{H.nd}$ Вт*год	f_{hyrd}	f_{im}	f_{rad}	η_{em}	$Q_{H.em.is}$, Вт*год
Січень	46327	1,03	0,99	1,0	0,83	10833
Лютий	28509	1,03	0,99	1,0	0,83	6667
Березень	16773	1,03	0,99	1,0	0,83	3922
Квітень	2896	1,03	0,99	1,0	0,83	677
Жовтень						
Листопад	479	1,03	0,99	1,0	0,83	112
Грудень	26572	1,03	0,99	1,0	0,83	6214

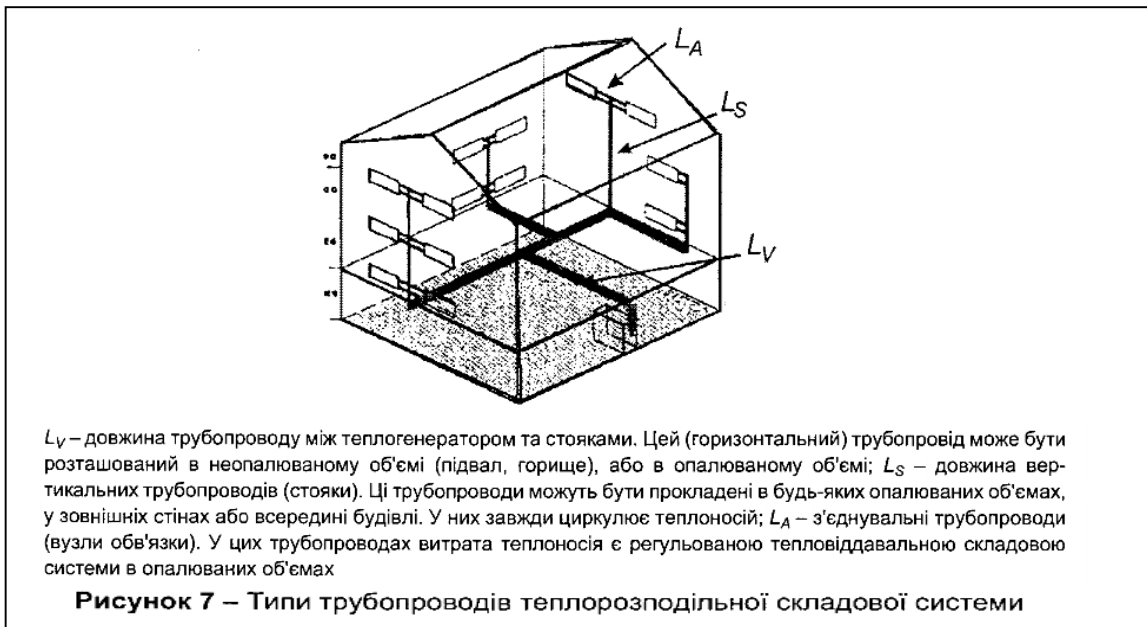
Тепловтрати підсистеми розподілення.

Тепловтрати системи розподілення впродовж місяця, вт*год, розраховують за формулою:

$$Q_{H.dis.is} = \sum \psi_L * (\Theta_{m.i} - \Theta_i) * L * t_{op.an} \quad (88)$$

- де ψ_L - лінійний коеф. теплопередачі трубопроводу, вт*год;
 $\Theta_{m.i}$ - середня температура теплоносія в зоні у продовж місяця, визначається за температурним графіком відпуску тепла котельнею, °С;
 Θ_i - температура навколишнього середовища, °С; (опалювальні приміщення 17 °С);
 L - довжина трубопроводів, м;
 $t_{op.an}$ - години опалення упродовж місяця, год

Результатом розрахунку тепловтрат є сума тепловтрат різних типів трубопроводів L_A , L_S та/або L_V . Класифікацію цих трубопроводів приймемо згідно рисунку 7.



Опис системи опалення із вказанням типу системи опалення, діаметрів та довжини секцій трубопроводів:

Система опалення будівлі однотрубна з верхнім розведенням. Магістральні подаючі трубопроводи системи опалення прокладені з тепловою ізоляцією по горищу. Зворотні магістральні трубопроводи системи опалення прокладені під підлогою першого поверху та у опалювальному підвалі. Магістральний трубопровід мають середній діаметром $d=50$ мм.

Проект на будівлю та систему опалення відсутній, вимірювання фактичних довжин трубопроводів ускладнене прихованим прокладанням частини трубопроводів та особливостями будівлі.

Довжини трубопроводів системи розподілення визначені розрахунковим методом у відповідності до вимог пункту 15.5.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та розділу А.3.3. ДСТУ Б EN 15316-2-3.

Кожна будівля, або окремих блок будівлі, має такі характеристики, що використовуються при проведенні розрахунків довжин секцій трубопроводів:

- L_1 - довжина будівлі (блоку будівлі);
- L_w - ширина будівлі (блоку будівлі);
- h - висота поверху;
- N - кількість поверхів

Будівля має таку схему та характеристики, що використовуються при проведенні оцінки довжини секцій трубопроводів:



Блок будівлі	L1	Lw	h	N
1	33	12	3,2	3
2	9	6	3,2	3
3	9	6	3,2	3
4	0	0	0	0

Довжини секцій трубопроводів для однотрубної системи опалення визначаються за такими формулами:

$$L_v = 2 * L_1 + 0,0325 * L_1 * L_w \quad , \text{ м}$$

$$L_s = 0,025 * L_1 * L_w * h * N \quad , \text{ м}$$

$$L_A = 0,1 * L_1 * L_w * N \quad , \text{ м}$$

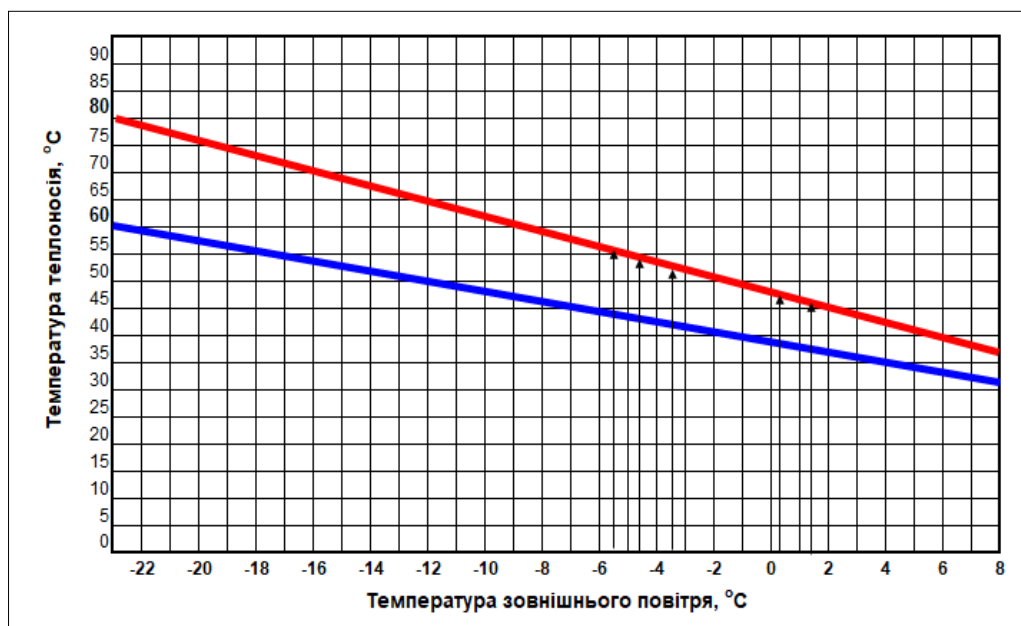
Розрахунок довжини секцій трубопроводів розподілення сист. опалення приведений в таблиці:

Секція труб	Довжина секції труб, м				
	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Всього
L _v	79	20	20	0	118
L _s	95	13	13	0	121
L _A	119	16	16	0	151

Середні діаметри секцій трубопроводів системи опалення:

- для L_v d = 0,057 м; - для L_s d = 0,025 м; - для L_A d = 0,02 м;

Середня температура теплоносія прийнята у відповідності до температурного графіка (80/60°C) та значень середньомісячних температур зовнішнього повітря у опалювальний період 2019 року.



Параметри підсистеми розподілення, виявлені при проведенні обстеження системи опалення, приведені в таблиці А.16

Таблиця А.16

Тип трубопроводів	Місце прокладання	L, м	Наявність ізоляції	d, м	ψ _L , Вт/(м К)
L _v , опалення	не кондиціоновані приміщ.	0	не ізольовані	0,057	2,51

L_v , опалення	кондиціоновані приміщ.	59	не ізолювані	0,057	2,51
L_v , опалення	не кондиціоновані приміщ.	59	ізолювані	0,057	1,43
L_s , опалення	кондиціоновані приміщ.	121	не ізолювані	0,025	1,10
L_A , теплост	кондиціоновані приміщ.	151	не ізолювані	0,020	0,88

Лінійні коефіцієнти теплопередачі ψ_L . Вт/м²*К, визначені згідно формул (89) та (90) за спрощеним варіантом:

$$\psi_L = h_a * 3,14 * d$$

де $h_a = 8$ Вт/м²*К - для ізолюваних трубопроводів;

$h_a = 14$ Вт/м²*К - для неізолюваних трубопроводів;

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для трубопроводів, що прокладені у опалювальних приміщеннях (утилізовані теплові втрати): $\psi_L = 1,25$ Вт/(м К)

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для трубопроводів, що прокладені у не опалювальних приміщеннях (не утилізовані теплові втрати): $\psi_L = 1,4$

Утилізовані та неутілізовані тепловтрати.

Всі трубопроводи прокладені у опалювальних приміщеннях, тому втрати всіх трубопроводів є утилізаційними.

Неутилізаційні тепловтрати $Q_{H.dis.is.nrbl}$ підсистеми розподілення, мають визначатися згідно формули (88), приведені в таблиці А.17

Неутилізаційні тепловтрати.

Таблиця А.17

Місяць року	ψ_L Вт/(м ² *К)	L м	$t_{op.an}$ год	$\Theta_{m.i}$ °С	Θ_i °С	$Q_{H.dis.is} = Q_{H.dis.is.nrbl}$ Вт*год
Січень	1,43	59	744	50,0	14	152551,1
Лютий	1,43	59	672	49,0	14	145347,3
Березень	1,43	59	744	43,0	14	105684,0
Квітень	1,43	59	216	34,5	14	59939,9
Жовтень	1,43	59	0	34,5	14	59939,9
Листопад	1,43	59	72	42,0	14	99666,7
Грудень	1,43	59	744	47,5	14	134859,4

757988,3

Утилізаційні тепловтрати $Q_{H.dis.is.rbl}$ розраховуються за формулою (88) з урахуванням формули (91):

$$Q_{H.dis.is.rvd} = Q_{H.dis.is.rbl} * 0,9 * \eta_{H.gn} \quad (91)$$

Розрахунок утилізаційних тепловтрат для будівлі дитячого закладу приведені в таблиці А.18

Утилізаційні та утилізовані тепловтрати.

Таблиця А.18

Місяць року	ψ_L Вт/(м ² *К)	L м	$t_{op.an}$ год	$\Theta_{m.i}$ °С	Θ_i °С	$Q_{H.dis.is} = Q_{H.dis.is.rbl}$ Вт*год	$\eta_{H.gn}$	$Q_{H.dis.is.rvd}$ Вт*год
Січень	1,25	331	744	50,0	17,0	10169037	0,998	9136894
Лютий	1,25	331	672	49,0	17,0	8906605	0,993	7960117
Березень	1,25	331	744	43,0	17,0	8011968	0,965	6960755
Квітень	1,25	331	216	34,5	17,0	1565614	0,962	1356202
Жовтень	1,25	331	0	34,5	17,0	0	1,000	0
Листопад	1,25	331	72	42,0	17,0	745531	0,730	489481
Грудень	1,25	331	744	47,5	17,0	9398655	0,995	8417604

38797411

34321054

Неутилізовані тепловтрати - це сума неутілізованих тепловтрат системи розподілення в неопалювальних об'ємах та різниці між утилізаційними та утилізованими тепловтратами в опа-

лювальних об'ємах, що розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,nrvd} = Q_{H,dis,is,nrbl} + (Q_{H,dis,is,rbl} - Q_{H,dis,is,rvd}) \quad (92)$$

В таблиці А.19 приведі збірні дані щодо неутілізованих та утілізованих тепловтрат будівлі

Таблиця А.19

Неутілізовані та утілізовані тепловтрати системи розподілення.

Місяць року	Неутілізаційні $Q_{H,dis,is,nrbl}$ вт*год	Утілізаційні $Q_{H,dis,is,rbl}$ вт*год	Утілізовані $Q_{H,dis,is,rvd}$ вт*год	Неутілізовані $Q_{H,dis,is,nrvd}$ вт*год
Січень	152551	10169037	9136894	1184694
Лютий	145347	8906605	7960117	1091836
Березень	105684	8011968	6960755	1156897
Квітень	59940	1565614	1356202	269352
Жовтень	59940	0	0	59940
Листопад	99667	745531	489481	355716
Грудень	134859	9398655	8417604	1115910
			34321054	5234345

Тепловтрати підсистеми генерування.

Загальні тепловтрати підсистеми генерування теплоти у продовж місяця, $\text{вт}^*\text{год}$, розраховується за формулою:

$$Q_{H.gen. is} = Q_{H.gen.out} * [(1 - \eta_{H.gen}) / \eta_{H.gen}] \quad (95)$$

де $\eta_{H.gen}$ - ефективність підсистеми генерування (сезонна).

$Q_{H.gen.out}$ - енергія виходу з підсистеми генерування теплоти, $\text{вт}^*\text{год}$

Загальна енергія виходу з підсистеми генерації теплоти дорівнює енергії входу в підсистему розподілення:

$$Q_{H.gen.out} = Q_{H.dis.in} \quad (94)$$

де $Q_{H.gen.out}$ - енергія виходу з підсистеми генерування теплоти, $\text{вт}^*\text{год}$

$Q_{H.dis.in}$ - енергія входу в підсистему розподілення теплоти, $\text{вт}^*\text{год}$

Визначення ефективності генерування здійснюється виходячи з того, що будівля отримує тепло від системи центрального тепlopостачання.

Сезонну ефективність підсистеми генерування можна оцінити за допомогою інформації таблиці 27. Нижче приведений фрагмент таблиці, що стосується централізованого теплопостачання.

Енергоносії/послуга	Джерело тепlopозабезпечення	Ефективність, %		
		До 1994 р.	1994 – 2008 рр.	Починаючи з 2008 р.
Опалення	Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110 °С зі зрізкою без коригування в ІТП	70	70	70
Опалення	Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком 110 °С або вище зі зрізкою без коригування в ІТП	62	62	62
Опалення	Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110 °С без зрізки без коригування в ІТП. Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням та ЦТП без коригування за погодними умовами	<u>86</u>	86	86
Опалення	Централізоване тепlopостачання з постійною температурою теплоносія без коригування в ІТП	50	50	50
Опалення	Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням та ЦТП з коригуванням за погодними умовами з автоматичним обмеженням витрати системи опалення кожної будівлі	93	93	93
Опалення	Централізоване тепlopостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП за погодними умовами	95	95	96

Ефективність системи генерування будівлі може становити $\eta_{H.gen} = 86\%$

Розрах. теплових втрат в підсистемі генерування теплової енергії приведений в табл. А.20

Будівля ДНЗ. Тепловтрати підсистеми генерування.

Місяць року	Енергія входу в підсистему генерування $Q_{H,gen.out} = Q_{H,dis,in}$ Вт*год	$\eta_{H,gen}$	Тепловтрати генерації $Q_{H,gen.is}$ Вт*год
Січень	47523	0,86	7736
Лютий	29608	0,86	4820
Березень	17933	0,86	2919
Квітень	3166	0,86	515
Жовтень	0	0,86	0
Листопад	835	0,86	136
Грудень	27695	0,86	4508

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЕЛЬ

ЗОШ №1 за адресою: м. Світловодськ, вул. Вадима Бойка, 8

№ п/п	Найменування елементів будівлі	Характеристики 1-го елемента						К-сть шт	Характеристики групи елементів			
		Розміри, м			площа	об'єм	перим		площа	об'єм	перим	
		ширина	довжина	висота	F, м ²	V, м ³	P, м		F, м ²	V, м ³	P, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Корпус 1												
Площа опалювальних приміщень												
	1 поверх									1816,7		
	2 поверх									508,13		
	3 поверх									508,13		
	Підвал									292,32		
Об'єм опалювальних приміщень												
											6635,7	
Загальна площа зовнішніх стін 510 мм. опалювальних приміщень (вище відмітки 0) брутто, в т. ч.:												
	Пн-Сх									1290,5		
	Пд-Сх									369,5		
	Пд-Зх									264,1		
	Пн-Зх									390,1		
										266,8		
Загальна площа зовнішніх стін 640 мм. опалювальних приміщень (нижче відмітки 0) брутто, в т. ч.:												
	Пн-Сх									60,5		
	Пд-Сх									34,9		
	Пд-Зх									10,5		
	Пн-Зх									11,1		
										4,0		
Загальна площа внутрішніх стін опалювальних приміщень що межують з неопалювальними приміщеннями (підвал):												
										16,7		
Площа вікон опалювальних приміщень, в т. ч.:												
										304,7		616,02

	Металопластикові блоки зі склопакетами								49,5		95,3
	Пн-Сх								0,0		0,0
				0,0		0,0	0		0,00		0,00
	Пд-Сх								9,9		22,4
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,3	7,5	3		9,9		22,4
	Пд-Зх								39,7		72,8
	1,89x3,15	1,89		3,15	5,95	10,08	5		29,77		50,40
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,29	7,48	3		9,88		22,44
	Пн-Зх								0,0		0,0
				0,0		0,0	0		0,0		0,0
	Дерев'яні в незадовільному стані								255,2		520,7
	Пн-Сх								63,2		119,5
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,29	7,48	15		49,42		112,20
	1,31x2,32	1,31		2,32	3,04	7,3	1		3,04		7,26
	1,35x1,59	1,35		1,59	2,15	5,9	5		10,73		29,40
	Пд-Сх								51,0		103,4
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,3	7,5	8		26,4		59,8
	1,31x2,32	1,31		2,32	3,0	7,3	6		18,2		43,6
	1,35x1,59	1,35		1,59	2,1	5,9	3		6,4		17,6
	Пд-Зх								89,8		179,5
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,29	7,48	24		79,07		179,52
	1,35x1,59	1,35		1,59	2,15	5,88	5		10,73		29,40
	Пн-Зх								51,2		118,4
	1,42x2,32	1,42		2,32	3,3	7,5	10		32,9		74,8
	1,31x2,32	1,31		2,32	3,0	7,3	6		18,2		43,6
	Площа дверей будівлі, в т. ч.:								14,6		9,4

Металопластикові зі склопакетами (замінені)								5,1		0,0
	Пн-Сх							0,0		0,0
				0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пд-Сх							0,0		0,0
				0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пд-Зх							5,1		9,4
	1,65x3,07	1,65		3,07	5,07	9,4	1	5,1		9,4
	Пн-Зх							0,0		0,0
				0,00		0,0	0	0,0		0,0
Дерев'яні неутеплені двері (в незадовільному стані)								9,5		17,6
	Пн-Сх							0,0		0,0
				0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пд-Сх							4,0		8,1
	1,72x2,35	1,72		2,35	4,04	8,1	1	4,0		8,1
	Пд-Зх							0,0		0,0
				0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пн-Зх							5,5		9,5
	2,02x2,72	2,02		2,72	5,49	9,5	1	5,5		9,5
	0,87x2,0	0,87		2	1,74	5,7	1	1,7		5,7
Площа відкосів вікон δ= 330 мм. будівлі, в т. ч.:								203,3		
	Пн-Сх							39,4		119,5
	Пд-Сх							41,5		125,8
	Пд-Зх							83,3		252,4
	Пн-Зх							39,1		118,4
Площа відкосів дверей δ= 330 мм. будівлі, в т. ч.:								8,9		
	Пн-Сх							0,0		0,0

	Пд-Сх									2,7		8,1
	Пд-Зх									3,1		9,4
	Пн-Зх									3,1		9,5
Площа зовнішніх стін 510 мм. опалювальних приміщень будівлі (вище відмітки 0) нетто, в т. ч.:										1133,8		
	Пн-Сх									296,2		
	Пд-Сх									243,3		
	Пд-Зх									341,9		
	Пн-Зх									252,3		
Площа зовнішніх стін 640 мм. опалювальних приміщень (нижче відмітки 0) нетто, в т. ч.:										63,3		
	Пн-Сх									33,9		
	Пд-Сх									12,0		
	Пд-Зх									13,4		
	Пн-Зх									4,0		
Загальна площа зовнішніх стін опалювальних приміщень (нижче відмітки 0 - грунт) : (середня висота даних стін 2,0 м.)										159,7		
Площа горіщного перекриття										508,1		
Площа підлоги на ґрунті першого поверху (зовнішній периметр 44,8 м.)										148,6		
Площа підлоги на ґрунті підвалу (зовнішній периметр 72,9 м.)										292,3		
Площа перекриття над опалювальним підвалом										292,3		
Площа перекриття над неопалювальним підвалом										67,2		
Загальна площа										1883,9		
Розрахункова площа										1222,0		
Площа зовнішніх заглиблених стінових конструкцій, що контактують з ґрунтом у будівлях з півалом										72,9		

Площа зовнішніх заглиблених стінових конструкцій, що контактують з ґрунтом у будівлях без півалу									22,4		
Коефіцієнт скління фасадів будівлі	0,24										
Показник компактності будівлі	0,35										
Корпус 2											
Площа опалювальних приміщень									209,4		
Об'єм опалювальних приміщень										720,4	
Площа зовнішніх стін нетто									146,0		
Площа вікон будівлі									28,6		
Площа дверей будівлі									2,1		
Площа воріт будівлі									27,4		
Площа горючого перекриття									209,4		
Площа підлоги на ґрунті									209,4		

Опалювальна площа - площа поверхів (в т. ч. опалювальних підвалів) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки і внутрішні стіни (в т. ч. сходові клітини, ліфтові шахти...)

В опалювальну площу не включаються: теплі горища і техпідпілля, холодні горища, технічні поверхи, холодні веранди..

Площа горища чи технічного поверху визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь).

Розрахункова площа будівлі - сума площ усіх приміщень за винятком коридорів, переходів, сходових клітин, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних мереж.

Загальна площа будівлі - сума площ усіх поверхів (включаючи технічні, мансардний, цокольний та підвальний)

Загальна площа зовнішніх стін - визначається за внутрішніми розмірами будинку.

Загальна площа зовнішніх стін (з вікнами та дверима) - це добуток периметра зовнішніх стін на внутрішню висоту будинку з урахуванням площі віконних і дверних укосів глибиною від внутрішньої поверхні стін до внутрішньої поверхні вікон чи дверей.

Площа вікон визначається за розмірами прорізів у стінах.

Площа зовнішніх стін (площа непрозорої частини зовнішніх стін) - це різниця загальної площі та площі вікон і дверей.

Коефіцієнт скління фасадів (m_w) - відношення загальної суми площ світлопрозорих огорожень фасаду до загальної суми площ не світлопрозорих огорожень (стіни та двері) та суми площ світлопрозорих огорожень (до загальної площі фасадів).

Розрахунковий показник компактності (Λ) - відношення загальної площі внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень до опалювального об'єму будівлі.

Опалювальний об'єм - добуток опалювальної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху.

Зовнішні заглиблені стінові онструкції, що контактують з ґрунтом у будівлях з півалом - утеплюється теплоізоляційним матеріалом товщиною не менше 50 мм на глибину 1,0 метр

Зовнішні заглиблені стінові онструкції, що контактують з ґрунтом у будівлях без півалу - утеплюється теплоізоляційним матеріалом товщиною не менше 50 мм на глибину 0,5 метра

Для геометричних характеристик застосовуються терміни **НЕТТО** і **БРУТТО**.

Термін **БРУТТО** означає - не розділений на складові частини. Так, наприклад, **загальна площа зовнішніх стін**, що згідно Л-1 є добутком периметра зовнішніх стін на висоту та включає до свого складу площі вікон та зовнішніх дверей, є **площею зовнішніх стін брутто**.

Термін **НЕТТО** є антиподом брутто та означає "очищений від зайвого". Так **площа зовнішніх стін**, згідно Л-1, що визначається як площа непрозорої частини стін та є різницею загальної площі (площі брутто) та площі вікон і зовнішніх дверей, є **площею зовнішніх стін нетто**. Площа зовнішніх стін нетто враховує також площу внутрішніх укосів вікон та зовнішніх дверей.

ДОДАТОК Б

Розрахунок енергопотребы і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської ЗОШ № 1

[Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі за методологією енергетичної сертифікації будівель].

Розрахунок енергопотребі і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської ЗОШ № 1

[Розробка показників енергетичної оцінки будівлі].

1. Загальна інформація.

При проведенні розрахунку показників енергетичної оцінки будівлі за основу взятий повірочний розрахунок фактичного енергоспоживання (Додаток А). Всі умови розрахунку залишаються без змін, крім:

- замість фактичного повітрообмігу $K=0,10$ прийнятий розрахунковий повітрообмін $K=0,36$;
- замість фактичної внутрішньої температури 17°C прийнята розрахункова 19°C ;
- замість фактичних температур зовнішнього повітря у 2019 році прийняті розрахункові.

2. Вихідні дані.

2.1. Опис будівлі та основні параметри.

Всі геометричні розміри будівлі приведені у додатку А-9 "Розрахунок геометричних показників будівлі"

В таблиці 1 розділу "Вихідні дані" приведені площі та коефіцієнти термічного опору огорожень.

Таблиця 1

№ п/п	Найменування огорожень	Площа м ²	Коефіцієнт термічного опору м ² *°C/Вт
1	Зовнішні стіни 1-3 поверх*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	1133,8 296,2 243,3 341,9 252,3	0,81
2	Зовнішні стіни підвал*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	63,3 33,9 12,0 13,4 4,0	0,97
3	Зовнішні стіни підвалу (грунт)	159,7	
4	Вікна металопласт, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	49,5 0,0 9,9 39,7 0,0	0,530
5	Вікна дерев'яні, в тому числі: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	255,2 63,2 51,0 89,8 51,2	0,37
6	Двері дерев'яні (старі) в тому числі: Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	9,5 0,0 4,0 0,0 5,5	0,25
7	Двері пластик в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	5,1 0,0 0,0 5,1 0,0	0,50
8	Горищне перекриття	508,1	0,75
9	Перекриття над неопал. підвалом	67,2	0,38
10	Підлога на ґрунті (1 пов)	148,6	
11	Підлога на ґрунті (підвал)	292,3	
12	Внутр. стіни підвалу(меж. з неоп.)	16,7	1,01

*) - площа зовнішніх стін (без врахування площі вікон та зовнішніх дверей) та з відкосами

Експлуатаційні характеристики закладу.

Розрахункова кількість місць у школі.....	250-280*	місць
Фактична (спискова) кількість дітей	240	осіб
Кількість працівників у школі	44	осіб
Кількість діб роботи школи в опалювальний період	130	діб
Кількість днів проведення уроків у опалюв.період з урахуванням канікул ...	105	діб
Кількість годин роботи школи в робочі дні	10	год

*) - Значення офіційно визнаної нормативної кількості місць у замовника різне в різних джерелах. Нормативна чисельність учнів, розрахована за нормою 2,4 кв. м на одного учня становить 250-280.

Загальні розрахункові геометричні показники будівлі:

Площа опалювальних приміщень будівлі	A_f	1816,7	м²
Об'єм опалювальних приміщень будівлі	V	6635,7	м³
Коефіцієнт скління фасаду	m	0,24	
Показник компактності будівлі	Λ	0,35	

2.2. Кліматичні та мікрокліматичні параметри.

Розрахункові кліматичні параметри.

Розрахункові кліматичні параметри приймаються згідно ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія" для міста Світловодська Кіровоградської області

Розрахункова зовнішня температура для проектування опалення	-22,0	°C
Середня температура опалювального періоду	-0,4	°C
Тривалість опалювального періоду	178	діб

Розрахункові середньомісячні температури зовнішнього повітря

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
-5,3	-4,2	0,7	8,8	15,1	18,5	20,3	19,5	14,4	7,9	2	-2,8

Розрахункова тривалість опалювального періоду (помісячно)

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
31	28	31	11						16	30	31

Розрахункові мікрокліматичні параметри внутрішнього повітря.


Аналіз нормативів мікроклімату у приміщеннях дитячого закладу проведений у розділі 2 звіту про проведення енергетичного аудиту (том 1). В результаті проведеного аналізу для подальших розрахунків прийнято:

Внутрішня задана температура опалення	20,0	°C
Температура чергового режиму опалення	17,0	°C
Скоригована температура опалення	19,0	°C
Графік опалення (к-сть годин на тиждень з постійним опаленням до заданої температури)	50,0	г/тижд
Середня розрахункова кратність повітрообміну за опалювальний період	0,36	крат

Приведена вище середня за опалювальний період кратність повітрообміну є нормативною та встановлює норму повітрообміну для забезпечення оптимальної якості внутрішнього повітря у будівлі школи при розрахунковій кількості учнів
Розрахунок цього нормативу приведений в додатку 6 звіту

В якості базового року по результатам аналізу вихідних даних прийнятий **2019 рік**

УВАГА !!!

В ячейках зеленого кольору  містяться вихідні дані, що потребують ручного введення.

В ячейках сірого кольору  містяться вихідні дані, що є результатом попередніх розрахунків електронних таблиць Excel.

3. Розрахунок енергопотребы для опалення будівлі.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення $Q_{H,nd}$, $вт^*год$, розраховують за формулою (3)

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (3)$$

де, $Q_{H,ht} = Q_{tr} +$ - сумарна теплопередача в режимі опалення, $Вт^*год$

$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$ - сумарні теплові надходження в режимі опалення, $Вт^*год$

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol})$$

де, Q_{tr} - теплопередача трансмісією (теплопередача через огороження), $Вт^*год$

Q_{ve} - теплопередача вентиляцією, $Вт^*год$

Q_{int} - внутрішні теплові надходження, $Вт^*год$

Q_{sol} - сонячні теплові надходження, $Вт^*год$

$\eta_{H,gn}$ - безрозмірний коефіцієнт використання теплових надходжень

3.1 Теплопередача трансмісією.

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , $Вт^*год$, розрахована згідно формули (9)

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_e) t \quad (9)$$

де, $H_{tr,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, $Вт/К$, встановлений для різниці температур всередині-зовні.

$\Theta_{int,set,H}$ - задана температура будівлі для опалення, $^{\circ}C$;

Θ_e - середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^{\circ}C$;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені згідно п. 8.2 та приведені у додатку А-1 до розрахунку

Розрахунок сумарної теплопередачі будівлі трансмісією для кожного місяця опалювального періоду приведено в таблиці Б.1

Теплопередача трансмісією.

Таблиця Б.1

Місяці року	Узагальнений коеф. теплопер. трансміс. $H_{tr,adj}$, $Вт/К$	Температура будівлі $\Theta_{int,set,H}$, $^{\circ}C$	Середньомісячна темпер. зовн. серед. Θ_e , $^{\circ}C$	Тривал. місяця год	Сумарна теплопередача транс. Q_{tr} , $Вт^*год$
січень	3325	19	-5,3	744	60119133
лютий	3325	19	-4,2	672	51843076
березень	3325	19	0,7	744	45274903
квітень	3325	19	8,8	264	8954423
жовтень	3325	19	7,9	384	14173846
листопад	3325	19	2,0	720	40701922
грудень	3325	19	-2,8	744	53934037

275001339

3.2 Теплопередача вентиляцією.

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} **Вт*год**, розрахована згідно формули (22) для кожного місяця.

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_e) t \quad (22)$$

де $H_{ve,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

$\Theta_{int,set,H}$ - задана температура будівлі для опалення, °С;

Θ_e - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Загальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією визначені згідно п. 9.2 та приведені у додатку А-2.

Розрахунок сумарної теплопередачі будівлі вентиляцією для кожного місяця опалювального періоду приведено в таблиці Б.2

Теплопередача вентиляцією.

Таблиця Б.2

Місяці року	Узагальнений коеф. теплопер. вентиляц. H_{ve} , Вт/К	Температура будівлі $\Theta_{int,set,H}$, °С	Середньомісячна темпер. зовн. серед. Θ_e , °С	Тривал. місяця год	Сумарна теплопередача dt_{yn} . Q_{ve} , Вт*год
січень	788,3	19	-5,3	744	14252274
лютий	788,3	19	-4,2	672	12290292
березень	788,3	19	0,7	264	3808553
квітень	788,3	19	8,8	264	2122800
жовтень	788,3	19	7,9	384	3360154
листопад	788,3	19	2,00	720	9649090
грудень	788,3	19	-2,8	744	12785990

58269152

3.3 Внутрішні теплонадходження.

1.3

Телові надходження від внутрішніх теплових джерел будівлі для кожного місяця визначаються формулою:

$$Q_{int} = (\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f) t \quad (35)$$

де, $\Phi_{int,mn,k}$ - усереднений за часом тепловий потік k -того внутрішнього джерела, Вт/м²;

A_f - кондиціонована площа будівлі, м²;

t - тривалість періоду використання, виражена у годинах та місяць з урахуванням святкових днів згідно таблиці 6 (додаток Б-3 до Розрахунку).

Розрахунок теплових надходжень від внутрішніх теплових джерел будівлі для кожного місяця опалювального періоду приведений в таблиці Б.3

Внутрішні теплонадходження.

Таблиця Б.3

Місяці року	Кондиціонована площа будівлі A_f , м ²	Усереднений внутрішн. теплий потік $\Phi_{int,mn}$, Вт/м ²	Тривалість теплових надходж. год	Теплові надходження від внутр. джерел Q_{int} , Вт*год
січень	1816,7	18,0	221	7240881
лютий	1816,7	18,0	200	6540151
березень	1816,7	18,0	221	7240881
квітень	1816,7	18,0	79	2569345
жовтень	1816,7	18,0	114	3737229
листопад	1816,7	18,0	214	7007304
грудень	1816,7	18,0	221	7240881

41576672

3.4 Сонячні теплонадходження.

Розрахунок сонячних теплових надходжень в повному об'ємі - додаток Б.4 до Розрахунку

3.5 Річна потреба для опалення будівлі.

Розрахунок сумарної енергопотребы для кожної складової та для кожного місяця та вцілому за рік приведений в таблиці Б.4

Річна потреба для опалення будівлі $Q_{H,nd,an}$, квт*год, розраховується згідно формули:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_i Q_{H,nd,i} / 1000 \quad (67)$$

де, $Q_{H,nd,i}$ - енергопотреба i -того місяця, квт*год

Енергопотреба для опалення, розрахована для кожного місяця опалювального періоду (року) приведені в таблиці Б.4:

Енергопотреба для опалення.

Таблиця Б.4

Місяць року	Втрати тепла, квт*год			Теплові надходження, квт*год			γ_H	$\eta_{H,gn}$	Потреба для опалення, квт*год $Q_{H,nd}$
	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gm} = Q_{H,sol} + Q_{H,int}$			
Січень	60119	14252	74371	3672	7241	10913	0,147	0,999	63473
Лютий	51843	12290	64133	5045	6540	11585	0,181	0,997	52579
Березень	45275	3809	49083	7772	7241	15013	0,306	0,987	34268
Квітень	8954	2123	11077	616	2569	3185	0,288	0,989	7927
Жовтень	14174	3360	17534	0	3737	3737	0,213	0,996	13813
Листопад	40702	9649	50351	2770	7007	9777	0,194	0,997	40606
Грудень	53934	12786	66720	2095	7241	9336	0,140	0,999	57395
Всього:	275001	58269	333270	21970	41577	63546			270061

4. Розрахунок енергоспоживання системи опалення будівлі.

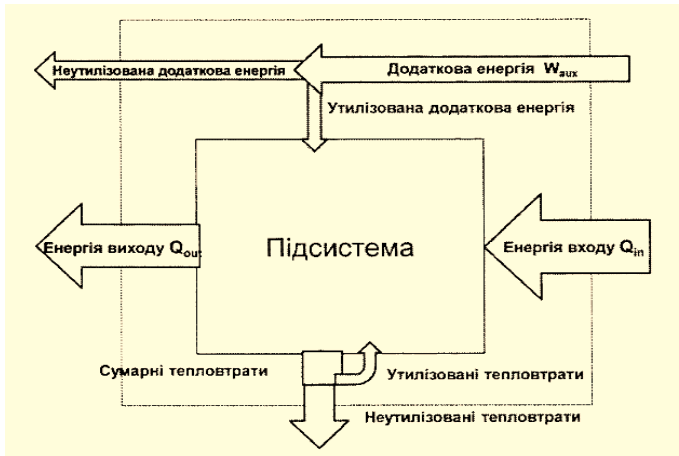
Енергоспоживання визначається як енергопотреби плюс регулярні неутилізовані теплові втрати систем. При проведенні розрахунку проводиться визначення регулярних теплових втрат таких підсистем інженерної системи будівлі:

- підсистема виділення/тепловіддачі, включаючи регулювання;
- підсистема розподілення, включаючи регулювання;
- підсистема вироблення/генерування та акумулювання, включаючи регулювання

Для будівлі, що обстежується, до підсистеми виділення/тепловіддачі відносяться нагрівальні прилади та трубопроводи їх безпосереднього підключення (обв'язки). В подальшому підсистему виділення/тепловіддачі будемо іменувати підсистемою тепловіддачі.

Підсистема розподілення включає в себе магістральні трубопроводи системи опалення та стояки місцевої системи опалення.

Підсистема вироблення / генерування та акумулювання (підсистема генерування) стосується джерела тепла - системи центрального тепlopостачання та засобів розподілу теплової енергії між будинками-споживачами тепла - індивідуальних тепlopунктів.



Для спрощеного підходу енергетичний потік для кожної підсистеми може бути зображений, як показано на рисунку 5 стандарту.

Енергія, що споживається підсистемами, розраховується окремо для теплової енергії та додаткової енергії. (При виконанні цього розрахунку додаткова енергія не врахована)

Необхідно розрізнити:

- частку регулярних тепловтрат у системі, які утилізують (можуть бути утилізовані);
- частку утилізованих регулярних тепловтрат у підсистемі, що безпосередньо утилізовані в підсистемі й тому віднімаються від сумарних тепловтрат в підсистемі.

Для кожної підсистеми енергію входу розраховують за формулою:

$$Q_{in} = Q_{out} - K \cdot W_{aux} + Q_{nrvd} \quad (67)$$

де Q_{out} - вироблена/генераційна енергія;

K - коефіцієнт для розрахунку утилізаційної частки додаткової енергії;

W_{aux} - додаткова енергія;

Q_{nrvd} - неутилізовані тепловтрати підсистеми;

$$Q_{nrvd} = Q_{is} - Q_{rvd} \quad (68)$$

Q_{is} - сумарні тепловтрати системи;

Q_{rvd} - утилізовані тепловтрати системи;

$$Q_{is} = Q_{out} \cdot [(1 - \eta) / \eta] \quad (69)$$

η - ефективність підсистеми (ККД);

Q_{out} - енергія входу в підсистему

Вплив системи автоматичного регулювання, встановлених у пунктах централізованого тепlopостачання, в межах розрахунку включають до ефективності автоматичного регулювання за формулою:

$$Q_{gen.out} = Q_{out} / \eta_{ac} \quad (70)$$

4.1 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі.

Теплоту входу до підсистем тепловіддачі визначають з урахуванням:

- нерівномірності розподілу температури у приміщенні;
- точності регулювання температури у приміщенні;
- наявності опалювальних панелей, вмонтованих у конструкції будівель.

Результати розрахунку ефективності підсистеми тепловіддачі мають включати:

- регулярні тепловтрати;
- додаткову енергію;
- утилізаційні та утилізовані тепловтрати підсистеми;
- теплоту входу до підсистеми.

Тепловтрати підсистеми тепловіддачі.

Розрахунок тепловтрат підсистеми тепловіддачі $Q_{H.em.is}$, приведений у таблиці Б.15 додатку Б-6 до цього Розрахунку.

Згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 додаткова енергія (W_{aux}) - це електроенергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячому водопостачанні для сприяння перетворенню енергії для потреб опалення.

Для підсистеми тепловіддачі, що розглядається $W_{aux} = 0$

Енергія входу до підсистеми тепловіддачі.

Енергія входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі (системи опалення) розраховується за формулою:

$$Q_{H.em.in} = Q_{H.em.out} - K \cdot W_{H.bm.aux} - Q_{H.em.is.rvd} + Q_{H.em.is.nrvd} \quad (83)$$

де $Q_{H.em.out}$ - енергія виходу підсистеми тепловіддачі, дорівнює енергопотребі:

$$Q_{H.em.out} = Q_{H.md}$$

K - коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії ($K = 0,8 \cdot \eta_{H,gn}$)

$W_{H.bm.aux} = 0$ - додаткова енергія, вт*год;

$Q_{H.em.is.nrvd}$ - енергія виходу підсистеми тепловіддачі, дорівнює енергопотребі:

$Q_{H.em.is.rvd}$ - утилізовані тепловтрати підсистеми тепловіддачі, $Q_{H.em.is.rvd} = 0$

Формулу (83) можна виразити у вигляді:

$$Q_{H.em.in} = Q_{H.nd} + Q_{H.em.is} \quad (87)$$

Розрахунок енергії входу в підсистему тепловіддачі приведений в збірній таблиці розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця Б.5)

$$Q_{H.em.is.nrvd} = Q_{H.em.is}$$

4.2 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення.

Розрахунок енергоспоживання підсистеми розподілення включає:

- розрахунок тепловтрат (утилізаційні);
- розрахунок тепловтрат (утилізовані);

Тепловтрати систем розподілення - трубопроводів систем опалення, Розташованих в опалювальних приміщеннях, можна утилізувати для опалення приміщень, а тому вони вважаються утилізаційними.

У неопалювальному приміщенні тепловтрати трубопроводів не є утилізаційними.

Тепловтрати підсистеми розподілення.

Розрахунок тепловтрат підсистеми розподілення $Q_{H.dis.is}$ (в т.ч. неутилізаційних, утилізаційних, утилізованих та неутилізованих) визначені згідно п. 15.5 та приведені в таблиці Б.19 додатку Б-7 Розрахунку.

Згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 додаткова енергія (W_{aux}) - це електроенергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячому водопостачанні для сприяння перетворенню енергії для потреб опалення.

Для підсистеми розподілення, що розглядається додаткова енергія не враховується через незначне значення $W_{aux} = 0$

Енергія входу в підсистему розподілення.

Енергія входу, що необхідна для підсистеми розподілення розраховується за формулою:

$$Q_{H.dis.in} = Q_{H.dis.out} + Q_{H.dis.is.nrvd} \quad (93)$$

Розрахунок енергії входу в підсистему розподілення приведений в збірній таблиці розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця Б.5)

Загальна енергія виходу з підсистеми генерації теплоти дорівнює енергії входу в підсистему розподілення:

$$Q_{H.gen.out} = Q_{H.dis.in} \quad (94)$$

$Q_{H.dis.in}$ - енергія входу в підсистему розподілення теплоти, Вт*год

4.3. Тепловтрати підсистеми генерування.

Розрахунок тепловтрат підсистеми генерування $Q_{H.gen.is}$ визначений згідно п. 15.6.2 ДСТУ та приведений в таблиці А.20 додатку Б-8 Розрахунку

4.4 Споживання теплової енергії при опаленні.

Розрахунок споживання теплової енергії при опалення приведений в збірній таблиці Розрахунку енергоспоживання будівлі (таблиця Б.5).

При складанні збірної розрахункової таблиці визначення споживання теплової енергії при опаленні враховані розрахунки згідно формул (96) та (97)

$$Q_{H.use} = Q_{H.gen.out} + Q_{H.gen.is} \quad (96)$$

$$Q_{H.use,an} = \sum_i Q_{H.use} / 1000 \quad (97)$$

де $Q_{H.gen.out}$ - енергія виходу із підсистеми генерування, Вт*год

$Q_{H.gen.ui}$ - загальні тепловтрати підсистеми генерування, Вт*год

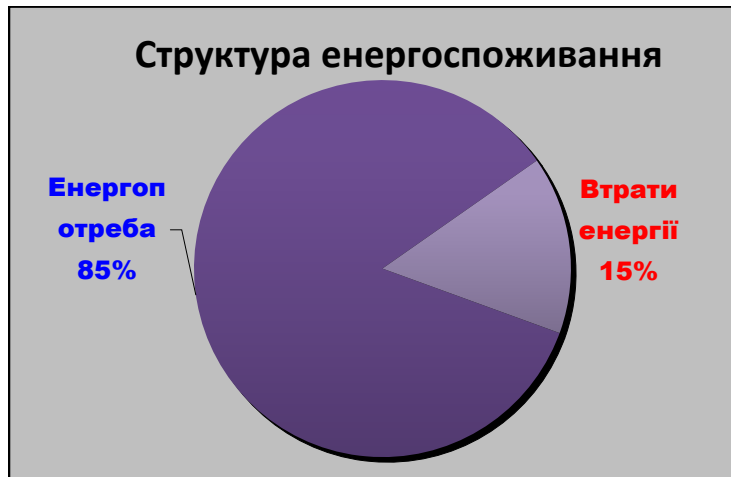
2.5. ЗБІРНА РОЗРАХУНКОВА ТАБЛИЦЯ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ

Таблиця Б.5

Місяць року	Підсистема тепловіддачі			Підсистема розподілу			Підсистема генерування		
	Енергопотреба	Теплові втрати	Енергія входу	Енергія виходу	Неутилізовані тепловтрати	Енергія входу	Енергія виходу	Теплові втрати	Споживання теплової енергії опаленням
	$Q_{H.nd}$ кВт*год	$Q_{H.em.is}$ кВт*год	$Q_{H.em.in} =$ $Q_{H.dis.out}$ кВт*год	$Q_{H.dis.out} =$ $Q_{H.em.in}$ кВт*год	$Q_{H.dis.is.nrvd}$ кВт*год	$Q_{H.dis.in} =$ $Q_{H.gen.out}$ кВт*год	$Q_{H.gen.out} =$ $Q_{H.dis.in}$ кВт*год	$Q_{H.gen.is}$ кВт*год	$Q_{H.use}$ кВт*год
Будівля закладу									
січень	15550	3	15553	15553	1113	16666	16666	1254	17920
лютий	11466	2	11469	11469	997	12466	12466	938	13405
березень	4309	1	4310	4310	1114	5424	5424	408	5832
квітень	915	0	915	915	294	1208	1208	91	1299
жовтень	2481	1	2482	2482	306	2788	2788	210	2998
листопад	8154	2	8156	8156	812	8968	8968	675	9643
грудень	14255	3	14258	14258	1017	15275	15275	1150	16424
	57129,6	12			5653		62794	4726	67520,9

(49,1) Гкал/рік

(58,1) Гкал/рік



ДОДАТОК В

**Розрахунок енергопотреби та
енергоспоживання при постачанні гарячої води
будівлі Світловодської ЗОШ № 1**

Загальна інформація щодо розрахунку річного обсягу споживання гарячої води.

У відповідності до вимог Л-2 енергопотреба та енергоспоживання при постачанні гарячої води мають визначатись розрахунковим методом, що базується на нормативах споживання гарячої води згідно ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній водопровід і каналізація".
Інформація про фактичне споживання гарячої води будівлею школи відсутня через відсутність інструментального обліку.

Розрахунок річного обсягу споживання гарячої води.

Річний обсяг споживання гарячої води будівлею розраховується за формулою:

$$V_w = q_w * n_m * n_d * \rho_w * 10^{-3} \text{ кг/рік}$$

де $q_w = 8$ л/доб*уч - середня за рік добова витрата гарячої води згідно ДБН В.2.5-64 (споживачами є лише умивальники туалетів при відсутності споживання кухні, душових, умивальників їдальні та класів)

$n_m = 300$ учнів - кількість учнів прийнята для розрахунку;

$n_d = 175$ днів/рік - кількість днів роботи системи гарячого водопостачання на рік;

$\rho_w = 1000$ кг/м³ - густина води;

$$V_w = 8 * 300 * 175 = 420000 \text{ кг/рік}$$

Розрахунок річної енергопотреби при постачанні гарячої води.

Енергопотреба для гарячого водопостачання розраховується за формулою:

$$Q_{DHW.nd} = C_w * V_w * (\theta_{w.del} - \theta_{w.o}) \text{ ккал/рік}$$

де $C_w = 1$ ккал/кг*град - питома теплоємність води

$\theta_{w.del} = 50$ °C - розрахункова температура гарячої води

$\theta_{w.o} = 10$ °C - розрахункова температура холодної води

$$Q_{DHW.nd} = 1 * 420000 * (55 - 10) = 18900000 \text{ ккал/рік}$$

18,9 Гккал/рік (21977 квт*год)

Енергопотреба $Q_{DHW.nd} = 21972 \text{ квт*год/рік}$

Річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячої води.

Всі трубопроводи гарячого водопостачання прокладені в опалювальних приміщеннях.

У зв'язку з короткими ділянками трубопроводів гарячого водопостачання циркуляційні трубопроводи не передбачені.

Річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячої води розраховуються за формулою:

$$Q_{W.dis.is} = \sum \psi_{wj} * L_{wj} * (\theta_{avg} - \theta_{amb}) * t_w$$

де ψ_{wj} - лінійний конфіцієнт теплопередачі трубопроводу (вт/м*град) визначається згідно з додатком 2 (Л-2).

L_{wj} - довжина секції трубопроводу, м

$\theta_{avg} = 50$ °C - температура гарячої води у секції трубопроводу

$\theta_{amb} = 20$ °C - середня температура середовища навколо трубопроводів

$t_w = 175 * 8 = 1400$ год/рік - період користування ГВП

Прийmemo, що гаряче водопостачання може здійснюватись з використанням електробойлерів в кількості 5 шт, загальна довжина поліпропіленових труб гарячого водопостачання d=20 мм, про-

кладених в без теплової ізоляції становитиме 60 метрів. Циркуляційні трубопроводи відсутні.

Параметри підсистеми розподілення, виявлені при проведенні обстеження системи опалення, приведені в таблиці В.1

Таблиця В. 1

Тип трубопроводів	Місце прокладання	L, м	Наявність ізоляції	d, м	ψ_L , Вт/(м К)
Трубопровід ГВП	кондиціоновані приміщ.	60	не ізольовані	0,020	0,88

Лінійні коефіцієнти теплопередачі ψ_L . Вт/м*К, визначені згідно формул (89) та (90) за спрощеним варіантом:

$$\psi_L = h_a * 3,14 * d$$

де $h_a = 8$ Вт/м²*К - для ізольованих трубопроводів;

$h_a = 14$ Вт/м²*К - для неізольованих трубопроводів;

Розрахунок тепловтрат $Q_{QH.dis.is}$ підсистеми розподілення приведений в таблиці Б.2

Таблиця Б.2

Місяць року	ψ_L Вт/(м*К)	L м	$t_{op.an}$ год	Θ_{avg} °C	Θ_{amb} °C	$Q_{H.dis.is}$ Вт*год
За рік	0,88	60,0	1400	50,0	20,0	79128,0

$$Q_{розпод} = Q_{H.dis.is} = 79,1 \text{ кВт*год/рік}$$

Річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води.

Теплові втрати циркуляційного контуру відсутні через відсутність циркуляційного контуру.

$$Q_{цирк} = Q_{H.dis.is} = 0,0 \text{ кВт*год/рік}$$

Річні тепловтрати використання води при водорозборі

Тепловтрати при водорозборі гарячої води розраховуються за формулою:

$$Q_{водорозбір} = Q_{W.em.is} = Q_{DHW.nd} * \eta_{eq}$$

де $\eta_{eq} = 0,1$ - еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати при водорозборі (додаток 7 Л-2)

$$Q_{водорозбір} = Q_{W.em.is} = 21972 * 0,1 = 2197 \text{ кВт*год/рік}$$

$$Q_{водорозбір} = Q_{W.em.is} = 2197 \text{ кВт*год/рік}$$

Розрахунок річного енергоспоживання при постачанні гарячої води

Річне енергопостачання при споживанні гарячої води розраховується за формулою:

$$Q_{DHW.use} = (Q_{DHW.nd} + Q_{розпод} + Q_{цирк} + Q_{водорозбір}) / \eta_{gen}$$

де $\eta_{gen} = 0,98$ - ефективність підсистеми генерування теплоти (додаток 1 Л-2)

$$Q_{DHW.use} = (21972 + 79,1 + 0 + 2197) / 0,98 = 24662 \text{ кВт*год/рік}$$

Енергоспоживання

$$Q_{DHW.use} = 24662 \text{ кВт*год/рік}$$

$$(21,2 \text{ Гкал/рік})$$

ДОДАТОК Г

Розрахунок енергоспоживання для охолодження існуючої будівлі Світловодської ЗОШ №1

[Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі].

Розрахунок (оцінка) енергоспоживання для охолодження існуючої будівлі Світловодської ЗОШ №1

Методологія визначення енергетичної ефективності будівель (енергетичної оцінки будівель) та Порядок розробки енергетичних сертифікатів будівель (Л-1 та Л-2) передбачають до складу енергоспоживання будівель при проведенні їх енергетичної оцінки включати енергоспоживання для потреб охолодження. При цьому для будівель шкіл охолодження в умовах України не є досить актуальним виходячи з того, що переважну частину літнього періоду школи знаходяться в режимі канікул. Крім того, зважаючи на стан української економіки та досить високий рівень вартості систем охолодження, вірогідність впровадження систем охолодження у школах у найближчі десятиліття виглядає проблематично. Не випадково ДСТУ-НБА.2.2-13:2015 «Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель» не включає до складу енергоспоживання, що підлягає аналізу енергоефективності енергоспоживання при охолодження для будівель шкіл.

В той же час діюча методологія енергетичної сертифікації будівель для встановлення класу енергетичної ефективності будівель використовує показники питомого енергоспоживання для опалення та охолодження.

При виконанні енергетичного аудиту бюджет цієї роботи не передбачав виконання повного об'єму розрахунків енергоспоживання при охолодженні. Тому енергоспоживання при охолодженні прийняте у відповідності до даних об'єктів-аналогів з використанням інформації щодо охолодження, що міститься у «Порядку незалежного моніторингу енергетичних сертифікатів».

Прийmemo, що питоме енергоспоживання для потреб охолодження будівлі школи становить **15 квт*год/м³**.

Тоді загальне енергоспоживання для охолодження будівлі школи становить:

$$15 * 6635,7 = \mathbf{99536 \text{ квт*год}}$$

ДОДАТОК Д

Розрахунок річного енергоспоживання при освітленні будівлі Світловодської ЗОШ №1

Розрахунок річного енергоспоживання при освітленні

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні розраховується за формулою:

$$W_{use} = W_L + W_p \quad \text{квт*год/рік}$$

W_L - енергія, необхідна для виконання функцій штучного освітлення в будівлі, розраховується за формулою:

$$W_L = (P_N * F_C) * [(t_D * F_o * F_D) + (t_N * F_o)] * A_f / 1000$$

де

$P_N = 15,00 \text{ Вт/м}^2$ - питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, встановлюється за проектними даними або при виявленні фактичного стану будівлі для забезпечення освітленості згідно з нормативними значеннями;

$F_C = 1,0$ - постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання встановлення освітлення при функціонуєчому контролі сталої освітленості зони та розраховується згідно з показниками типових значень для розрахунку енергоспоживання при освітленні, наведених у додатку 9 до цієї Методики;

$F_o = 1,0$ - коефіцієнт використання освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, та приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики, або розраховується відповідно до фактичних потужностей освітлювальних приладів;

$F_D = 1,0$ - коефіцієнт природного освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, та приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики;

$t_D = 1800$ - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики або визначається розрахунковим шляхом враховуючи фактичну тривалість використання штучного освітлення;

$t_N = 200$ - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики або розраховується відповідно до фактичного періоду роботи освітлювальних приладів;

$$W_L = (15,00 * 1,0) * [(1800 * 1,0 * 1,0) + (200 * 1,0)] * 1816,7 / 1000 = 54501 \quad \text{квт*год/рік}$$

W_p - енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення визначається за формулою:

$$W_p = (P_{em} + P_{pc}) * A_f \quad \text{квт*год/рік}$$

де

$P_{em} = 1,0 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$ - загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, (приймають згідно з додатком 9 до цієї Методики);

$P_{pc} = 5,0 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$ - загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, (приймають згідно з додатком 9 до цієї Методики);

$$W_p = (1,0 + 5,0) * 1816,7 = 10900 \quad \text{квт*год/рік}$$

$$W_{use} = 54501 + 10900 = 65401 \quad \text{квт*год/рік}$$

Енергоспоживання

$$W_{use} = 65401 \quad \text{квт*год/рік}$$