



ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ
про проведення енергетичного аудиту будівлі
Світловодської спеціалізованої загальноосвітньої
школи № 3 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 № 01ТК-21-ЕА

ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ
про проведення енергетичного аудиту будівлі
Світловодської спеціалізованої загальноосвітньої
школи № 3 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	20
3.3	Інженерні системи будівлі	23
3.3.1	Теплопостачання та опалення будівлі	23
3.3.2	Гаряче водопостачання будівлі	25
3.3.3	Вентиляція будівлі	25
3.3.4	Освітлення будівлі	27
3.4	Інструментальний контроль мікрокліматичних умов у приміщеннях	28
3.5	Матеріали тепловізійної (демонстраційної) зйомки	28
4	Розробка розрахункової енергетичної (електронної) моделі будівлі. Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі.	30
4.1	Розробка розрахункової енергетичної (електронної) моделі будівлі	30
4.2	Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі	31
5	Розрахунок енергоспоживання будівлі для проведення енергетичної оцінки існуючої будівлі.....	31
6	Розробка основних напрямків впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі. Визначення потенціалу енергозаощадження	36
7	Техніко – економічна оцінка впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі.....	54
8	Оцінка впровадження комплексу заходів з підвищення енергетичної ефективності за показниками викидів парникових газів (CO ₂)	59
	Додатки:	60
1	Кваліфікаційний атестат енергоаудитора №СБ-0043 на право провадити діяльність з проведення аудиту енергетичної ефективності будівель	61
2	Кваліфікаційний атестат енергоаудитора №ІС-0043 на право провадити діяльність з обстеження інженерних систем будівель	62
3	Опитувальний лист для виконання енергетичного аудиту	63
4	Інформація про фактичні витрати енергоносіїв	68

5	Розрахунок нормативного повітрообміну для будівлі школи	69
6	Відомість контролю параметрів мікроклімату у приміщеннях СЗОШ №3	71
7	Аналіз нормативних теплотехнічних характеристик огорожень будівлі у відповідності до вимог нової редакції ДБН В.2.6-31	73
8	Ціни на енергоресурси для навчальних закладів м. Світловодськ 2017-2020 р	75
9	Методика виконання розрахунків техніко-економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів	76
10	До питання відновлення функціонування вентиляційних систем будівлі СЗОШ	81
11	Аналіз інформації щодо якості тепlopостачання будівлі СЗОШ №3	83
12	Перспективні заходи щодо підвищення енергоефективності СЗОШ №3	85
Додаток А	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі (Розробка розрахункової енергетичної моделі будівлі)	86
Додаток Б	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі (Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі)	121
Додаток В	Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання при постачанні гарячої води	132
Додаток Г	Розрахунок енергоспоживання для охолодження	135
Додаток Д	Розрахунок енергоспоживання при освітлення	137

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 будівлі;
- 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 вибірковий контроль параметрів мікроклімату у будівлі (температура, відносна вологість та концентрація CO₂) показав незадовільний стан мікрокліматичних умов. Особливу стурбованість викликає стан забрудненості внутрішнього повітря у приміщеннях школи. Через незадовільний повітрообмін концентрація CO₂ у внутрішньому повітрі приміщень в 1,5-2,5 рази перевищує допустимий рівень.

Проведений аналіз стану будівлі школи та переліку 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, горищного 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, основаній 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 **3629,5 м²** та опалювальний об'єм **12825 м³**.

Розрахункове енергоспоживання існуючої будівлі для потреб опалення та повітрообміну становить **687724 кВт*год** (питоме енергоспоживання **53,6 кВт*год/м³**)

Енергоспоживання будівлі для потреб опалення та повітрообміну після впровадження термомодернізації має становити **142992 кВт*год** (питоме енергоспоживання **11,2 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			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	11554,65			
2	Річна економія	тис. грн	1053,9			
4	Простий термін окупності	років	11,0			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,5	14,7	19,8	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	5678,1	2768,2	57,8	-2582,2
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,6	6,6	6,6	6,6
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,49	1,24	1,0	0,78

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 7 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 спеціалізованої загальноосвітньої школи I-III ступенів № 3 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 № 3 знаходиться за адресою: Кіровоградська область, м. Світловодськ, вул. Героїв України, 33.

Метою проведення енергетичного аудиту є:


- виконання енергетичної оцінки будівлі школи, в тому числі огорожувальних 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 гімназії;
- 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.

						01TK-21-EA			
<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 № 3 Світловодської міської ради Кіровоградської області			
								7	
<i>Перевірів</i>		<i>Парасочка</i>						 ФОП Парасочка С.О. енергоефективність	

Для забезпечення достовірності, простежуваності, узгодженості та однозначності всього об'єму інформації, що використовується при проведенні енергетичного аудиту, згідно вимог ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 в основу енергетичного аналізу будівель покладається розрахункова енергетична модель будівлі, розроблена з використанням електронних таблиць EXCEL. Розрахункова енергетична модель будівлі розроблена у відповідності до вимог ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 "Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні"; ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 "Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель" та "Методики визначення енергетичної ефективності будівель", затвердженої Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11.07.2018 року №169 та інших діючих нормативних документів.

Після формування електронної розрахункової енергетичної моделі будівлі проводиться повірочний розрахунок енергоспоживання існуючою будівлею. Отримані дані аналізуються спільно з інформацією про фактичне споживання енергії. В разі, якщо розраховане енергоспоживання не співпадає з фактичним споживання енергії аналізуються та виявляються причини такого неспівпадання та, в разі необхідності, коригується електронна розрахункова модель. Після такого коригування електронна розрахункова модель готова до проведення розрахунків енергоспоживання та визначення показників енергетичної оцінки будівлі.

Розрахункова енергетична модель будівлі використовується для:

- проведення розрахунків базового рівня споживання енергії;
- визначення енергоспоживання системами опалення, вентиляції, гарячого водопостачання при будь-якій зміні вихідних даних (утепленні огорожень, зміні режиму експлуатації будівлі та інженерних систем і т. п.);
- визначення економії енергії в результаті впровадження заходів;
- визначення показників енергетичної ефективності для розробки Енергетичного Сертифіката будівлі;
- встановлення обґрунтованих нормативів споживання енергії.

Електронна енергетична модель будівлі являється дієвим інструментом для проведення аналізу дотримання мікрокліматичних умов у будівлі, зокрема для оцінки повітрообміну. Повітрообмін – це важливий показник, який суттєво впливає на енергоспоживання. Крім того, повітрообмін має значний вплив на здоров'я людей. Довготривале недотримання нормативів повітрообміну стає причиною захворювань, в тому числі тяжких. Кількісна оцінка повітрообміну є досить складним завданням. Аналіз теплових балансів будівлі, що значно спрощується завдяки застосуванню електронної моделі, дає змогу оцінювати фактичний середній за опалюваний період повітрообмін на відносно достовірному рівні.

Енергоспоживання будівель залежить від значної кількості факторів. На рисунку 1.1 приведена схема впливу різних факторів на споживання енергії будівлями.

<i>Зм.</i>	<i>Кіл.</i>		<i>№ док.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>01TK-21-EA</i>				8

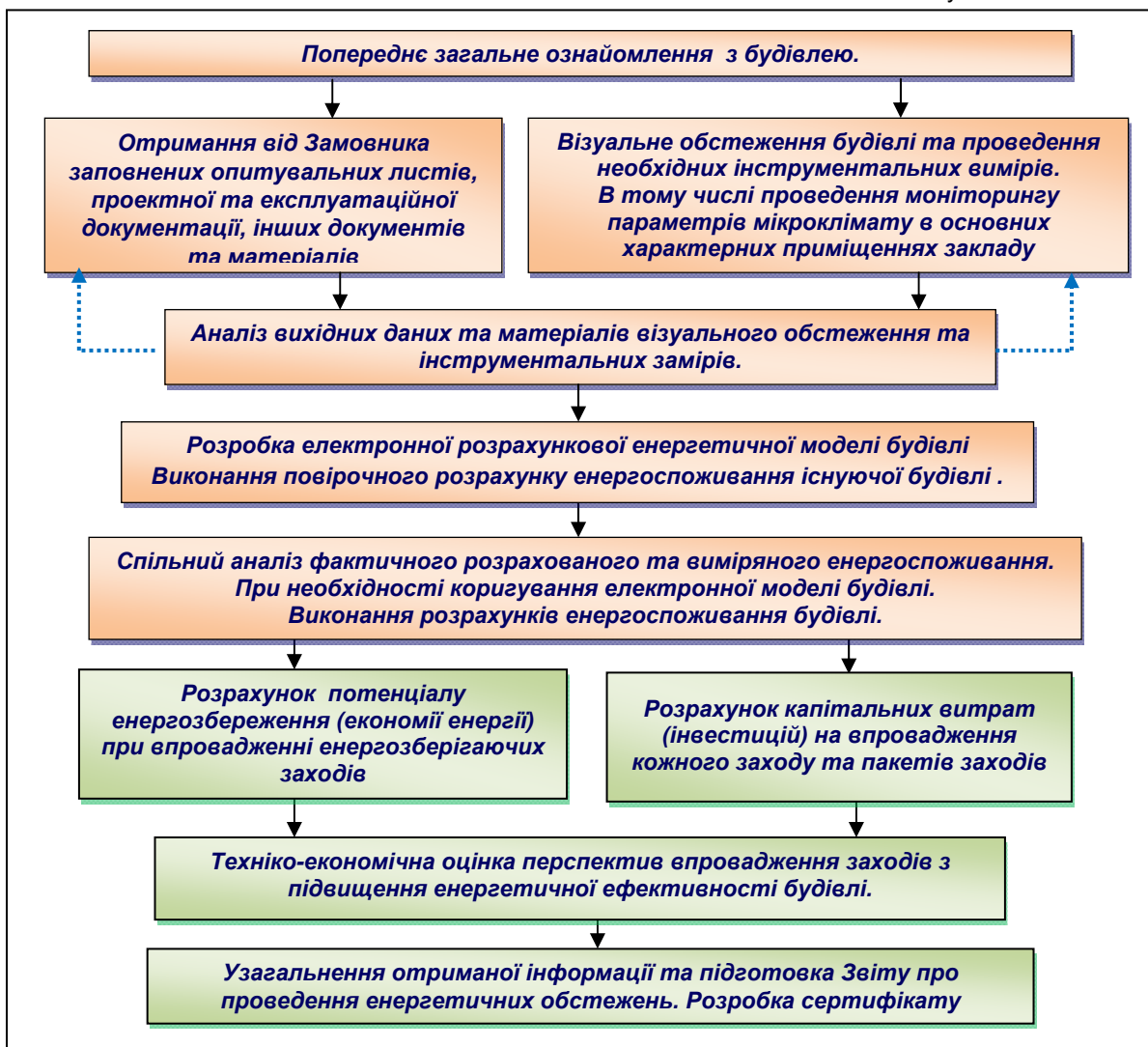
Рисунок 1.1



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

2. Вихідні дані.

На запит енергоаудитора замовником були надані такі вихідні дані:

- Копія технічного паспорту будівлі школи;
- Інформація про фактичне споживання газу, електричної енергії та води за 2018-2020 роки;
- Інформація для заповнення опитувального листа для розробки енергетичного аудиту.

Проектна документація, за якою здійснювалось будівництво школи відсутня; проектна документація на заміну вікон відсутня; документація, що складається відповідно до вимог «Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва» (Постанова КМУ від 12.04.2017 р № 257) відсутня; інша технічна документація на будівлю та інженерні системи школи відсутня.

Основні характеристики будівлі приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

№ п/п	Найменування показників	Одиниць виміру	Значення
1	Рік прийняття в експлуатацію		1959
2	Загальна площа будинку*	м ²	3935,4
3	Розрахункова площа будинку**	м ²	2437,0
4	Опалювальна площа будинку, в т. ч.	м	3629,5
5	Опалювальний об'єм будинку	м ³	12825,0
6	Кількість поверхів		3
7	Наявність технічного поверху	відсутній (наявне горище)	
8	Наявність підвалу	наявний	
9	Нормативна кількість дітей у закладі	чол	500-600
10	Фактична кількість дітей у закладі	чол	540

**) – Згідно ДБН В.2.2-9:2009 загальна площа будинку – це сума площ усіх поверхів (включаючи технічні, мансардний, цокольний та підвальний).*

****) - Згідно ДБН В.2.2-9:2009 розрахункова площа будинку – сума площ усіх розташованих у ньому приміщень, за винятком коридорів, тамбурів, переходів, сходових клітин, ліфтових шахт, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних систем.*

Важливими вихідними даними є розрахункові параметри зовнішнього природного середовища та розрахункові мікрокліматичні умови у приміщеннях будівлі.

Кліматичні розрахункові параметри зовнішнього природного середовища.

Згідно Л-1 та Л-2 кліматичні розрахункові параметри зовнішнього природного середовища визначаються згідно ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». При виконанні цього енергетичного обстеження для міста Світловодськ прийняті такі параметри оточуючого середовища (для м. Знам'янка Кіровоградської області):

- розрахункова температура для проектування опалення -22 °С;
- тривалість опалювального періоду..... 178 діб;
- середня температура опалювального періоду -0,4 °С;
- розрахункова температура найжаркішої доби 29,0 °С;
- розрахункова температура найжаркішого п'ятидення 25,0 °С

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 місто Світловодськ знаходиться в I температурній зоні України.

						01TK-21-EA	10
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

Середньомісячні розрахункові температури зовнішнього повітря, °С приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

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	2,0	-2,8

Мікрокліматичні умови у приміщеннях дитячих закладів.

Згідно Л-1 та Л-2 нормативні мікрокліматичні умови у приміщеннях будівель мають визначатись відповідно до вимог нормативних актів. Рекомендується визначити розрахункові показники мікроклімату згідно з розділами 5 - 7 та додатками А, В, F та G ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель ...» (Л-7).

При визначенні розрахункових параметрів мікроклімату необхідно враховувати, що параметри мікроклімату мають декілька однакових вимог, які в різних нормативних документах мають різне позначення. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція, кондиціювання» (Л-9) містить таблицю, яка встановлює взаємозв'язок між позначенням умов мікроклімату в різних документах. Ця таблиця приведена на рисунку 2.1

В умовах України замість позначень римськими цифрами та латинськими буквами застосовується таке позначення рівнів параметрів мікроклімату: підвищені оптимальні, оптимальні, допустимі та обмежено допустимі.

Рисунок 2.1.

Таблиця Д.1 – Область застосування та взаємозв'язок між позначеннями умов мікроклімату			
Умови мікроклімату			Область застосування
Згідно з цими Нормами	Згідно з ДСТУ Б EN ISO 7730	Згідно з ДСТУ Б EN 15251	
Підвищені оптимальні	A	I	Приміщення з дуже чутливими та слабкими людьми з особливими потребами, такими як: інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку
Оптимальні	B	II	Приміщення з постійним перебуванням людей у нових будівлях і в існуючих будівлях при реконструкції та капітальному ремонті, у тому числі термомодернізації
Допустимі	C	III	Приміщення з тимчасовим перебуванням людей у нових будівлях і в існуючих будівлях при реконструкції та капітальному ремонті, у тому числі термомодернізації; існуючі будівлі

Українські будівельні норми (Л-9) дають таке визначення рівнів параметрів мікроклімату:

- **оптимальні** – параметри мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції та забезпечуються передумови для високого рівня працездатності;
- **підвищені оптимальні** – оптимальні мікрокліматичні умови у приміщеннях з дуже чутливими та слабкими людьми з особливими потребами, такими як: інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку;
- **допустимі** – параметри мікроклімату, при яких при тривалому та систематичному впливі на людину можуть виникати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються але супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, при цьому не виникають порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

У відповідності до приведеної вище класифікації параметрів мікроклімату у приміщеннях дитячих закладів мають бути забезпечені оптимальні та підвищені оптимальні параметри мікроклімату. Нормативи температури та відносної вологості внутрішнього повітря дитячих закладів приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

№ п/п	Найменування приміщень	допустимі	оптимальні	підвищені оптимальні
1	Температура, °С	19 - 25	20 – 24	21 - 23
2	Відносна вологість, %	20 - 70	25 - 60	30 - 50

При проектуванні будівель шкіл (ДБН В.2.2-3:2018 «Заклади освіти») приймаються температури повітря у приміщеннях згідно даних таблиці 14 ДБН

№ п/п	Найменування приміщень	Розрахункова температура, °С
1	Класи та кабінети	18
2	Класи початкової школи	20
3	Спортивна зала	18
4	Роздягальні	22
5	Актова зала	18
6	Медична кімната	25
7	Їдальня (зала)	16
8	Туалети	20
9	Вестибюлі та рекреації	16

Примітки:

1. Для кабінетів та класів, що мають дві зовнішні стіни розрахункова температура приймається на 2 градуси вище.
2. Вказана в таблиці температура не є нормативною для підтримання мікрокліматичних умов. Це розрахункова температура для проектування систем опалення.
3. У відповідності до особливостей планування будівлі школи переважна більшість класів та кабінетів мають по дві зовнішні стіни.

Згідно таблиці 16 («Значення заданої та скоригованої температури») ДСТУ Б.А.2.2-12:2015 при проведенні сертифікації будівель навчальних закладів необхідно використовувати такі значення заданої температури:

Опалення	- внутрішня задана температура	20 °С
	- температура чергового режиму	17 °С
	- скоригована температура	19 °С
	- графік опалення	50 год/тиждень
Охолодження	- внутрішня задана температура	24 °С
	- температура чергового режиму	27 °С
	- скоригована температура	25 °С
	- графік охолодження	50 год/тиждень

Враховуючи приведені вище вимоги, в якості середньої розрахункової температури приміщень дитячого закладу приймемо:

- за опалювальний період приймаємо **19°С**.
- за період охолодження приймаємо **25°С**.

Якість внутрішнього повітря характеризується необхідним рівнем повітрообміну у приміщеннях. Норматив повітрообміну для вентиляції не житлових будинків згідно вимог ДСТУ Б EN 15251:2011 приведений на рисунку 2.3.

Рисунок 2.3.

Таблиця В.3- Приклади рекомендованої норми вентиляції для нежитлових будівель трьох категорій забруднення тільки від будівлі. Норми наведені на особу чи на м² загальної площі

Категорія Category	Повітряний потік на особу (л/с/особа) Airflow per person l/s/pers	Повітряний потік викидів забруднень будівлі (л/с, м ²) Airflow for building emissions pollutions (l/s/m ²)		
		Дуже низький рівень забруднення будівлі Very low polluting building	Низький рівень забруднення будівлі Low polluting building	Високий рівень забруднення будівлі Non low polluting building
I	10	0,5	1	2
II	7	0,35	0,7	1,4
III	4	0,2	0,4	0,8

Для громадських будівель люди є основним джерелом забруднення внутрішнього повітря приміщень. Тому критерієм чистоти повітря у громадських будівлях є концентрація CO₂ у повітрі приміщень. Таблиця Х.3 ДБН В.2.5-67:2013 встановлює рекомендації щодо допустимої концентрації CO₂ у внутрішньому повітрі приміщень вище концентрації CO₂ у зовнішньому повітрі. Нормативи концентрації CO₂ у внутрішньому повітрі приміщень приведені у таблиці 2.3

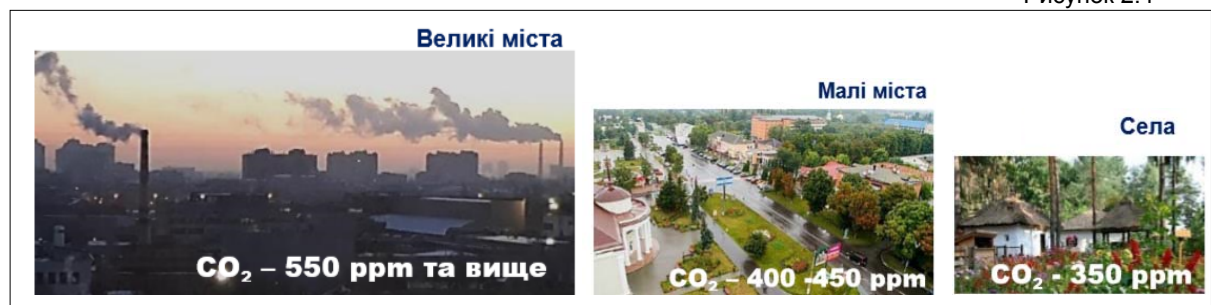
Таблиця 2.3

Таблиця Х.3 – Класифікація за рівнем концентрації CO₂ у повітрі будівлі/приміщення

Умови мікроклімату	Рівень концентрації CO ₂ у приміщенні понад рівня у зовнішньому повітрі, ppm
Підвищені оптимальні	≤ 400
Оптимальні умови	400 – 600
Допустимі	600 – 1000
Обмежено допустимі	> 1000

Прийнято вважати, що середні значення концентрації CO₂ у зовнішньому повітрі населених пунктів мають значення згідно з даними, приведеними на рисунку 2.4

Рисунок 2.4



Прийнявши, що в реальних умовах концентрація CO₂ у зовнішньому повітрі м. Світловодськ може становити 400-500 ppm, приймемо, що нормативна концентрація CO₂ у внутрішньому повітрі приміщень школи при підтриманні підвищених оптимальних мікрокліматичних умов має становити 800 – 900 ppm.

Приймемо, що допустима концентрація вуглекислого газу у внутрішньому повітрі приміщень школи має становити не більше **1000 ppm**.

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 – **19692,0 м³/год**
- розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну **K= 0,37**

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 2.4

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	29	31	152
2019	Середня температура, °С	-4,7	+0,2	+4,6	+9,8	-	-	+3,4	+1,6
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	11	0	0	30	131
2020	Середня температура, °С	+1,0	+1,8	+9,1	-	-	+4,3	-0,3	+2,3
	Кількість днів опалюван. періоду	31	29	12	0	0	28	31	131

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 2 листопада по 31 грудня;
- 2019 рік: з 1 січня по 11 квітня; з 2 грудня по 31 грудня;
- 2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 3 листопад 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 найголовнішою причиною скорочення тривалості опалювального періоду та погіршення температурного режиму у приміщеннях школи є незадовільна робота тепlopостачаючої організації.

3.Обстеження будівлі.

Будівля школи знаходиться на березі Кременчуцького водосховища поряд з Кременчуцькою ГЕС. На рисунках 3.1 та 3.2 приведені схеми розміщення будівлі школи.

Рисунок 3.1



Рисунок 3.2



3.1. Загальна інформація, конструктивні та об'ємно-планувальні рішення будівлі.

Будівля школи збудована у 1959 році за типовим проектом 2-02-73 і здана в експлуатацію 12 грудня 1959 року. Згідно типового проекту за нормативами періоду розробки типового проекту нормативна кількість місць становила 920 місць (вірогідно передбачалась двозмінна робота школи). За сучасними нормативами (Л- 18) нормативна кількість становитиме 500-600 місць. Фактична кількість учнів у школі – 540. Така кількість учнів у школі вважається нормативною.

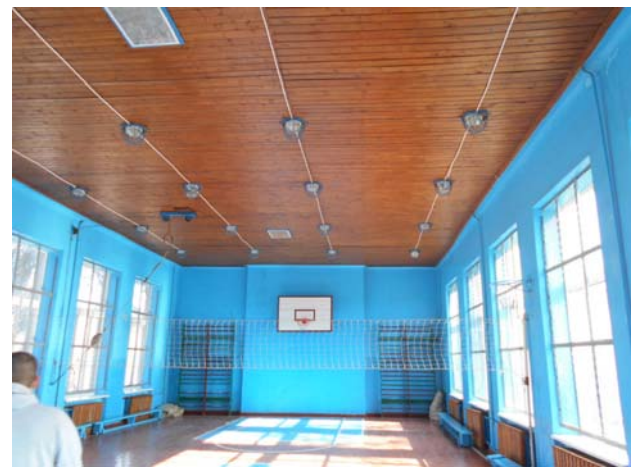
На жаль, ні типовий проект, ні проект прив'язки типового проекту не збереглися.

Будівля школи триповерхова цегляна, виконана із силікатної цегли. Будівля школи має горіщне перекриття. Під частиною будівлі розміщується підвал.

						01TK-21-EA	15
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

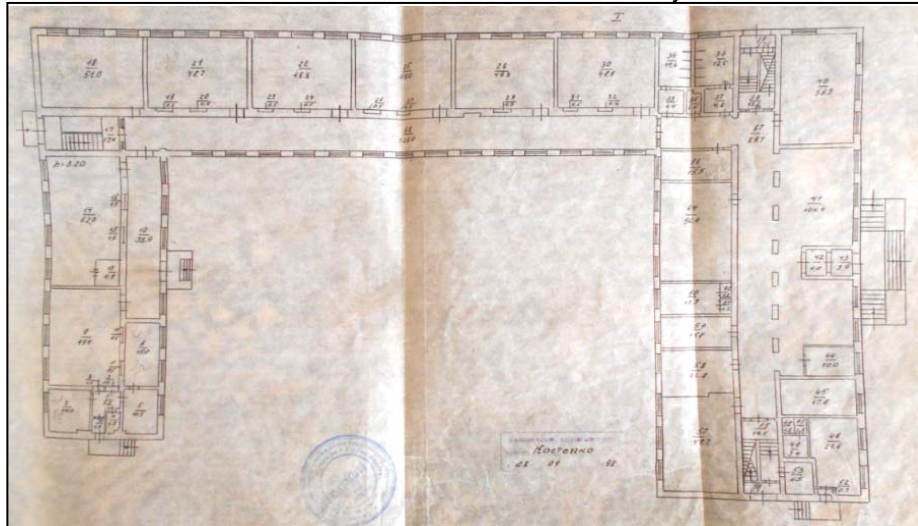


Будівля школи є найстарішою серед усіх шкільних будівель міста, але стан будівельних конструкцій школи відносно задовільний.



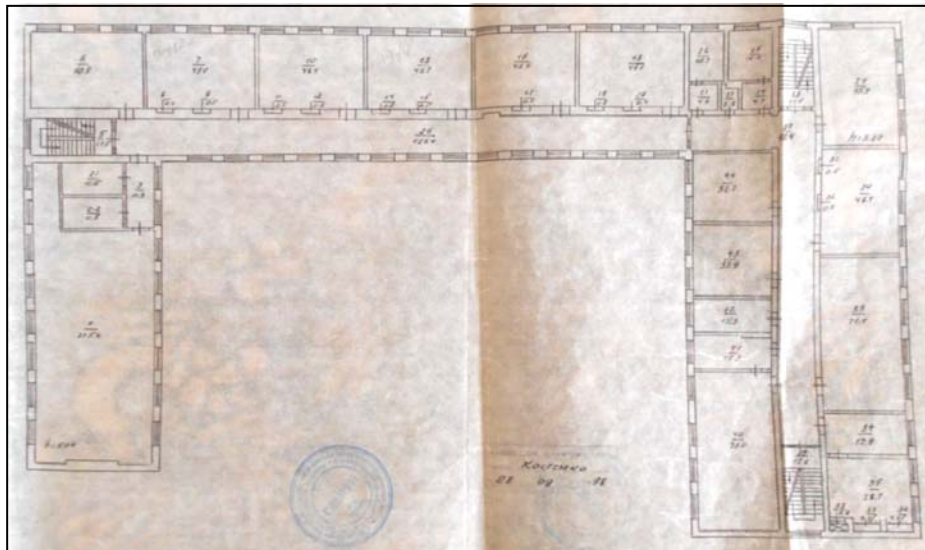
На рисунку 3.3 приведений план 1-го поверху школи.

Рисунок 3.3



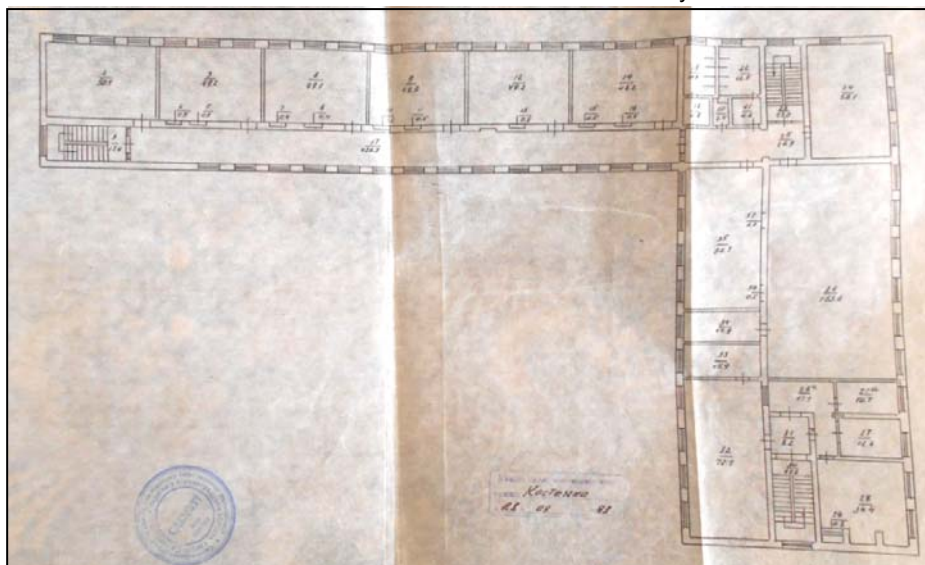
На рисунку 3.4 приведений план 2-го поверху школи.

Рисунок 3.4



На рисунку 3.5 приведений план 3-го поверху школи.

Рисунок 3.5

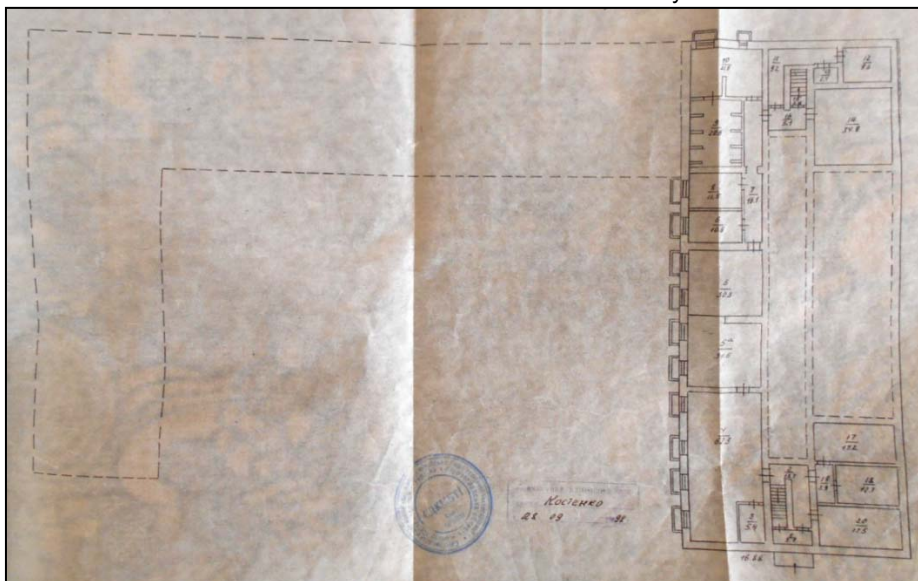


Зм.	Кіл.	№ док.	Підп.	Дата	

01TK-21-ЕА

На рисунку 3.6 приведений план підвалу школи.

Рисунок 3.6



Зовнішні стіни виконані із силікатної цегли товщиною 510 мм.

Із внутрішнього боку зовнішні стіни мають штукатурку із вапняно-піщаного розчину.

Стан цегляної кладки зовнішніх стін має цілком задовільний стан, але мають місце і окремі тріщини зовнішніх стін.



Будівля школи має **неопалювальне горище**.

Горищне перекриття виконане по залізобетонним пустотним плитам товщиною 220 мм. Горищне перекриття не має теплової ізоляції. Плити перекриття вкриті шаром будівельного сміття та залишок керамзиту товщиною біля 50 мм.

Покриття горища виконане із азбоцементних хвилястих плит («шиферу»). Покриття експлуатується тривалий період та має велику кількість дефектів.



У будівлі школи **210 вікон**, в тому числі: 63 – металопластикові віконні блоки.

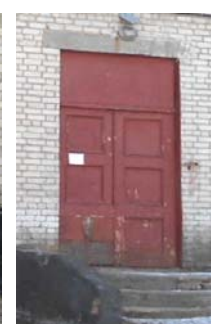
Встановлені віконні металопластикові блоки (63 шт) мають одно- та двокамерні склопакети.

Всі металопластикові вікна встановлені батьками та спонсорами протягом періоду, що становить не менше 10 років. Документація на ці віконні блоки та їх встановлення відсутня. Маркування віконних блоків відсутнє. Інформація про використання емісійних покриттів та інертних газів для заповнення склопакетів відсутня.



У будівлі школи встановлено **6 дверей**.

Всі 6 дверей дерев'яні, неутеплені. Четверо дверей експлуатуються від дня здачі будівлі у експлуатацію. Двос дверей замінені на нові неутеплені двері.



Під частиною будівлі школи розміщується **неопалювальний підвал**.

Переkritтя над підвалом – залізобетонна пустотна плита. Утеплюючі шари переkritтя над підвалом та технічним підпіллям відсутні. Підлога більшої частини приміщень будівлі розміщується на неутепленому ґрунті.

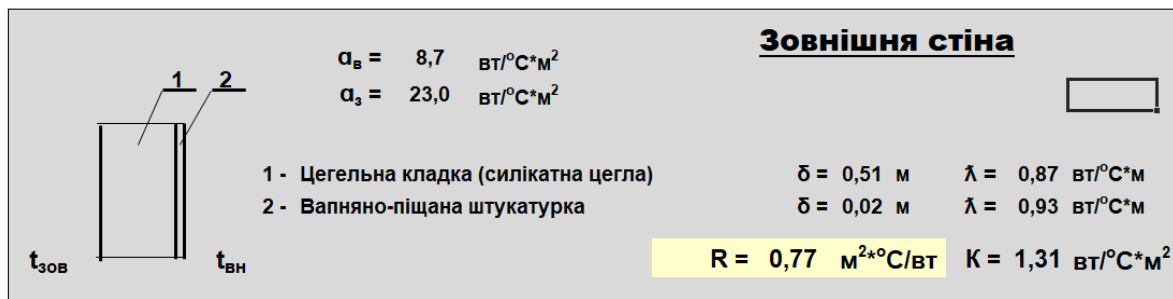


Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

01TK-21-EA

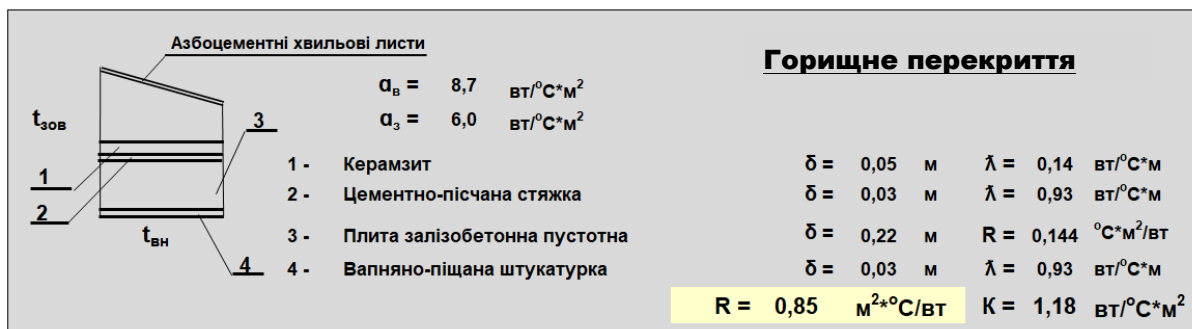
Зовнішні стіни.

Зовнішні стіни виконані із силікатної повнотілої цегли. Товщина цегляних стін 510 мм. Зовнішні стіни оштукатурені із внутрішньої сторони.



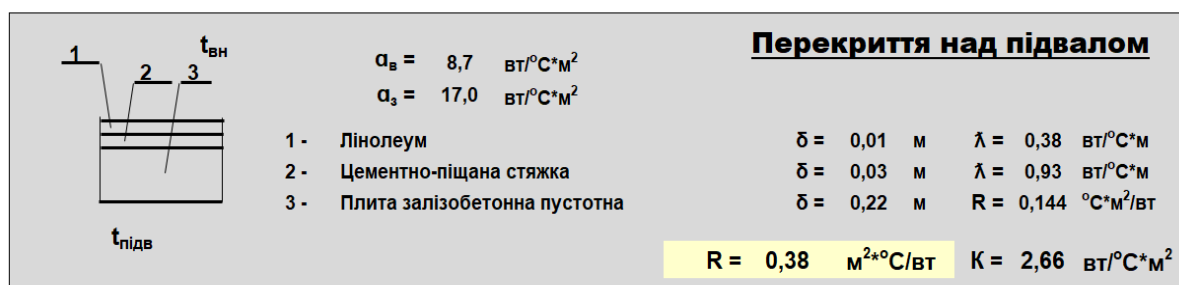
Горищне перекриття.

Будівля школи має неопалювальне горищне перекриття. Горищне перекриття виконане по залізобетонним пустотним плитам товщиною 220 мм. Горищне перекриття має «умовну» теплову ізоляцію із керамзиту та будівельного сміття середньою товщиною близько 50 мм.



Перекриття над підвалом, що не опалюється.

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



Вікна будівлі.

У будівлі школи 30% вікон замінені 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 °С * м²/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 об'єкта	Коефіцієнт теплопередачі (прийнятий), Вт/м ² *К			Приведений термічний опір, К * м ² /Вт
		обрамлення	скло-пакет	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 °C * м²/Вт.**

Зовнішні двері будівлі.

У будівлі школи встановлено 6 одинарних дерев'яних дверей. 4 шт дерев'яних дверей експлуатуються від дати здачі будівлі в експлуатацію та мають незадовільний стан. 2 шт дверей замінені на нові дерев'яні двері, але вони теж не мають утеплення.

Для одинарних дерев'яних «старих» дверей прийнятий термічний опір **R = 0,25 °C * м²/Вт**

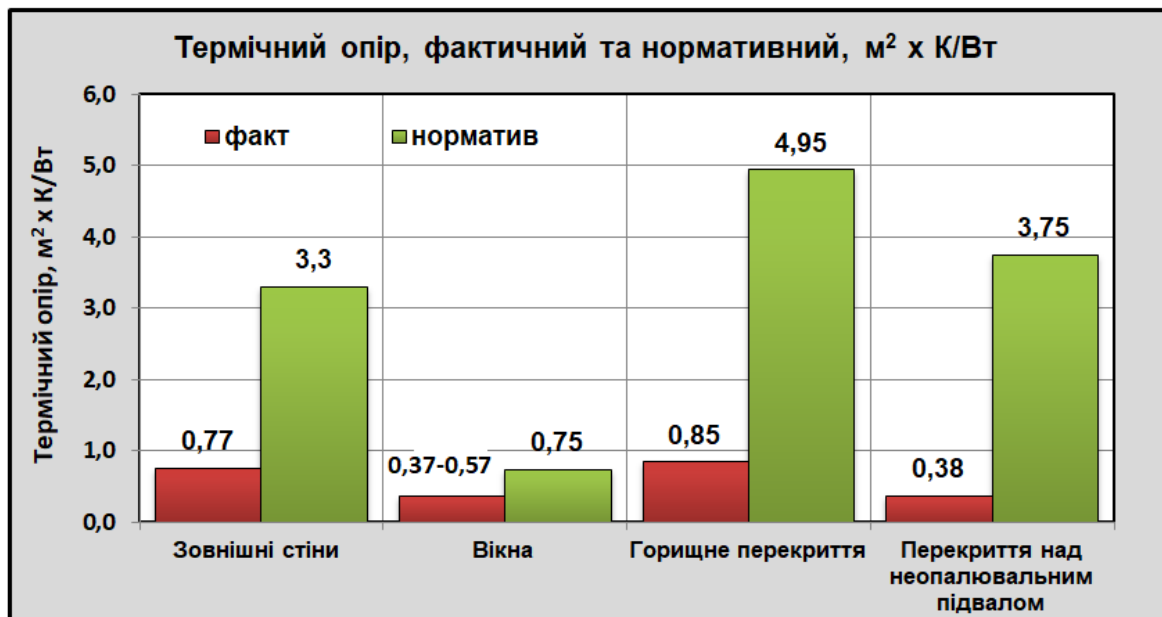
*) - Для існуючих дерев'яних старих дверей коефіцієнт теплопередачі прийнятий у відповідності до довідкової літератури періоду побудови будівлі: табл. 1.16 «Справочник по теплоснабженню и вентиляции» под редакцией Щекина С. М. 1976 год та інших

Для одинарних дерев'яних «нових» дверей прийнятий термічний опір **R = 0,30 °C * м²/Вт**

Усі огорожувальні конструкції будівлі мають термічний опір значно нижчий, ніж має бути у відповідності до вимог ДБН В.2.6-31:2016. В таблиці 3.3 та на графіку рисунку 3.7 приведені дані про фактичні та нормативні показники термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі.

Таблиця 3.3

№ 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	0,77	3,3
2	Вікна	0,37-0,57	0,75
3	Горищне перекриття	0,85	4,95
4	Перекриття над неопалювальним підвалом	0,38	3,75
5	Зовнішні двері	0,25 - 0,30	0,6



Теплова ізоляція огорожувальних конструкцій будівлі школи в 4 – 10 разів гірша за нормативні значення. Але вимоги до теплового захисту будівель постійно зростають. Вже знаходиться у стадії обговорення проект нового ДБН В.2.6-31, який передбачає суттєве підвищення вимог до рівня теплового захисту будівель.

У додатку 7 до звіту приведена інформація щодо нових теплотехнічних вимог до будівель.

3.3. Інженерні системи будівлі

У будівлі школи використовуються такі енергетичні ресурси: тепла енергія, електроенергія, гаряча вода, крім того споживається холодна вода.

На вводах у будівлю усіх енергоресурсів та води встановлені вузли обліку.

В додатку 4 приведена інформація про споживання енергоносіїв та води за 2018-2020 роки.

Енергетичні ресурси використовуються у будівлі для забезпечення оптимальних мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов. Комфортні умови у будівлі створюються за рахунок функціонування систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та освітлення.

3.3.1. Теплопостачання та опалення будівлі.

Теплопостачання переважної більшості громадських будівель та багатоквартирних житлових будинків у місті Світловодську здійснює підприємство СП ТОВ «СвітловодськПобут». Підприємство експлуатує 6 котельень.

Джерелом тепла для школи № 3 є котельня № 2 підприємства «СвітловодськПобут». Будівля школи є кінцевим споживачем на теплових мережах котельні. Через таке розміщення на тепловій мережі та гідравлічну незбалансованість мережі 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. Відзначаються суттєві затримки з початком опалювального періоду та відхилення від обґрунтованих параметрів роботи джерела теплової енергії.

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

Достовірна інформація про розрахунковий температурний графік відпуску тепла відсутня. Можливо передбачувати, що таким графіком може бути 95/70°C або 115/70°C. Враховуючи, що на ввіді теплотраси у будівлю встановлений елеватор можливо передбачити, що розрахунковим графіком є графік 115/70°C.

Ввід тепла здійснюється у підвал будівлі. На ввіді тепла встановлений тепловий лічильник.

Стан опалення не можна охарактеризувати, як задовільний.



В додатку11 звіту приведений аналіз параметрів роботи обладнання постачальника теплової енергії, що підтверджує низьку якість теплопостачання.

Система опалення будівлі виконана із сталевих труб. На системі опалення встановлені чавунні радіатори М-140. Система опалення однотрубна з верхнім розведенням.



Подаючі магістральні трубопроводи системи опалення прокладені по горіщу, зворотні магістралі системи опалення прокладені по підвалу та у каналах, розміщених під підлогою першого поверху.



Зм.	Кіл.	№ док.	Підп.	Дата	

01TK-21-ЕА

Теплова ізоляція магістральних трубопроводів, прокладених по горищу та по підвалу вкрай неякісна та є причиною значних втрат теплової енергії.

Прокладання 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 системи опалення, що прокладені у підвалі мають неякісну теплову ізоляцію, яка зазнала значного руйнування.

Технічна документація на систему опалення відсутня. На системі опалення відсутня регулююча та запірня 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.

Система опалення школи експлуатується більше 60-ти років та повністю вичерпала свій ресурс і потребує повної заміни із встановленням сучасної системи опалення, що відповідає всім вимогам забезпечення енергетичної ефективності.

Неодмінною умовою модернізації системи опалення є врегулювання всіх технічних питань із постачальником теплової енергії та встановлення індивідуального автоматизованого теплового пункту на вводі теплоносія у будівлю школи.

В разі збереження неякісної роботи системи центрального тепlopостачання доцільним є запровадження власного автоматизованого джерела тепла для будівлі школи.

3.3.2 Гаряче водопостачання.



У місті Світловодську центральне тепlopостачання не забезпечує подачу гарячої води у приміщення шкіл.

Для забезпечення потреб кухні у гарячій воді встановлений електричний ємкісний водопідігрівач ємністю 50 літрів. Такий же водопідігрівач встановлений для забезпечення гарячою водою умивальників туалетів.

3.3.3.Вентиляція будівлі.

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

							01TK-21-EA	
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата			25

Описаний вище принцип організації повітрообміну у громадських будівлях був основним (та практично єдиним) у період 60-90-х років минулого століття. Цей принцип базується на влаштуванні у будівлях розгалуженої природної витяжної вентиляції та частково механічної витяжної вентиляції. При цьому зовнішнє свіже повітря подається у приміщення через велику кількість нещільностей (переважно у вікнах). Такий метод вентиляції є енерговитратним, бо велика кількість витяжного повітря нагрівається у приміщеннях та видаляється за межі будівлі.

Сучасна концепція організації повітрообміну у будівлях базується на високому рівні герметичності огорожень будівель та застосуванні виключно механічної припливно-витяжної вентиляції, що експлуатується у автоматичному режимі задовольняючи потреби людей. Така вентиляція має високий рівень утилізації тепла витяжного повітря.

Сучасний етап характеризується для громадських будівель тим, що існуючі у будівлях системи вентиляції практично повністю зруйновані. У будівлях практично повністю відсутній повітрообмін, що є причиною низького рівня працездатності високої захворюваності людей.

Для облаштування будівель сучасними високоефективними системами вентиляції суспільство не готує через відносно високу вартість сучасної вентиляції та, головним чином, через низький рівень обізнаності щодо важливості та обов'язковості вирішення цієї проблеми.

В такій ситуації аудитор стоїть перед необхідністю вирішення досить складної проблеми: яким чином обґрунтувати необхідність запровадження сучасної вентиляції, якщо така пропозиція досить часто не знижує існуючий рівень енергоспоживання, а навіть може його підвищити.

На думку аудитора ця проблема має вирішуватись наступним чином: якщо провадження комплексної сучасної енергоефективної вентиляції є не досить інвестиційно привабливим, то така вентиляція має впроваджуватись на умовах окремих цільових проектів та програм і не включатись до складу заходів із впровадження комплексної термомодернізації.

Для забезпечення продуктивного та безпечного перебування людей у існуючих громадських будівлях на умовах проведення капітального ремонту (відновлення передбачених проектом функцій) має відновлюватись працездатність існуючих систем природної витяжки та, за необхідності, систем механічної витяжки, що працюють для потреб кухонь та для туалетів.

Така відновлена вентиляція має функціонувати до впровадження енергоефективної комплексної сучасної вентиляції.

Система витяжних каналів, збірних горизонтальних вентиляційних каналів (на горищі будівлі) та вентиляційних шахт практично повністю у будівлі збереглись.



Збірні вентиляційні шахти та канали потребують ревізії, прочищення та ремонту.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата



Витяжні вентиляційні решітки, що знаходяться у кожному приміщенні, у своїй більшості заклеєні шпалерами. Витяжні шахти на даху будівлі частково перекриті.

Витяжні шахти мають бути відкриті та відновлене функціонування витяжних решіток у приміщеннях. Декоративні решітки з малою площею для проходу повітря мають бути замінені на регульовані вентиляційні решітки.

Передбачена проектом механічна вентиляція кухні зруйнована натомість у зовнішній стіні встановлений один витяжний осьовий вентилятор. Місцева витяжка від місць приготування їжі та миття посуду відсутня. Кухня школи підлягає повній заміні обладнання та влаштування місцевої витяжної вентиляції.



Загальний стан повітрообміну будівлі школи вкрай незадовільний.

3.3.4. Освітлення будівлі.

У будівлі школи встановлено 358 освітлювальних приладів, в тому числі близько 70% лампи розжарювання потужність близько 75 вт. Решта – світлодіодні світильники.



Заміна ламп розжарювання та світлодіодні лампи обіцяє суттєве зниження споживання електроенергії.

						01TK-21-ЕА	27
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

3.4. Інструментальний контроль мікрокліматичних умов у приміщеннях.

При виконанні енергетичного уадиу будівлі проведений інструментальний контроль мікрокліматичних умов у приміщеннях школи. Контролю підлягали такі параметри повітря приміщень: температура, відносна вологість та концентрація вуглекислого газу. Вимірювання параметрів мікроклімату здійснювалось з використанням вимірювального приладу **DATA LOGGER HT-2000 № 20180525425**.

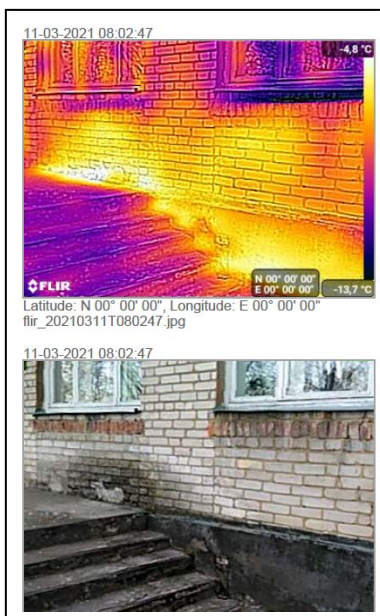


Контрольні заміри параметрів мікроклімату проводяться у приміщеннях класів та вчительській. Відомість контролю параметрів мікроклімату у приміщеннях школи приведена у додатку 6 **ВИСНОВКИ:**

1. Заміри проводяться у відносно теплий безвітряний сонячний день.
2. Заміри проводяться на 5-му уроці.
3. Температура у приміщеннях школи має значення близькі до оптимальних.
4. Відносна вологість у більшості приміщень практично відповідає нормі.
5. Концентрація вуглекислого газу у повітрі вибраних для контролю класів свідчить про значну забрудненість повітря. Концентрація CO₂ перевищує в 2-3 рази нормативні значення.
6. Висока концентрація CO₂ свідчить про відсутність нормативного повітрообміну у приміщеннях через відсутність засобів вентиляції.
7. Ситуація ускладнюється встановленням герметичних віконних блоків та можливістю відкривання не всіх встановлених віконних блоків для провітрювання приміщень. Більша частина вікон у будівлі ще не замінені, що забезпечує певний повітрообмін. Із заміною усіх дерев'яних вікон на пластикові віконні блоки ситуація із забезпеченням необхідного рівня чистоти повітря суттєво погіршиться.

3.5. Матеріали тепловізійної (демонстраційної) зйомки.

Матеріали тепловізійної зйомки наглядно ілюструють втрати тепло через огородження будівлі.



Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата



11-03-2021 07:51:03
 Latitude: N 00° 00' 00", Longitude: E 00° 00' 00"
 flir_20210311T075103.jpg



11-03-2021 07:46:30
 Latitude: N 00° 00' 00", Longitude: E 00° 00' 00"
 flir_20210311T074630.jpg



						01TK-21-EA	
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

4. Розробка розрахункової електронної енергетичної моделі будівлі. Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі.

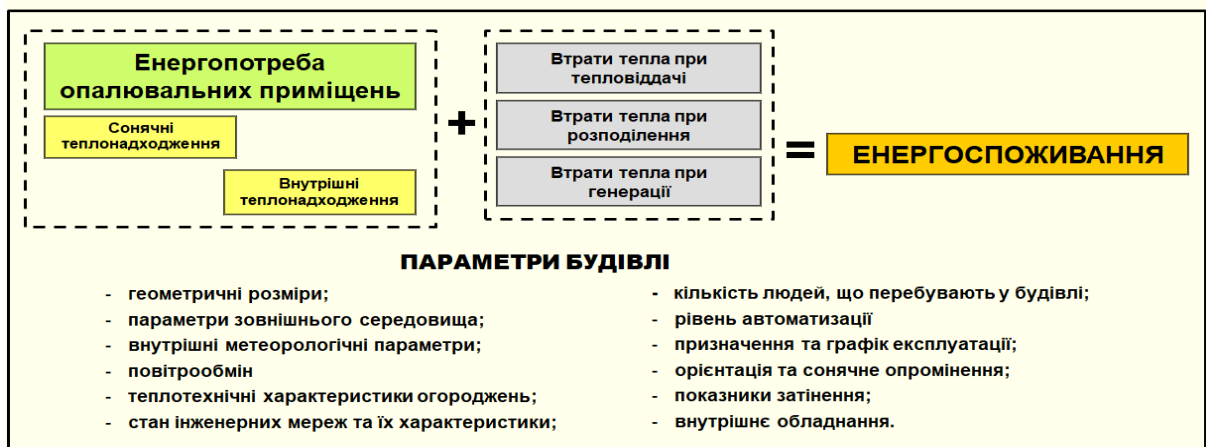
Для забезпечення достовірності, простежуваності, узгодженості та однозначності всього об'єму інформації, що використовується при проведенні енергетичного аудиту, згідно вимог ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 в основу енергетичного аналізу будівель покладена розрахункова енергетична (електронна) модель будівлі. При виконанні енергетичного аудиту така розрахункова модель виконана з використанням електронних таблиць Excel.

4.1. Розробка розрахункової енергетичної (електронної) моделі будівлі.

Розрахункова енергетична модель будівлі розроблена у відповідності до вимог ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 "Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні" та "Методики визначення енергетичної ефективності будівель" затвердженої Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11.07.2018 року №169 та інших діючих нормативних документів.

На рисунку 4.1 приведена схема, що надає інформацію про принципи формування енергетичної моделі для оцінки енергопотреб та енергоспоживання будівлі для опалення.

Рисунок 4.1.



Розрахункова модель містить всю необхідну інформацію про будівлю, що формує показники енергоспоживання та дає можливість оперативно оцінювати динаміку змін енергоспоживання будівлі при будь-яких змінах параметрів, що впливають на енергоспоживання.

Енергетична модель будівлі забезпечує об'єктивність, узгодженість та однозначність інформації при розрахунках показників енергетичної ефективності будівлі: базового рівня енергоспоживання для проведення сертифікації енергетичної ефективності будівлі, базових рівнів споживання енергії при впровадженні заходів, ранжуванні заходів та розробці «пакетів» заходів (при неможливості одночасного впровадження всього комплексу заходів)

Розрахункова енергетична модель формується шляхом розробки теоретичної математичної моделі з одночасним аналізом інформації про фактичне споживання енергії будівлею. Якщо порівняння результатів, згаданих вище, методичних принципів дають значні розбіжності, то мають проводитись додаткові дослідження для усунення чи пояснення цих розбіжностей та уточнення енергетичної моделі будівлі.

Саме така уточнена розрахункова енергетична модель, що враховує енергопотребу та енергоспоживання основної будівлі для опалення, міститься в додатку А звіту (оригінал розрахунку,

у формі EXCEL, знаходиться у архіві адитора). У додатку А знаходиться розрахункова модель з варіантом проведеного повірочного розрахунку енергоспоживання будівлі для потреб опалення для існуючого стану будівлі.

Використання розрахункової енергетичною моделі шляхом аналізу теплового балансу існуючої будівлі дає можливість виконати оцінку середнього за опалювальний період повітрообміну існуючої будівлі.

4.2. Повірочний розрахунок енергоспоживання при опаленні існуючої будівлі.

Останні роки, що передують енергетичному обстеженню, характеризуються низьким рівнем якості теплопостачання будівлі. Характерною особливістю цих років є пізній початок опалювальних періодів та раннє їх закінчення. Якість забезпечення температурного режиму у будівлі нестабільний та низький. В 2018 році мав місце найбільш тривалий опалювальний період, але при цьому коротше розрахункового (інформацію, що характеризує якість теплопостачання див. табл. 2.4 та додатки 4 і 11 звіту). Виходячи із сказаного вище 2018 рік прийнятий у якості базового для проведення та оцінки повірочного розрахунку.

При проведенні повірочного розрахунку використані використані фактичні температури зовнішнього повітря та тривалість опалювального періоду в 2018 році. Фактична внутрішня температура у будівлі у 2018 році прийнята по матеріалам опитування персоналу.

Повірочний розрахунок енергоспоживання для потреб опалення та нагріву припливного повітря за 2018 рік, приведений у додатку А, показав, що при прийнятті фактичної середньої за опалювальний період температури будівлі 17°C та кратності середнього фактичного повітрообміну $K=0,05$ розраховане енергоспоживання для потреб опалення становить **381,8 Гкал/рік**,

Фактичне споживання тепла для потреб опалення на нагріву припливного повітря згідно додатку 4 за 2018 рік становить **384,4 Гкал/рік**.

Отримані результати практично співпадають, тому існують всі підстави вважати, що розроблена розрахункова енергетична модель будівлі (додаток А звіту) є скоригованою розрахунковою енергетичною моделлю будівлі та може бути використана для подальших розрахунків.

5. Розрахунок енергоспоживання будівлі для проведення енергетичної оцінки існуючої будівлі.

Енергетична оцінка будівлі здійснюється за методологією, що застосовується при проведенні енергетичної сертифікації будівель (Л-1 та Л-2). Аналізу підлягає енергоспоживання існуючої будівлі в умовах забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов у приміщеннях будівлі. Аналізу підлягає енергоспоживання при опаленні (в т.ч. нагрів припливного повітря), при охолодженні та гарячому водопостачанні.

Додатково розраховується питоме енергоспоживання при освітленні та питоме енергоспоживання системами вентиляції.

Всі розрахунки енергопотреб і енергоспоживання приведені у додатках Б, В, Г, Д.

Основним видом енергоспоживання є опалення. Енергоспоживання при опаленні для енергетичної оцінки будівлі визначається з використанням розробленої електронної енергетичної моделі будівлі.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата	01TK-21-EA				31

При проведенні розрахунків енергоспоживання при опаленні для енергетичної оцінки будівлі приймається середня за опалювальний період кратність повітрообміну $K = 0,37$ (замість існуючої $K=0,05$) та середня внутрішня температура $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ замість фактичної близько $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всі інші геометричні, теплотехнічні характеристики та характеристики режимів експлуатації залишаються без змін.
У звіті у додатку Б приводиться лише та частина розрахунків, в яку внесені зміни по відношенню до додатку А також кінцевий результат розрахунків.

В таблиці 5.1 приведені результати розрахунків енергоспоживання для розробки показників енергетичної оцінки будівлі, що приведені у додатках Б; В; Г; Д.

Таблиця 5.1

№ п/п	Найменування споживання	Енергоспоживання		Примітка
		кВт*год	Гкал/рік	
1	Опалення	687724	591,4	Додаток Б
2	Гаряче водопостачання	44402	38,2	Додаток В
3	Охолодження	192375	165,4	Додаток Г
4	Освітлення	130680		Додаток Д
5	Споживання системами вентил.	Вентиляція з механічним спонуканням відсутня		

Розрахункове енергоспоживання будівлі для потреб опалення (в тому числі підігріву припливного повітря) становить **591,4 Гкал/рік**.

В той же час фактичне енергоспоживання при опаленні (згідно показників лічильників) за попередні 4 роки становить:

- 2017 р - 348,9 Гкал/рік
- 2018 р - 384,4 Гкал/рік
- 2019 р - 336,3 Гкал/рік
- 2020 р - 206,9 Гкал/рік

Порівняння фактичного енергоспоживання із розрахунковим приведені в таблиці 5.2

Таблиця 5.2

Вид енергоспоживання	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	кВт*год	кВт*год/м ³	кВт*год	кВт*год/м ³ [кВт*год/м ²]
1	2	3	4	5
Енергоспоживання систем опалення	446512	34,8	687724,0	53,6
Енергоспоживання систем ГВП	інформація відсутня		44402,0	3,5
Енергоспоживання систем охолодження	система охолодж. відсутня		192375,0	15,0
Енергоспоживання систем освітлення	інформація відсутня		130380,0	[35,9]

Розрахункове питоме енергоспоживання для потреб опалення та охолодження:

$$EP_{use} = 53,6 + 15,0 = 68,6 \text{ кВт/год/м}^3$$

Причинами того, що фактичне енергоспоживання для опалення суттєво нижче розрахункового:

1. Неякісне тепопостачання, що допускає затримання пуску тепла восени та дострокове припинення подачі тепла весною.
2. Наявність фактів зниження температурного режиму приміщень нижче допустимого.

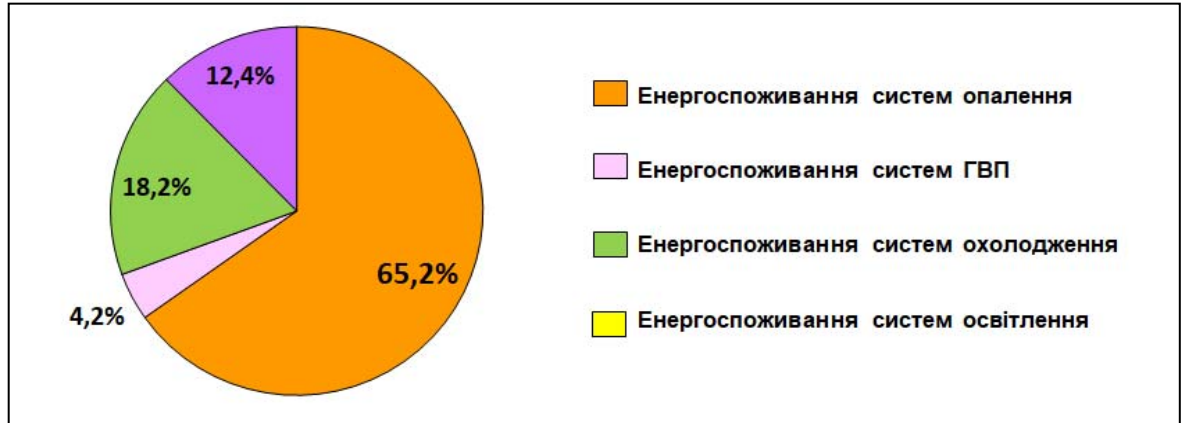
						<i>01TK-21-EA</i>	32
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

3. Практично повна відсутність повітрообміну у будівлі школи.
4. Температури зовнішнього повітря суттєво вище нормативних значень.

Фактичне споживання тепла для потреб опалення за 2018 рік не відображає фактичний стан речей через неякісне та нерегулярне тепlopостачання.

Структура розрахункового енергоспоживання будівлі приведена на висунку 5.1.

Рисунок 5.1



Розрахункове енергоспоживання, приведені в графі 4 таблиці 5.2 – це базовий рівень споживання енергії при плануванні заходів з підвищення енергетичної ефективності та проведенні оцінок інвестиційної привабливості проектів.

Базовий рівень – це основа для визнаення потенційної економії при впровадженні заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель. Від об'єктивності базового рівня залежить ступінь достовірності оцінки потенційної економії та економічних показників впровадження заходів. Розрахункове енергоспоживання, що відповідає досягненню оптимальних мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов, для потреб гарячого водopостачання, охолодження та освітлення визначені за методологією енергетичної сертифікації будівель, на переконання енергоаудитора, є завищеними по відношенню до реального стану речей. Така ситуація виникає через недосконалість діючої методології сертифікацій будівель. Але такою є затверджена методологія. Тому оцінка класу енергетичної ефективності та інших показників енергетичної оцінки будівель здійснюються за діючою методологією, але для оцінки реальних техніко-економічних показників впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності використання розрахункового енергоспоживання при гарячому водopостачанні, охолодженні та освітленні ця методологія не є коректною.

В цьому енергетичному аудиті не розглядається впровадження заходів на системах гарячого водopостачання, охолодження та освітлення. Модернізація (впровадження) згаданих інженерних систем потребують спеціальних досліджень.

Енергетична оцінка існуючої будівлі за показником питомого енергоспоживання.

Енергетична оцінка будівель за показником питомого енергоспоживання виконується у відповідності до вимог Л-2, наказу Міністерства розвитку громад від 27.10.2020 року № 261 про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель та наказу

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата	01TK-21-EA				33

Міністерства розвитку громад від 27.10.2020 року № 260 про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель.

Мінімалні вимоги до енергетичної ефективності будівель навчальних закладів згідно останнього згаданого документа приведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3.

Граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель			
№ з/п	Вид будівлі (еталонні будівлі)	Граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, EP_p , кВт*год/м ² [кВт*год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
3.2	Будівлі навчальних закладів	$[55\Lambda_{bci} + 24]$	$[52\Lambda_{bci} + 23]$
Примітка: Λ_{bci} – коефіцієнт компактності будівлі, м ⁻¹ , знаходиться згідно з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».			

Для будівлі школи, що характеризується коефіцієнтом компактності $\Lambda = 0,4$ та розміщується в першій температурній зоні України граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні становить $EP_p = 55 \cdot 0,4 + 24 = 46,0$ кВт*год/м³.

Клас енергетичної ефективності будівель встановлюється відповідно даним, наведеним у таблиці 5.4, залежно від показника, ΔEP , %, який є відсотковою різницею між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, EP_{use} , кВт*год/м², [кВт*год/м³] та граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, EP_p , кВт*год/м², [кВт*год/м³], й розраховується за формулою: $\Delta EP = [(EP_{use} - EP_p)/EP_p] \cdot 100$

- EP_{use} - загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні;
- EP_p - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності.

Таблиця 5.4.

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, ΔEP
A	$\Delta EP < -50$
B	$-50 \leq \Delta EP < -20$
C	$-20 \leq \Delta EP \leq 0$
D	$0 < \Delta EP \leq 20$
E	$20 < \Delta EP \leq 35$
F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$50 < \Delta EP$

Відсоткова різниця між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні та граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні:

$$\Delta EP = [(68,6 - 46,0)/46,0] \cdot 100 = +49,0\%$$

За показником питомого енергоспоживання будівля Світловодської СЗОШ №3 має бути віднесена до класу енергетичної ефективності «F»

Зона, що характеризує клас енергетичної ефективності будівлі школи («F») фактично межує з зоною класу енергоефективності «G».

Енергетична оцінка існуючої будівлі за показником питомого енергоспоживання первинної енергії.

Первинна енергія – це енергія до якої не були застосовані процеси перетворення або трансформації. Первинна енергія розраховується на базі поставленої енергії.

Поставлена енергія – це кількість енергії, що доставлена до інженерних систем будівлі через мережу розподілу систем опалення, охолодження, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення. Первинна енергія для кожного енергоносія розраховується за формулою:

$$EP = \sum (E_{del} * f_{P.del})$$

де, $E_{del} = Q_{H.use} + Q_{C.use} + Q_{DHW.use} + Q_{V.use} + Q_{W.use}$ - поставлена енергія, квт*год;

$Q_{H.use} = 687724,0$ квт*год – енергоспоживання для опалення (енергія поставляється від міської котельні);

$Q_{C.use} = 192375,0$ квт*год – енергоспоживання для охолодження (первинна енергія електроенергія);

$Q_{DHW.use} = 44402,0$ квт*год – енергоспоживання для гарячого водопостачання (первинна енергія електроенергія);

$Q_{V.use} = 0,0$ квт*год – енергоспоживання при вентиляції;

$Q_{W.use} = 130680,0$ квт*год – енергоспоживання при освітленні (первинна енергія електроенергія);

Фактори первинної енергії визначаються згідно додатку 10 (Л-2),

- $f_{P.del} = 1,3$ - фактор первинної енергії для централізованого опалення;

- $f_{P.del} = 2,3$ - фактор первинної енергії для поставленої електроенергії.

Показник питомого енергоспоживання первинної енергії:

$$E_p = [(687724 * 1,3) + (192375 + 44402 + 130680) * 2,3] / (3630,0) = 1739192 / 3630,0 = 479,1 \text{ квт*год/рік*м}^2$$

Енергетична оцінка існуючої будівлі за показником питомих викидів парникових газів.

Маса викидів парникових газів визначається за формулою: $m_{CO_2} = \sum (E_{del} * K_{del}) / (1000)$, кг

де K_{del} – коефіцієнт викидів парникових газів визначаються згідно додатку 10 (Л-2),

- $K_{del} = 260$ г/квт*год – коефіцієнт викидів CO₂ для централізованого опалення;

- $K_{del} = 420$ г/квт*год - коефіцієнт викидів CO₂ для поставленої електроенергії

Показник питомих викидів парникових газів:

$$m_{CO_2} = [(687724 * 260) + (192375 + 44402 + 130680) * 420] / (3630,0 * 1000) = 333140180 / (3630,0 * 1000) = 91,8 \text{ кг/рік*м}^2$$

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

Теплові навантаження системи опалення будівлі.

Теплове навантаження системи опалення будівлі, що функціонує з метою компенсації теплових втрат огороженнями та для нагріву зовнішнього повітря, що поступає у приміщення визначається формулою: $Q = (H_{tr} + H_{ve}) \cdot (t_p - t_e)$

де, H_{tr} – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/°С

H_{ve} – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/°С

$t_p = 19,0$ °С – розрахункова внутрішня температура

$t_e = -22,0$ °С – розрахункова зовнішня температура

H_{tr} та H_{ve} – розраховуються з використанням розрахункової електронної енергетичної моделі будівлі для відповідного стану будівлі.

✚ Розрахункове теплове навантаження системи опалення існуючої будівлі при оптимальному температурному режимі та існуючому повітрообміні:

$$Q = (7302+212) \cdot (19+22) = 308115 \text{ Вт (308 кВт)}$$

✚ Розрахункове теплове навантаження системи опалення існуючої будівлі при оптимальному температурному режимі та оптимальному повітрообміні:

$$Q = (7302+1566) \cdot (19+22) = 363630 \text{ Вт (364 кВт)}$$

✚ Розрахункове теплове навантаження системи опалення будівлі після проведення комплексної термомодернізації:

$$Q = (2829+389) \cdot (19+22) = 131938 \text{ Вт (132 кВт)}$$

6. Розробка основних напрямків впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівлі. Визначення потенціалу енергозаощадження.

Впровадження комплексної термомодернізації у будівлях, що знаходяться у експлуатації, потребує значних інвестицій, які можуть бути повернуті впродовж тривалого періоду. Тому важливо враховувати життєвий цикл будівель, до яких застосовується термомодернізація.

Життєвий цикл будівлі – це послідовність процесів існування будівлі; задум і проектування – народження (побудова) – зрілість – старіння – смерть (виведення і з експлуатації). Впровадження комплексної термомодернізації доцільне лише у випадках, коли тривалість «зрілості» будівлі буде не нижче, ніж термін повернення інвестицій.

Будівля школи, для якої проводиться енергетичний аудит, знаходиться в експлуатації з 1959 року (більше 60-ти років), при цьому у будівлі жодного разу не проводився капітальний ремонт.

Засвідчити стан життєвого циклу будівлі та виявити дефекти, які підлягають ліквідації, може технічне обстеження будівлі, що має виконуватись у відповідності до діючих вимог.

В разі реалізації заходів для забезпечення підвищення енергетичної ефективності будівлі (перед розробкою проектно-кошторисної документації) на стадії формування технічного завдання на проектування, має бути проведено технічне обстеження будівлі, що виконується спеціалізованою організацією у відповідності до «Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва (Постанова КМУ від 12.04.2017 р №257) з обов'язковою розробкою «Паспорта об'єкта будівництва» у відповідності до вимог Наказу Мінрегіону від 10.11.2017 р № 298.



Продовжити активний період життєвого циклу може капітальний ремонт будівельних конструкцій та інженерних систем, своєчасно проведений по результатам технічного обстеження. Проведення капітального ремонту відновлює втрачені функції будівель та є обов'язковою умовою забезпечення запланованого життєвого циклу.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата	01TK-21-EA			36

Таким чином процес комплексної термомодернізації – це складний процес, що складається із двох основних груп робіт:

- ◆ Капітальний ремонт – роботи по підтриманню та відновленню функцій будівельних конструкцій та інженерних систем та продовження життєвого циклу будівель.
- ◆ Комплексна термомодернізація – роботи, що покращують рівень теплового захисту огорожень будівлі та модернізують інженерні системи будівлі з метою підвищення ефективності використання енергії та покращення мікроклімату у будівлях.

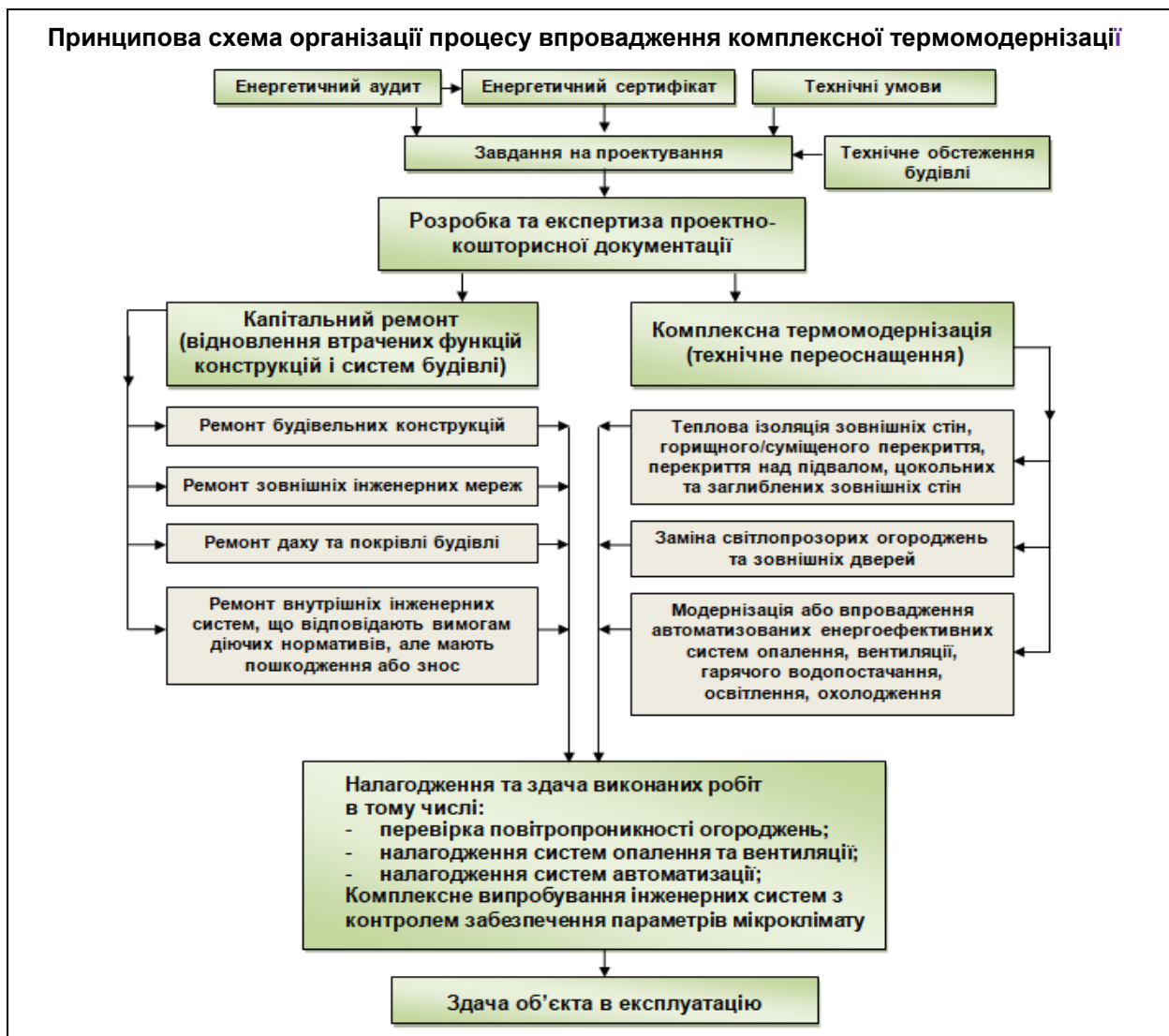
Проведення робіт по капітальному ремонту будівлі є прямим обов'язком власника будівлі та мають виконуватись за кошти власника.

Роботи по термомодернізації - це окремий вид робіт, що проводяться на будівлях із підтвердженням економічно обґрунтованим необхідним періодом життєвого циклу. Фінансування термомодернізації має свої особливості, основані на тому, що проведення термомодернізації за рахунок створення економії енергії генерує свій власний грошовий потік, що є потенційним джерелом інвестицій.

Виходячи із сказаного до термомодернізації доцільно включати лише ті роботи, що здатні створювати нові якості будівлі, генерувати заощадження та сприяти покращенню мікрокліматичних умов у приміщеннях будівлі.

На рисунку 6.1 приведена принципова схема підготовки, організації та впровадження комплексної термомодернізації. Крім того схема містить інформацію про склад основних робіт при проведенні капітального ремонту та при впровадженні термомодернізації.

Рисунок 6.1



Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

В цьому енергетичному аудиті розглядаються заходи, що входять до складу комплексної термомодернізації будівлі в частині покращення теплового захисту огорожень та модернізації систем обігріву приміщень та забезпечення оптимального повітрообміну.

Роботи з капітального ремонту у цьому енергетичному аудиті не розглядаються (за виключенням систем організації природного повітрообміну).

Проведені енергетичні обстеження показали:

- ✓ Якість теплопостачання та рівень забезпечення у будівлі мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов знаходиться на низькому рівні. Особливу стурбованість викликає низький рівень повітрообміну, наявність періодів незадовільного температурного режиму у приміщеннях та відсутність можливості регулювання температури повітря у приміщеннях.
- ✓ Ефективність використання енергетичних ресурсів у будівлі теж має низький рівень. Питомі показники енергоспоживання, розраховані з метою проведення енергетичної оцінки будівлі, свідчать про те, що будівля відповідає найнижчим класам енергетичної ефективності –«F - G».

При впровадженні термомодернізації будівлі розглядається перелік заходів, що забезпечують підвищення теплового захисту будівлі (утеплення огорожень) та модернізацію інженерних систем забезпечення оптимального температурного режиму та оптимального повітрообміну. До такого обов'язкового переліку заходів відносяться такі заходи:

- Теплова ізоляція зовнішніх огорожуючих конструкцій будівель: зовнішніх стін, горищних та суміщених перекриттів, перекриттів над неопалювальними підвалами, інших огорожуючих конструкцій будівель з метою забезпечення термічного опору цих огорожень на рівні діючих нормативних вимог.
- Заміна вікон і зовнішніх дверей з метою забезпечення їх термічного опору на рівні діючих вимог.
- Досягнення нормативного рівня повітропроникності огорожень.
- Модернізація системи опалення, впровадження індивідуального автоматизованого теплового пункту, впровадження сучасних систем вентиляції з метою забезпечення їх відповідності діючим нормативним документам, що є запорукою забезпечення ефективного споживання енергоносіїв.

Визначення потенціалу скорочення споживання енергії при впровадженні заходів.

Реалізація приведеного вище пакету заходів має суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності будівлі. Заходи передбачають досягнення нормативного рівня термічного опору огорожень, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 та досягнення сучасного рівня вимог, що пред'являються до систем опалення та вентиляції.

Базовий рівень енергоспоживання при опаленні **591, 4 Гкал/рік або 687724 кВт*год** (розділ 5 звіту).

Проведений розрахунок енергоспоживання будівлі після впровадження приведеного вище комплексу заходів, передбачає, що після впровадження термомодернізації у будівлі буде забезпечений нормативний рівень герметичності та припинене функціонування природної витяжки, а механічні системи припливно-витяжної вентиляції оснащені утилізаторами тепла витяжного повітря ефективністю не нижче 70% та працюють в автоматичному режимі виключно у періоди

						01TK-21-EA	38
<i>Зм.</i>	<i>Кіл.</i>		<i>№ док.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

перебування людей у будівлі. При цьому величина повітрообміну регулюється автоматично в залежності від кількості людей, що перебувають у будівлі.

Роздруківка розрахунку енергоспоживання після впровадження комплексу заходів у звіті не приводиться, але розрахунок зберігається у електронному вигляді в архіві енергоаудитора і може бути наданий на запит замовника.

Згідно проведеного розрахунку **розрахункове енергоспоживання для потреб опалення після впровадження заходів становитиме: 123,0 Гкал/рік (142992 кВт*год)**

Економія від впровадження заходів становить: $591,4 - 123,0 = 468,4$ Гкал/рік (544651 кВт*год)



Проведемо енергетичну оцінку будівлі школи після впровадження запропонованих заходів:

Питоме енергоспоживання для потреб опалення та охолодження після впровадження заходів:

$$(142992 + 192375)/12825 = 26,1 \text{ кВт/год/м}^3$$

Відсоткова різниця між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні та граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні:

$$\Delta \text{ЕР} = [(26,1 - 46,0)/46,0] * 100 = -43,3\%$$

За показником питомого енергоспоживання будівля Світловодської СЗОШ №3 після впровадження запропонованих заходів з підвищення енергоефективності може бути віднесена щонайменше до класу енергетичної ефективності «В»



Комплексне одночасне впровадження всього комплексу заходів забезпечує найвищий економічний ефект. У цьому енергетичному обстеженні енергетична оцінка будівель та ефективність впровадження інвестицій розглядається за умов комплексного одночасного впровадження всього пакету заходів. В реальних умовах господарювання комплексне впровадження термомодернізації є досить складним через високу фінансову вартість інвестицій, тому відбувається поетапне впровадження заходів. Такий варіант впровадження термомодернізації є цілком допустимим, але за умов, що це не погіршить економічні показники та не зашкодить досягненню кінцевого запланованого рівня енергетичної ефективності будівлі. Необхідно пам'ятати про доцільну та обґрунтовану послідовність впровадження етапів та про те, що заходи мають взаємний вплив на економічну ефективність впровадження. Кінцеві показники поетапного впровадження будуть завжди нижчими, ніж сума енергетичної ефективності впровадження окремих заходів.

У таблиці 6.1 приведений рекомендований до реалізації перелік та маркування заходів з підвищення енергоефективності.

						01TK-21-ЕА	39
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.1

Позначення заходів	Найменування заходів	Примітка
E33 - 1	Теплова ізоляція огорожуючих конструкцій будівель, в тому числі:	термомодернізація
E33 - 1.1	Теплова ізоляція зовнішніх стін	----- II -----
E33 - 1.2	Теплова ізоляція горищного перекриття	----- II -----
E33 - 1.3	Теплова ізоляція перекриття над неопалювальним підвалом	----- II -----
E33 - 1.4	Теплова ізоляція заглиблених та цокольних стін	----- II -----
E33 - 2	Заміна світлопрозорих огорожуючих конструкцій	----- II -----
E33 - 3	Заміна зовнішніх дверей	----- II -----
E33 - 4	Модернізація систем опалення будівель із впровадженням засобів автоматизації	----- II -----
E33 - 5	Впровадження індивідуальних теплових пунктів (ІТП) на системі опалення, що підключені до системи центрального тепlopостачання	----- II -----
E33 - 6	Впровадження сучасного вентиляційного обладнання і вентиляційних систем, із застосуванням утилізаторів тепла витяжного повітря:	----- II -----
E33 - 6.1	Впровадження індивідуальних припливно-витяжних вентиляційних агрегатів	----- II -----
E33 - 6.2	Впровадження центральних систем припливно-витяжної вентиляції	----- II -----
	Ремонт та відновлення функціонування існуючих витяжних систем вентиляції із природним спонуканням та витяжних систем із механічним спонуканням, що здійснюють витяжку із туалетів, кухонь та інших приміщень.	капітальний ремонт (додаток 10)
	Впровадження індивідуального джерела теплової енергії для будівлі школи. <i>(Це питання потребує технічного завдання у відповідності до концепції розвитку тепlopостачання міста Світловодська)</i>	перспективні заходи (питання не розглядалось)
	Впровадження для будівлі школи альтернативних відновлювальних джерел енергії: теплових насосів, сонячних колекторів і сонячних батарей та когенераційних установок у відповідності до європейських ініціатив EUROPEAN GREEN DEAL	перспективні заходи (додаток 12)

Підвищення теплового захисту огорожуючих конструкцій будівлі.

ЕЗЗ-1. Теплова ізоляція огорожуючих конструкцій будівлі.

Розглянемо та проаналізуємо фактичний термічний опір огорожень та вимоги до їх утеплення згідно ДБН В.2.6-31:2016. У таблиці 6.2 приведені результати цього аналізу.

Таблиця 6.2

№ 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*°C	δ мм
1	Зовнішні стіни: силікатна цегла $\delta = 510$ мм	2217,1	0,77	3,3	2,53	0,048*	130
2	Горишне перекриття: - по з/б плитам	1279,2	0,85	4,95	4,1	0,048*	200
3	Перекриття над підвалом	345,0	0,38	3,75	3,37	0,048*	160

**) – Для мінераловатних плит, як 0,039 - 0,042 вт/м*°C, але для врахування реальних умов експлуатації та умов виконання робіт прийнято, що коефіцієнт теплопровідності становить 0,048 вт/м*°C*

В якості теплової ізоляції для зовнішніх стін, суміщеного перекриття та перекриття над підвалом пропонується використати теплоізоляційні плити від компанії ROCKWOOL

ЕЗЗ - 1.1. Теплова ізоляція зовнішніх стін.

Теплова ізоляція стін (фасадна ізоляція) являє собою комплекс елементів, який складається з набору виробів, що з'єднуються у збірну систему. Комплект повинен мати характеристики, які дозволяють споруді після її встановлення забезпечувати необхідні енергетичні показники та показники безпеки під час експлуатації. Збірна система складається з несучої частини зовнішніх стін та конструкції теплоізоляції, яка в свою чергу складається з:

- шару теплової ізоляції;
- опоряджувального шару;
- несучих частин.

Перелік, тип та складові виробів і компонентів є строго фіксованим у комплекті. Це не мають бути випадкові комплектуючі. Наприклад збірна теплоізоляційна система CERESIT чи BAUMIT

Вимоги до збірних систем встановлюються ДБН В.2.6-33:2018 та ДСТУ Б В.2.6-34. Іншими словами фасадна ізоляція не може бути конструкцією, складеною за довільною технологією. Фасадна теплоізоляція має відповідати певному набору вимог. Крім забезпечення вимог по тепловій ізоляції, мають забезпечуватись вимоги до міцності та довговічності конструкцій, пожежній безпеці, екологічним показникам.

Існує така класифікація збірних теплоізоляційних систем в залежності від застосування збірної системи з опорядженням (ДСТУ Б В.2.6-33:2008):

- штукатурками або дрібноштукатурними елементами (клас А);
- цеглою або стіновими каменями (клас Б);
- індустриальними елементами, в т. ч. з вентиляльованими прошарками(клас В);
- прозорими елементами (клас Г).

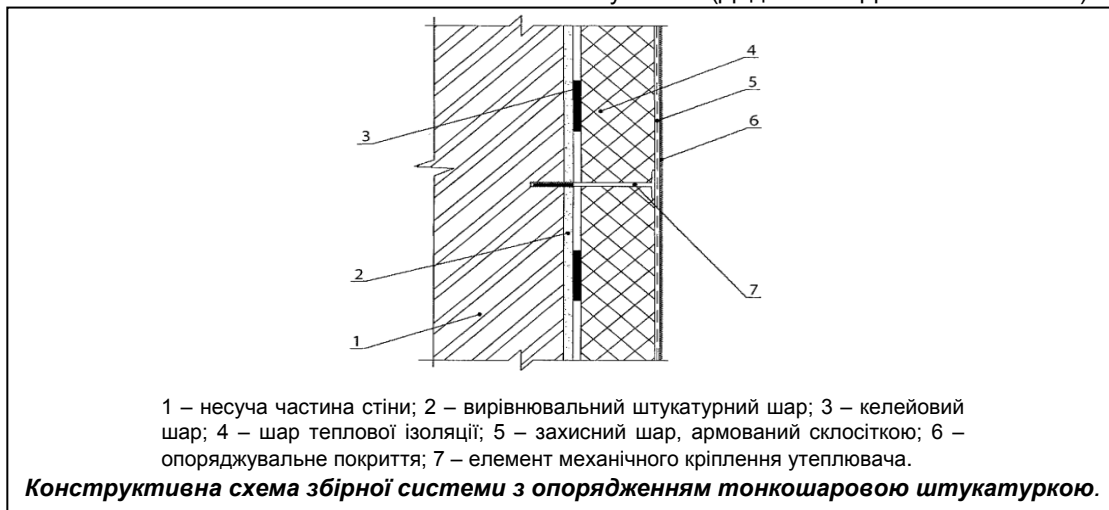
Для будівлі, що розглядається, найбільш доцільним є застосування збірної системи з опорядженням штукатурками (клас А). Така система виконується шляхом закріплення шару теплової ізоляції на несучі стіни з наступним нанесенням опоряджувального шару теплової ізоляції.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата	01TK-21-ЕА				41

Комплект складається з клейових матеріалів, теплоізоляційного матеріалу, механічних засобів кріплення теплової ізоляції, армувальної сітки, опоряджувального покриття.

ДБН В.2.6-33:2018 дає чіткі вказівки щодо влаштування збірних конструкцій теплової ізоляції з опорядженнями. На рисунках 6.2 приведена схема влаштування збірної конструкції із штукатурним шаром опорядження.

Рисунок 6.2 (Додаток А ДБН В.2.6-33:2018)



Зараз розроблено та впроваджується достатня кількість технологій збірних систем теплової ізоляції зовнішніх стін будівель, наприклад CERESIT, Sapatect, BAUMIT та багато інших.

Використання однієї із таких технологій дає можливість скористатись типовими рішеннями по вибору технології утеплення починаючи з підготовки поверхонь стін до встановлення утеплення. Згадані технології пропонують велику кількість типових рішень встановлення теплової ізоляції у складних архітектурних вузлах. Пропонується до використання велика кількість матеріалів, що відповідає високим вимогам енергоефективності.

В якості основного теплоізоляційного матеріалу для зовнішніх стін пропонуємо розглядати теплоізоляційні плити від компанії ROCKWOOL. Для утеплення фасадів застосовуються теплоізоляційні плити FRONTROCK MAX E



FRONTROCK MAX E			
Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Площадь, м2
1000	600	80	1,8
1000	600	100	1,8
1000	600	120	1,8
1000	600	130	1,8
1000	600	140	1,2
1000	600	150	1,2
1000	600	160	1,2
1000	600	180	1,2
1000	600	200	1,2

Скористаємось інформацією про збірну систему Ceresit для визначення вартості комплексу матеріалів для теплової ізоляції 1 м² фасаду з теплоізоляційною плитою шаром товщиною 130 мм



Питома вартість комплексу матеріалів для утеплення 1-го кв. метра стіни становить: 840 грн

Згідно аналізу кошторисів проектів термомодернізації, що реалізовані, вартість робіт по встановленню теплоізоляції зовнішніх стін становить близько 25-30 % від вартості матеріалів:

Загальна питома вартість теплової ізоляції 1-го кв. метра зовнішніх стін становить:

$$840 * 1,3 = 1100 \text{ грн/м}^2$$

Е33 - 1.2. Теплова ізоляція горищного перекриття.

Для теплової ізоляції горищного перекриття доцільно використати теплоізоляційні плити компанії ROCKWOOL. Пропонується двошарова теплова ізоляція:

- нижній шар – теплоізоляційні плити ROOFROCK 30E товщиною 100 мм;
- верхній шар – теплоізоляційні плити MONROCK MAX E товщиною 100 мм.

Загальна товщина теплоізолюючого шару – 200 мм

Плити ROOFROCK використовуються на плоских покрівлях, як нижній шар утеплення.

Плити MONROCK MAX E більш жорсткі плити і використовуються в якості верхнього шару

Питома вартість матеріалів 1 м² конструкції теплової ізоляції горищного перекриття становить близько 1200 грн/м²

Згідно аналізу кошторисів проектів термомодернізації, що реалізовані, вартість робіт по встановленню теплоізоляції горищних перекриттів становить близько 20-25 % від вартості матеріалів.

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

$$1200 * 1,2 = 1450 \text{ грн/м}^2$$

						01TK-21-EA	
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		43

MONROCK MAX E

Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Количество, шт.	Площадь, м2
2000	1200	50	25	60
2000	1200	60	20	48
2000	1200	80	15	36
2000	1200	90	14	33,6
2000	1200	100	12	28,8
2000	1200	120	10	24
2000	1200	130	9	21,6
2000	1200	140	8	19,2
2000	1200	150	8	19,2
2000	1200	160	7	16,8
2000	1200	180	6	14,4
2000	1200	200	6	14,4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметр	Значение
Теплопроводность декларируемая плит толщ. 40-79 мм	≤ 0,040 Вт/(м·К)
Теплопроводность декларируемая плит толщ. 80-200 мм	≤ 0,039 Вт/(м·К)
Группа горючести	НГ
Прочность на сжатие при 10 % деформации, не менее	40 кПа
Предел прочности на отрыв слоев, не менее	7,5 кПа
Водопоглощение при частичном погружении, не более	1,0 кг/м²
Срок эффективной эксплуатации, не менее	50 лет
Номинальная плотность плит толщиной 40 – 79 мм	145 кг/м³
Номинальная плотность верхнего слоя плит толщиной 80 – 200 мм	200 кг/м³
Номинальная плотность нижнего слоя плит толщиной 80 – 200 мм	115 кг/м³

ROOFRACK 30E

Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Количество, шт.	Площадь, м2
2000	1200	50	25	60
2000	1200	60	20	48
2000	1200	70	16	38,4
2000	1200	80	15	36
2000	1200	90	12	28,8
2000	1200	100	12	28,8
2000	1200	110	10	24
2000	1200	120	10	24
2000	1200	130	9	21,6
2000	1200	140	8	19,2
2000	1200	150	8	19,2
2000	1200	160	7	16,8
2000	1200	180	6	14,4

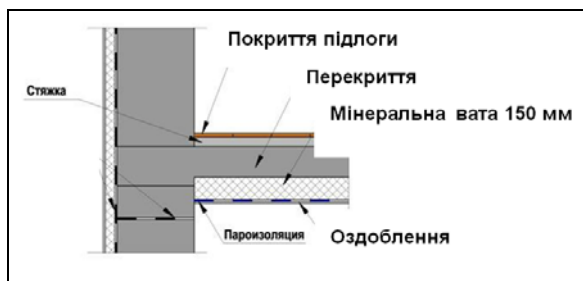
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметр	Значение
Номинальная плотность	100 кг/м³
Теплопроводность декларируемая	0,036 Вт/(м·К)
Группа горючести	НГ
Прочность на сжатие при 10 % деформации, не менее	30 кПа
Сопротивление точечной нагрузке, не менее	300 Н
Предел прочности на отрыв слоев, не менее	7,5 кПа
Водопоглощение при частичном погружении, не более	1,0 кг/м²
Срок эффективной эксплуатации, не менее	50 лет

ЕЗЗ - 1.3. Теплова ізоляція перекриття над неопалювальним підвалом.

В якості основного теплоізоляційного матеріалу товщиною 160 мм для перекриття над неопалювальним підвалом пропонуємо розглядати теплоізоляційні плити Rockmin торгової марки Rockwool. Теплоізоляційна плита має такі ж технічні характеристики, як приведено вище.

Вартість 1 м² теплоізоляційної плити Rockmin товщиною 160 мм становить близько 550 грн. Конструкція теплової ізоляції перекриття над неопалювальним підвалом має приблизно такий вигляд:



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

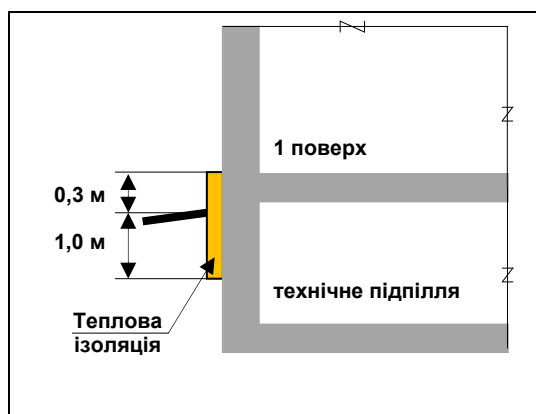
Прийmemo, що вартість робіт по встановленню теплоізоляції перекриттів над підвалами становить близько 20 - 30 % від вартості матеріалів.

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

$$550 * 1,3 = 750 \text{ грн/м}^2$$

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.



Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

01TK-21-ЕА

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

Приймемо, 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 горіщного перекриття становить:

$$450 * 1,3 = 585 \text{ грн/м}^2$$

Е33 - 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.

Е33 - 3. Заміна зовнішніх дверей.

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



До встановлення пропонуються металопластикові дверні блоки з термічним опором не нижче 0,6 м²*°C/вт.

Середня питома вартість зовнішніх дверей термічним опором не менше 0,6 м²*°C/вт із врахуванням вартості робіт по їх встановленню становить до 3200 грн/м².



Загальні капітальні витрати на підвищення термічного опору (утеплення) огорожуючих конструкцій будівлі (Е33-1: зовнішніх стін, горіщного перекриття, перекриття над підвалом, вікна та двері, цокольних стін) приведені в таблиці 6.3

Таблиця 6.3

	Найменування огорожувальних конструкцій	Площа, м ²	Питома вартість, грн/м ²	Капітальні витрати	
				тис. грн	Євро
Е33-1.1	Зовнішні стіни	2217,1	1100,0	2438,81	72,80
Е33-1.2	Горіщне перекриття	1279,2	1450,0	1854,84	55,37
Е33-1.3	Перекриття над підвалом	345,0	750,0	258,75	7,72
Е33-1.4	Вікна	615,0	2700,0	1660,50	49,57
Е33-2	Зовнішні двері	27,6	3200,0	88,32	2,64
Е33-3	Заглиблені та цокольні стіни	1628,0	585,0	952,38	28,43
Загальна вартість утеплення огорожень (Е33-1 – У33-3):				7253,60	216,53

При розрахунках станом на березень 2021 року прийнятий курс Євро: 1 Євро = 33,5 грн

						<i>01TK-21-ЕА</i>	45
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

Модернізація інженерних систем будівлі.

На енергоефективність інженерних систем будівель значним чином впливає рівень оснащеності цих систем засобами автоматизації, що забезпечує можливість автоматичного керування роботою систем, моніторингу та управління будівлями.

Мінімальний клас енергоефективності автоматизації та моніторингу для нових та реконструйованих будівель має бути не нижче класу «С».

Функції систем управління та моніторингу громадських будівель, що відповідають певному рівню (класу) енергоефективності згідно таблиці 1 ДСТУ Б EN 15232:2011 приведені в таблиці 6.4 звіту.

Приведені вимоги енергетичної ефективності інженерного обладнання, мають дотримуватись при розробці заходів з підвищення енергетичної ефективності.

Таблиця 6.4

№ п/п	Наявність або відсутність реалізованих функцій автоматизації	Класи енергоефективності			
		D	C	B	A
Управління та моніторинг відпуском енергії (опалювальні прилади та елементи системи опалення)					
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг	■			
1	Централізоване автоматичне управління	■			
2	Місцеве автоматичне управління та моніторинг за допомогою терморегуляторів	■	■		
3	Місцеве автоматичне управління та моніторинг зі зв'язком між контролерами та АСМУБ	■	■	■	
4	Інтегроване управління та моніторинг приміщення з урахуванням фактичних потреб (згідно з присутністю людей, якості повітря, тощо)	■	■	■	■
Клас С. На нагрівальних приладах системи опалення будівлі мають бути встановлені терморегулятори. На стояках системи опалення – автоматичні балансувальні клапани.					
Управління та моніторинг температурою теплоносія в трубопроводі (ІТП)					
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг	■			
1	Управління та моніторинг за погодних умов	■	■		
2	Управління та моніторинг за внутрішньою температурою в приміщенні	■	■	■	■
Клас С. Управління та моніторинг за принципом погодного регулювання. (має бути забезпечена можливість коригування погодного регулювання по температурі внутрішнього повітря)					

Управління та моніторинг періодичності зниження виділення енергії системою опалення (ІТП)					
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг	■			
1	Автоматичне програмоване управління та моніторинг за розкладом	■			
2	Автоматичне програмоване управління та моніторинг за розкладом з оптимізацією моментів включення та виключення	■	■	■	■
Клас А. Встановлення в ІТП програматора з метою зниження температури у приміщеннях у неробочий час.					

Управління та моніторинг температурою теплоносія в трубопроводі (джерело теплової енергії - котельня)					
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг	■			
1	Управління та моніторинг за погодних умов	■	■		
2	Управління та моніторинг за внутрішньою температурою в приміщенні	■	■	■	■
Клас С. Управління та моніторинг за принципом погодного регулювання..					

Управління та моніторинг змішувальних та циркуляційних насосів (припливні вентиляційні установки, окремі контури системи опалення)						
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг					
1	Двопозиційне управління та моніторинг					
2	Управління та моніторинг швидкості обертання насосів з забезпеченням постійного перепаду тиску					
3	Управління та моніторинг швидкості обертання насосів з забезпеченням змінного перепаду тиску					
Клас А. На припливних вентиляційних установках та на контурах системи опалення мають бути встановлені насоси з управлінням швидкості обертання із забезпеченням постійного перепаду тиску						
Управління та моніторинг повітряного потоку у приміщенні						
0	Відсутнє автоматичне управління та моніторинг					
1	Ручне управління та моніторинг					
2	Управління та моніторинг за періодами часу					
3	Управління та моніторинг за присутності людей у приміщенні					
Клас С. Комплект автоматики припливно-витяжних агрегатів має передбачати програмування повітряних потоків для окремих періодів часу.						
Управління та моніторинг захисту теплообмінника від заморожування						
0	Відсутнє управління захисту від заморожування					
1	Наявне управління та моніторинг захисту від заморожування					
Клас А. На припливно-витяжних вентиляційних агрегатах наявний захист від заморожування						
Управління та моніторинг температури припливного повітря						
0	Відсутнє управління та моніторинг					
1	З постійним значенням заданої температури					
2	Зі змінним значенням заданої температури в залежності від погодних умов					
3	Зі змінним значенням температури в залежності від навантаження					
Клас С. Регулювання температури припливного повітря здійснюється з постійним значенням для встановлених періодів часу						

ЕЗЗ - 4. Модернізація системи опалення будівлі із впровадженням засобів автоматизації.

Система опалення будівлі експлуатується більше 60-ти років та вичерпала свій ресурс. Тому вона потребує повної заміни. Крім фізичного зносу система опалення не відповідає сучасним вимогам забезпечення енергетичної ефективності. Система опалення будівлі однотрубна. Однотрубні системи мають цілий ряд вад, головною серед яких є те, що такі системи погано піддаються регулюванню. Згідно діючих рекомендацій перевага має надаватись двотрубним системам опалення. Двотрубні системи опалення забезпечують стабільну надійну роботу, стійкий гідравлічний режим та дають можливість здійснювати регулювання відпуску теплової енергії кожним нагрівальним приладом окремо.

Енергоефективність системи опалення забезпечується високим рівнем автоматизації. Згідно сучасним вимогам, що пред'являються до систем опалення, кожний нагрівальний прилад повинен бути обладнаний термовентилем, що забезпечує автоматичне підтримання заданої температури в приміщенні.



На стояках системи опалення мають бути встановлені автоматичні балансувальні клапани. Ці клапани мають підтримувати у стояках постійну витрату теплоносія, що забезпечує автоматичне гідравлічне балансування стояків між собою.

Нагрівальні прилади, як правило, розміщують під вікнами на зовнішніх стінах. Тому частина тепла тепла використовується на нагрів зовнішньої стіни. Через це частина теплової енергії використовується не за призначенням – це втрати теплової енергії. Для того щоб запобігти цій втраті тепла необхідно між стіною та нагрівальним приладом розмістити тепловідбивний екран. В якості такого екрану можливо використувати пінофол, що являє собою ефективний утеплювач. Для його виготовлення використовується вспінений поліетилен та фольга.

Аналіз проектів, реально реалізованих в період 2017-2020 років показує, що питома вартість модернізації систем опалення становить **6000-7000 грн на 1 кВт** встановленої потужності систем опалення. Така вартість включає весь комплекс робіт з повним комплектом засобів автоматизації.

Приведену вартість модернізації систем опалення не треба вважати кінцевою. Це оціночна максимальна вартість. Капітальні витрати на модернізацію систем опалення залежать від організації процесу термомодернізації.

Вартість системи опалення залежить від потужності системи опалення. А потужність системи опалення, у свою чергу, залежить від організації процесу термомодернізації. Якщо термомодернізація впроваджується комплексно і модернізація системи опалення відбувається одночасно із утепленням огорожень, то потужність системи опалення буде значно меншою, ніж потужність системи опалення неутепленої будівлі.

В розділі 5 звіту приведений розрахунок потужності системи опалення будівлі:

- ♥ розрахункова потужність системи опалення існуючої будівлі (без утеплення) – 310-365 кВт;
- ♥ розрахункова потужність системи опалення будівлі після якісного впровадження заходів, передбачених цим аудитом, становитиме 132 кВт.

Для подальших розрахунків прийнята потужність системи опалення: $132 \cdot 1,15 = 150$ **кВт**, де (1,15 – коефіцієнт запасу).

Вартість робіт по впровадженню нової сучасної системи опалення, потужністю 150 кВт, становить:

$$150 \cdot 6500 = 975000 \text{ грн}$$

							01TK-21-EA	
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата			48

Е33-5. Впровадження індивідуального теплового пункту (ІТП).

Джерелом теплової енергії для будівлі школи є система центрального тепlopостачання міста. Для забезпечення якісного тепlopостачання будівлі на вводі у будівлю має бути встановлений автоматизований індивідуальний тепловий пункт (ІТП). ІТП оптимізує процес тепlopостачання будівлі, не допускає необґунтованих «перегрівів» будівлі та створює передумови для досягнення високого рівня енергетичної ефективності.

В місті Світловодськ багато нарікань на роботу системи центрального тепlopостачання. Справедливості нарікань є багато підтверджень. Але великою проблемою, на думку енергоаудитора, є відсутність продуктивної комунікації.

Збереження центрального тепlopостачання міста на цьому етапі є важливою задачею. Тому пошук варіантів покращення функціонування системи центрального тепlopостачання залишається актуальним.

Виходячи із сказаного вище влаштування індивідуального джерела теплової енергії для будівлі школи не розглядається як першочергове.

В той же час, варіант власної котельні для школи не виключається в перспективі.

Рішення про джерела теплової енергії в місті не мають бути випадковими, а мають узгоджуватись із затверженою концепцією розвитку тепlopостачання міста.

ІТП являє собою комплекс обладнання, що не допускає зайвого споживання теплової енергії. Він слідкує за тим, щоб система опалення отримувала теплову енергію в кількостях достатніх для забезпечення заданого рівня комфорту, не допускаючи необґрунтованого споживання енергії та дає можливість програмувати роботу системи опалення.

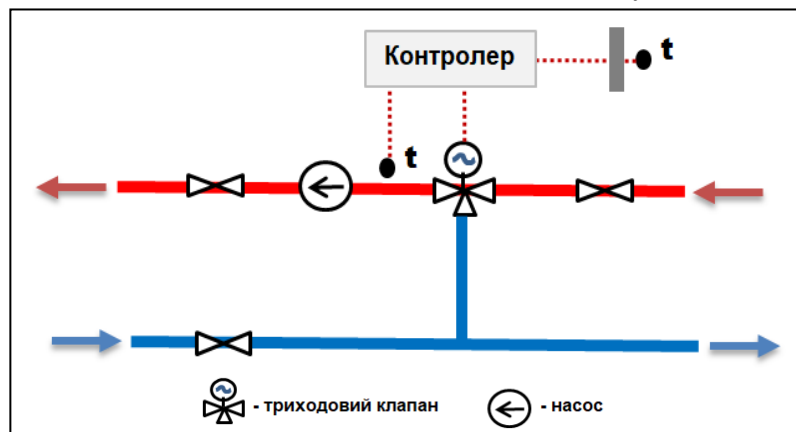
Індивідуальний тепловий пункт для системи опалення має бути виконаний за схемою згідно рисунку 6.3.

Автоматизований індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – це досить простий пристрій, що здійснює такі основні функції:

- погодне регулювання відпуску теплової енергії;
- підтримання постійного перепаду тиску в системі опалення будівлі;
- програмування параметрів роботи системи опалення.

В таблиці 6.5. приведена оцінка вартості впровадження ІТП індивідуального виготовлення. Для запропонованого ІТП пропонується використання найбільш якісного обладнання та матеріалів.

Рисунок 6.3



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 достатньо 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				
									50

01TK-21-EA

Вартість впровадження комплексної припливно-витяжної вентиляції з використанням різних варіантів застосування вентиляційного обладнання визначене шляхом аналізу вартості вентиляційного обладнання і матеріалів та оцінки вартості монтажних та пусконаладжувальних робіт.

Визначена питома вартість впровадження систем вентиляції є оціночною та підлягає уточненню шляхом розробки реальних робочих проектів провадження сучасних автоматизованих вентиляційних систем в умовах забезпечення оптимального повітрообміну у будівлях, що відповідають вимогам герметичності теплозахисної оболонки.

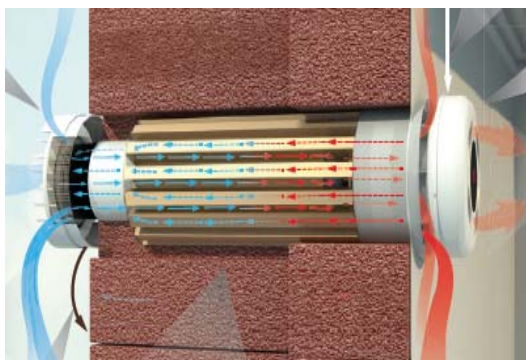
Існує декілька варіантів застосування вентиляційного обладнання для організації сучасної ефективної вентиляції у приміщеннях громадських будівель. Розглянемо згадані варіанти та визначимо питому вартість впровадження вентиляції у розрахунку на 1 м³/год повітрообміну у будівлі.

1 варіант: Застосування автономних припливно-витяжних вентиляційних агрегатів з утилізацією тепла витяжного повітря незначної продуктивності. Як правило, такі агрегати мають продуктивність 30 – 150 м³/год та призначені для встановлення у отворах зовнішніх стін.

2 варіант: Застосування автономних припливно-витяжних вентиляційних агрегатів з утилізацією тепла витяжного повітря продуктивністю 200 – 500 м³/год. Такі агрегати призначені для обслуговування окремих приміщень, в яких перебуває 15 - 30 осіб. Такі агрегати, в першу чергу, доцільно застосовувати для класних кімнат та приміщень дитячих садків.

3 варіант: Використання вентиляційного обладнання продуктивністю від 500 м³/год до декількох десятків тисяч кубічних метрів повітря для обслуговування груп приміщень або будівель в цілому.

Організація повітрообміну за **1-м варіантом** використовується для приміщень відносно невеликої площі з невеликою кількістю людей.



Для застосування доцільно рекомендувати припливно-витяжні агрегати Prana продуктивністю по повітрю біля 105 м³/год. Виробник вентиляційного обладнання Prana пропонує декілька модифікацій обладнання різної продуктивності та різного рівня автоматизації. Для визначення показників питомих капітальних витрат скористаємось інформацією про агрегати Prana продуктивністю 105 м³/год.

Загальна вартість впровадження 1-го припливно-витяжного агрегата Prana-150 продуктивністю 105 м³/год (за даними виробників обладнання) становить біля 10 тис. грн

Середня питома вартість впровадження вентиляції за 1-м варіантом буде становити:

$$10000/105 = \mathbf{95 \text{ грн/м}^3}$$

Цей варіант організації повітрообміну є найбільш дешевим, але не абсолютно досконалим.

2-й варіант організації повітрообміну має ряд технічних переваг і при цьому залишається достатньо простим в реалізації.



Агрегати ДВУТ продуктивністю 500 м³/год

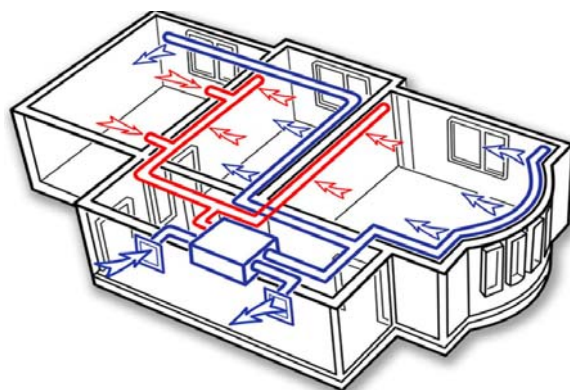


Агрегати Ventoxx продуктивністю 350 м³/год

Питома вартість капітальних витрат на впровадження вентиляційних агрегатів за 2-м варіантом становить біля **150 грн/м³**.

Принципова схема організації припливно-витяжної вентиляції за **3-м варіантом** (центральні системи вентиляції) приведена на рисунку.

Визначення питомої вартості такої вентиляції досить складне та може мати безліч варіантів через велику кількість різновидів обладнання та різні рівні автоматизації та надійності. Крім того кожна будівля має свої особливості, що впливає на об'єми робіт.



По результатам проведеного аналізу прийемо, що питома вартість впровадження центральної вентиляції за 3-м варіантом буде становити: **200-250 грн/м³**.

Облаштування вентиляційних систем – це досить складний процес, який потребує врахування цілого комплексу вимог: санітарно-гігієнічних, протипожежних, вимог інфекційної безпеки та енергетичної ефективності. Для кожної будівлі питання організації повітрообміну має вирішуватись індивідуально.

Розрахунковий повітрообмін, що має бути забезпечений у будівлі школи, згідно розрахунку додатку 5 становить **19692 м³/год**.

Вентиляційне обладнання за 1 варіантом має застосовуватись у невеликих і середніх приміщеннях школи

Вентиляційне обладнання за 2 варіантом найбільш доцільно застосовувати у класних приміщеннях та кабінетах.

Вентиляційне обладнання за 3 варіантом доцільно застосовувати у загальних приміщеннях школи (спортивна зала, актовa зала) та рекреаціях.

Аналіз об'ємно-планувальних рішень та складу приміщень школи показує, що за 1 варіантом має бути забезпечено близько 25% повітрообміну. За 2-м та 3-м варіантами – відповідно 50% та 25%.

Загальна вартість впровадження всього комплексу вентиляції становить:

$$[(19692 \cdot 0,25) \cdot 95] + [(19692 \cdot 0,5) \cdot 150] + [(19692 \cdot 0,25) \cdot 220] = 467685 + 1476900 + 1083060 = 3027645 \text{ грн}$$

Вартість впровадження комплексу припливно-витяжної вентиляції становить **3027,65 тис грн**.

						01TK-21-EA	
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		52

Загальні капітальні витрати для впровадження всього запропонованого пакету заходів (утеплення огорожень та модернізація інженерних систем) приведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6

	Найменування заходів	Капітальні витрати	
		тис. грн	Євро
E33-1 – E33-3	Утеплення огорожуючих конструкцій	7253,6	216,53
E33-4	Модернізація системи опалення	975,0	
E33-5	Впровадження індивідуального теплопункту	298,4	
E33-6	Впровадження припливно-витяжної вентиляції	3027,65	90,38
Загальна вартість впровадження заходів (E33-1 – U33-6):		11554,65	

При розрахунках станом на березень 2021 року прийнятий курс Євро: **1 Євро = 33,5 грн**



7. Техніко – економічна оцінка впровадження заходів з підвищення енергоефективності будівлі.

Термомодернізація громадських будівель є досить «дорогим» заходом. Будь-які дії, направлені на покращення енергоефективності, вимагають значних капіталовкладень. В свою чергу капіталовкладення (інвестиції) мають бути ефективними з економічної точки зору. Економічна ефективність інвестицій залежить від таких факторів:

- ціна на матеріали та обладнання;
- ціна трудових ресурсів, задіяних у виробничому процесі;
- ставка дисконтування – відображає вартість коштів з урахуванням фактору часу та ризиків (визначає вартість грошових потоків, що стосується майбутніх періодів);
- економія коштів на утримання будівель за рахунок зниження споживання енергії.

В останні роки показники економічної ефективності інвестицій в термомодернізацію є не досить привабливими. Причиною цього є висока вартість матеріалів та обладнання та високі ставки дисконтів.

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 дохідності коштів що інвестуються, в залежності від депозитних ставок банків першої категорії надійності, 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 дисконту призначеного, як правило, інвестором

Відносно стабільною, але дуже низькою залишається ціна трудових ресурсів. Енергоефективність – сфера діяльності кваліфікованих фахівців. Низька оплата праці – першопричина низької якості впровадження проектів з енергоефективності.

Більшість матеріалів та обладнання, що використовується при впровадженні термомодернізації, завозиться із за кордону. Ціна цього обладнання залежить від курсу валют. Зростання курсу валют ускладнює можливість проведення ефективної термомодернізації. На рисунку 7.1 приведений графік зростання курсу євро за останні роки.

Рисунок 7.1



<i>Зм.</i>	<i>Кіл.</i>		<i>№ док.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>

Норма дисконту залежить від багатьох факторів, але одним із найбільш суттєвих є облікова ставка НБУ. Для проведення базових економічних розрахунків приймемо в якості норми дисконту діючу у період проведення енергетичного аудиту облікову ставку НБУ. Динаміка змін облікової ставки приведена на рисунку 7.2

Рисунок 7.2



Станом на 05.03.2021 р облікова ставка НБУ становить 6,5 % ($r = 0,065$)

Техніко-економічний аналіз передбачає дослідження таких показників:

- капітальні витрати (інвестиції);
- розрахункова річна економія коштів;
- простий термін окупності;
- термін життя проекту;
- дисконтований термін окупності;
- чистий дохід за термін життя проекту (чиста приведена вартість NPV);
- внутрішня норма дохідності (IRR);
- дисконтований індекс дохідності.

Розрахунок основних техніко-економічних показників для термомодернізації будівлі школи проводиться у відповідності до методики, приведеної у додатку 9.

Термін життя проекту прийнятий – **20 років**.

Техніко-економічний аналіз проводиться для варіанту комплексного впровадження заходів Е33-1 – Е33-6 згідно таблиці 6.6 звіту.

Капітальні витрати впровадження основного пакету заходів – **11554,65 тис. грн**.

Зниження споживання теплової енергії за рахунок впровадження заходів становить:

468,4 Гкал/рік (544651 кВт*год) (розділ 5 звіту)

Динаміка змін тарифу на теплову енергію в м. Світловодську приведена на рисунку 7.3

Рисунок 7.3



Враховуючи загальну динаміку росту тарифів можливо передбачити, що у період впровадження заходів тариф на теплову енергію становитиме **2250 грн/Гкал**. Тоді річна економія коштів від впровадження комплексу заходів становитиме: $468,4 * 2250 * 10^{-3} = 1053,9$ тис. грн.

Розрахунки показників економічної ефективності виконані з використанням електронних таблиць на основі згаданої вище методики та приведених вище вихідних даних. Дані розрахунку та графік грошових потоків приведені на рисунку 7.4.

Рисунок 7.4.

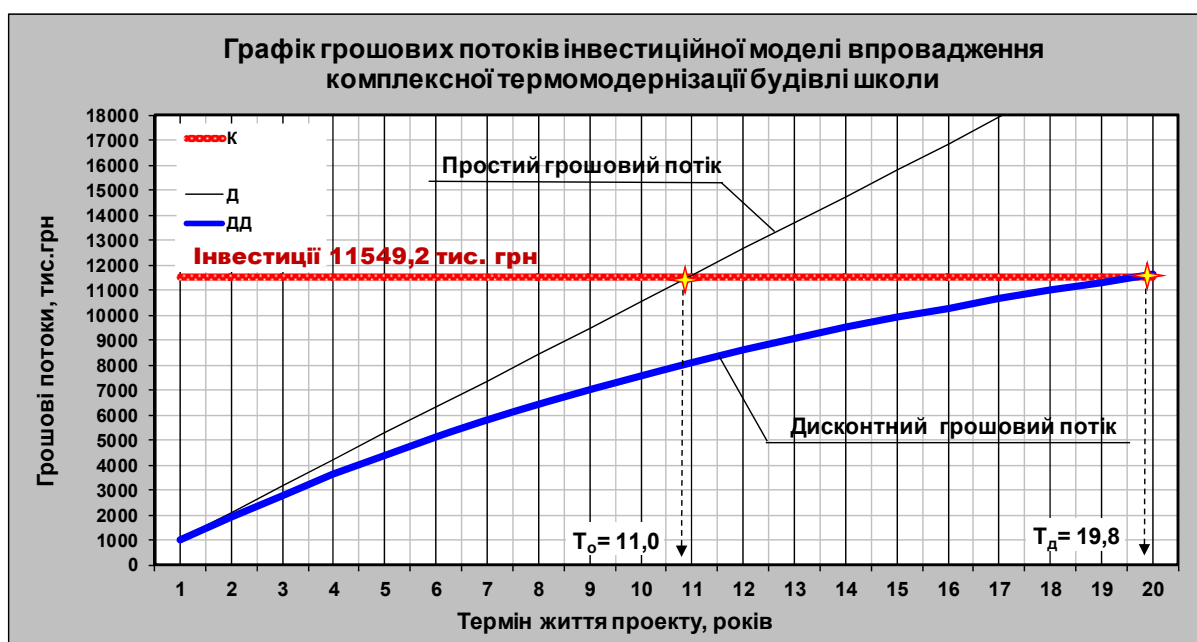
ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ СВІТЛОВДСЬКОЇ СЗОШ №3

норма дисконту – 6,5%

1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестиції)..... $K = 11554,7$ тис. грн
2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... $\Delta D = 1053,9$ тис. грн
3. Розрахункова норма дисконту..... $r = 0,0650$
4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... $T_o = 11,0$ років
5. Дисконтний строк окупності: $T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 1,25 / 0,06$ $T_d = 19,8$ років

Повний простий (бездисконтний) дохід ($D_{\text{ТсЛ}}$) визначається за формулою: $D_{\text{ТсЛ}} = \Delta D_1 + \Delta D_2 + \dots + \Delta D_{\text{ТсЛ}}$

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	1054	2108	3162	4216	5270	6323	7377	8431	9485	10539	11593	12647	13701	14755	15809	16862	17916	18970	20024	21078
2	Дисконтований дохід	ДД	990	1919	2791	3610	4380	5102	5780	6417	7015	7576	8103	8598	9063,3	9500	9909	10294	10656	10995	11313	11612



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = DD_{\text{ТсЛ}} - K = 11612 - 11555 = 57,8$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ID_d = DD_{\text{ТсЛ}} / K = 11612 / 11555 = 1,00$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 6,6 \%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 20 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій 11,0 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 19,8 років
- чиста приведена вартість NPV 57,8 тис. грн
- внутрішня норма дохідності IRR 6,6%
- дисконтований індекс дохідності 1,0

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	11554,65			
2	Річна економія	тис. грн	1053,9			
4	Простий термін окупності	років	11,0			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,5	14,7	19,8	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	5678,1	2768,2	57,8	-2582,2
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,6	6,6	6,6	6,6
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,49	1,24	1,0	0,78

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.

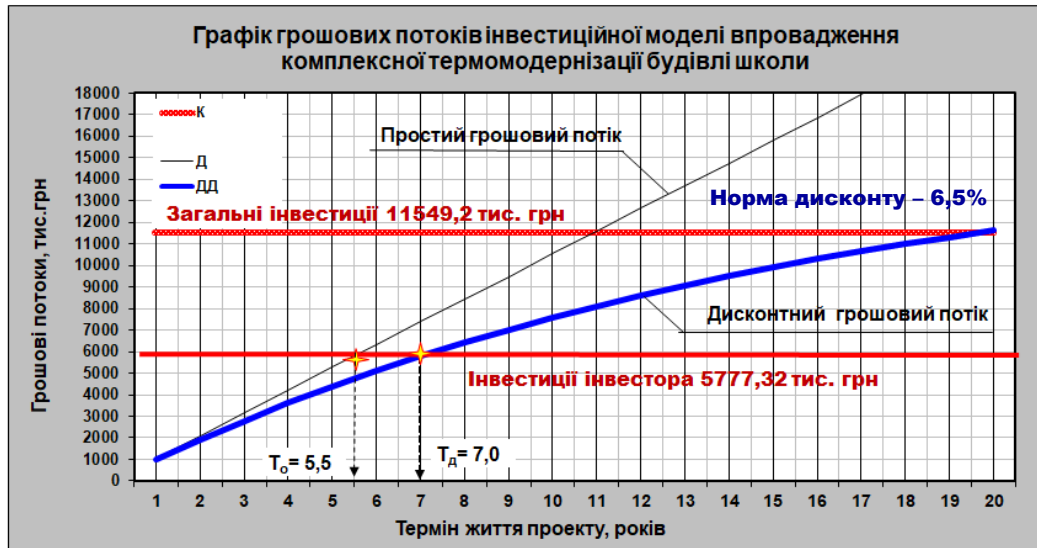
Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проект 5777,33 тис. грн;
- інвестор інвестує 5777,32. грн

Всього: 11554.65 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 5,777 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 7,0 років (дисконтний термін окупності Тд = 7,0 роки).

Рисунок 7.4



Розглянутий вище варіант спільного інвестування для впровадження комплексних проектів термомодернізації необхідно розглядати, як перспективний та як такий, що дає можливість залучати інвесторів до реалізації масштабних проектів.

При проведенні енергетичного аудиту розглядалась та аналізувалась можливість впровадження повного комплексу робіт по підвищенню енергетичної ефективності будівлі.

В разі впровадження окремих заходів або неповних комплектів заходів, в кожному випадку, необхідно проводити окремий техніко-економічний аналіз. Розроблена при проведенні енергетичного аудиту розрахункова енергетична (електронна) 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 фінансових збитків. *Не випадково ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 встановлює таку вимогу: «Оскільки заходи можуть взаємодіяти один з одним, не можна додавати ефекти окремих заходів. Комбіновані заходи мають розглядатись одним пакетом. Також для кожного сценарію вхідні дані змінюються відповідно до запланованих заходів модернізації і знову виконується розрахунок».*

Щодо показників поточних операційних витрат (ОРЕХ).

Обслуговування будівельних конструкцій.

Постійного обслуговування потребують і будівельні конструкції і в першу чергу це стосується теплової ізоляції огорожуючих конструкцій. Це особливо актуально, враховуючи не досить високу якість робіт по тепловій ізоляції зовнішніх огорожень будівель, що пов'язане з умовами тендерів та низьким рівнем контролю за якістю робіт.

Термін міжремонтного періоду «мокрого фасаду» - від 2-х до 5-ти років. Нормативи витрат на ремонт не встановлені однозначно. Можливо спрогнозувати, що вартість першого ремонту становить не менше 5-7% від початкової вартості. Величина витрат на ремонт суттєво залежить від якості виконання робіт по тепловій ізоляції.

Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата

Щодо показників поточних операційних витрат (ОРЕХ).

Технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання.

Технічне обладнання: автоматизована система опалення та ІТП потребують постійного технічного обслуговування та проведення поточних ремонтів, що мають проводитись кваліфікованим, спеціально навченим, персоналом.

Встановлені нормативи вартості робіт по технічному обслуговуванню відсутні.

В сучасний період технічне обслуговування об'єктів, впроваджених в рамках проектів підвищення енергоефективності, є проблемою. Відсутні кадри, відсутні джерела фінансування, відсутнє розуміння важливості цієї проблеми. Відсутнє розуміння того, що не достатньо просто встановити сучасне вискоелективне обладнання. Ефект від впровадження такого обладнання буде отриманий лише за умов його якісного застосування, налагодження та обслуговування. Ця проблема потребує окремого вирішення шляхом створення спеціальною служби у громаді. По мірі зростання об'ємів впровадження енергоефективного обладнання потреба в такій службі буде зростати.

За середньостатистичними даними можна констатувати, що вартість робіт по проведенню технічного обслуговування та проведення поточних ремонтів сучасного автоматизованого опалювального обладнання становить не менше 2–3% від початкової вартості. (Вартість обслуговування з часом зростає по мірі зносу обладнання)

Річна вартість технічного обслуговування та поточних ремонтів системи опалення та ІТП: $(975+298,4) * (0,02 - 0,03) = 25,5 - 38,2$ тис. грн.

8. Оцінка впровадження комплексу заходів з підвищення енергетичної ефективності за показниками викидів парникових газів (CO₂).

Максимальний потенціал скорочення споживання енергії будівлею при впровадженні повного пакету заходів становить **468,4 Гкал/рік (544651 кВт*год)**. Одночасно із скороченням споживання теплової енергії відбувається відповідне скорочення викидів вуглекислого газу (CO₂).

Згідно з п. 10.2 ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки» скорочення маси викидів CO₂ розраховується за формулою:

$$\Delta m_{CO_2} = \Delta E * K_{del} * 10^{-3}, \text{ тон/рік}$$

де, $\Delta E = 544,65,116$, Мвт*год – скорочення енергоспоживання будівлею.

$K_{del} = 277$ кг/Мвт*год – коефіцієнт викидів CO₂, що визначається згідно таблиці Е1 ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки».

$$\Delta m_{CO_2} = 544,65 * 277 * 10^{-3} = 150,87 \text{ т/рік}$$

При впровадженні повного пакету заходів термомодернізації будівлі скорочення викидів CO₂ становитиме 150,87 тони щорічно.

						01TK-21-EA	59
Зм.	Кіл.		№ док.	Підп.	Дата		

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 спеціалізована загальноосвітня школа I-III ступенів № 3 Світловодської міської

ради Кіровоградської області

(Найменування громадської будівлі)

1. Адреса громадської будівлі (закладу)

Кіровоградська область, м. Світловодськ, вул. Героїв України, 33

2. Керівники та контактні особи

Посада, П.І.Б.	Телефон	E-mail
Директор школи Яблунівська Ірина Олексіївна	05236 7 22 01	
Завгосп Тинченко Лариса Олексіївна	097 037 79 13	

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

Дата	Первинна здача в експлуатації або виконані роботи
12.12.1959 р	Здача будівлі в експлуатацію

4. Кількість місць у глядацькій залі

Розрахункова кількість	Фактична кількість
500 – 600 (інформація оціночна)	540

Примітка: Згідно даних сайту <https://kr.isuo.org/ru/schools/view/id/14245> інформаційної системи управління освітою Кіровоградської області нормативна кількість місць – 650; фактична кількість учнів - 346

5. Кількість працівників у закладі (будівлі)

У школі працюють 60 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	Будівля школи	-

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

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

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

Технічні обстеження будівлі та енергетичний аудит будівлі не проводився

10. Геометричні характеристики будівлі

Загальна площа будівлі, м ²	3974,5
Загальний об'єм будівлі, м ³	16187,5
Кількість поверхів	3
Кількість входів	6

11*. Огороджуючі конструкції будівлі

11.1. Зовнішні стіни

Зовнішні стіни будівлі школи виконані із силікатної 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

11.2. Світлопрозорі огороджуючі конструкції (вікна)

У будівлі школи 210 вікон, в тому числі: 63 – металопластикові віконні блоки. Встановлення металопластикових віконних блоків тривало біля 10 років та здійснювалось за рахунок батьків та спонсорів. Більшість металопластикових вікон мають однокамерні склопакети. Замінені вікна мають не досить високі теплотехнічні показники. Технічна документація на віконні блоки відсутня.

11.3. Зовнішні двері

У будівлі встановлено 3дверей. В тому числі:
- одинарні дерев'яні старі двері – 4 шт;
- одинарні дерев'яні нові двері – 2 шт;
Вхідні двері замінені у 2017 році.

11.4. Горищне перекриття неопалювального горища

Горищне перекриття будівлі школи виконане по залізобетонним пустотним плитам товщиною 220 мм. Ефективні теплоізоляційні матеріали у конструкції горищного перекриття відсутні. Покрытие будівлі (азбоцементні хвильові листи) має багато дефектів.

11.5. Суміщене перекриття

Суміщені перекриття у будівлі відсутні

11.6. Перекриття над неопалювальним підвалом

Перекриття над підвалом будівлі залізобетонне, тепла ізоляція перекриття відсутня

11.7. Підлога на ґрунті

Перший поверх будівлі має підлогу, що розміщується безпосередньо на неутепленому ґрунті. Підлога першого поверху дерев'яна з частковим покриттям лінолеумом та бетонна

11.8. 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. Джерелом тепла для школи №3 є котельня №2 підприємства «СвітловодськПобут». Будівля школи є кінцевим споживачем на теплових мережах котельні. Через таке розміщення на тепловій мережі та гідравлічну незбалансованість мережі 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.

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 будівлі 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 системи опалення, що прокладені у підвалі мають неякісну теплову ізоляцію, яка зазнала значного руйнування.

Технічна документація на систему опалення відсутня. На системі 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 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.

12.3. Система вентиляції

Інформація про природну та механічні системи вентиляції

З точки зору забезпечення санітарно-гігієнічних та мікрокліматичних умов у будівлі 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 передбачалась механічна витяжка.

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

Передбачена проектом механічна вентиляція кухні зруйнована натомість у зовнішній стіні встановлений один витяжний осьовий вентилятор. Місцева витяжка від місць приготування їжі та миття посуду відсутня.

Загальний стан повітрообміну будівлі 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 50 літрів, що встановлений у приміщенні кухні.

Ще один 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 школи встановлено 358 освітлювальних приладів, в тому числі:

- близько 70% лампи розжарювання потужність близько 75 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;
- повітрообмін у приміщеннях школи вкрай незадовільний;
- гаряче водопостачання, крім кухні, відсутнє;
- 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 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 2 листопада по 31 грудня;
2019 рік: з 1 січня по 11 квітня; з 2 грудня по 31 грудня;
2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 3 листопад 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)

Фактичні витрати енергоносіїв за 2017 - 2020 роки

Теплова енергія

Щомісячне споживання навчальним закладом теплової енергії, Гкал
(загальноосвітня школа № 3)

Рік	Місяці												За рік	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2017	91,51	83,15	49,31	-	-	-	-	-	-	2,95	56,47	11,16+	41,3	348,9
2018	81,97	73,88	81,83	-	-	-	-	-	-	0,00006	67,11	35,83+	40,51	384,4
2019	94,54	69,28	49,25	2,44	-	-	-	-	-	-	-	-	120,783	336,3
2020	-	86,167	18,97	-	-	-	-	-	-	-	-	60,282	41,27	206,9

Електроенергія

Щомісячне споживання навчальним закладом електричної енергії, Квт
(загальноосвітня школа № 3)

Рік	Місяці												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017	1440	2360	1920	1600	1440	1160	360	200	1040	2040	2640	2920	19120
2018	1800	2160	1520	1760	1440	960	480	280	1040	1920	2360	2900	18620
2019	1900	2560	1720	1640	2080	1200	432	328	1000	2200	2392	2836	20288
2020	2760	3892	1520	880	884	596	400	508	1892	1120	2848	2552	19852

Вода

Щомісячне споживання навчальним закладом води, Мз
(загальноосвітня школа № 3)

Рік	Місяці												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017	23	159	79	88	53	66	44	25	44	78	33	65	757
2018	48	105	59	66	83	74	11	59	39	69	49	61	723
2019	31	58	51	40	54	59	29	20	50	65	44	39	540
2020			122	7	5	11	30	26	38	75	59	44	417

Р О З Р А Х У Н О К

нормативного повітрообміну для будівлі Світловодської СЗОШ № 3

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	3629,5 м ²
2.	Опалювальний об'єм будівлі (без врахування підвалу)	12825,0 м ³
4.	Нормативна кількість учнів	600-650
5.	Фактична спискова кількість учнів	540
6.	Кількість працівників у будівлі головному корпусу закладу	60
7.	Загальна тривалість опалювального періоду	178 діб
8.	Кількість діб роботи закладу в опалювальний період	130 діб

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 X 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: $L = nq_p + Sq_s$

де:

n = 600 – кількість людей у будівлі;

q_p = 7 – мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину (оптимальні умови), дм³/сек*люд;

S = 3629,5 – загальна площа приміщень, м²;

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

$$L = (600 \cdot 7) + (3629,5 \cdot 0,35) = 4200 + 1270 = 5470 \text{ дм}^3/\text{сек} \quad (19692 \text{ м}^3/\text{год})$$

Розрахунковий повітрообмін будівлі (для проектування вентиляції) має становити **19692 м³/год**, в тому числі для боротьби з вуглекислим газом 15120 м³/год (3681 м³/год) або $K = 0,23$

Середній розрахунковий за опалювальний період повітрообмін має становити:

$$L = 19692 \cdot [(130 \cdot 8)/(178 \cdot 24)] = 20858 \cdot (1040/4272) = 4794 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну будівлі становить:

$$K = 4794/12825 = 0,37$$

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 600 людей, кожна людина виділяє 18 літрів вуглекислого газу, або 33000 мг/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:

$$\sum L_{\text{о.п}} = (33000 \cdot 600 \cdot 8 \cdot 130) / (1848 - 740) = 18584838 \text{ м}^3$$

Середньо годинний розрахунковий повітрообмін за опалювальний період:

$$L = 18584838 / (178 \cdot 24) = 4350 \text{ м}^3/\text{год}$$

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 $K = 4350/16050 = 0,27$ крат.

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:

$$L_{\text{год}} = (33000 \cdot 600) / (1848 - 740) = 17870 \text{ м}^3/\text{год}.$$

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

- розрахунковий повітрообмін систем вентиляції будівлі – **19692 м³/год**
- розрахункова середня за опалювальний період кратність повітрообміну **K= 0,37**

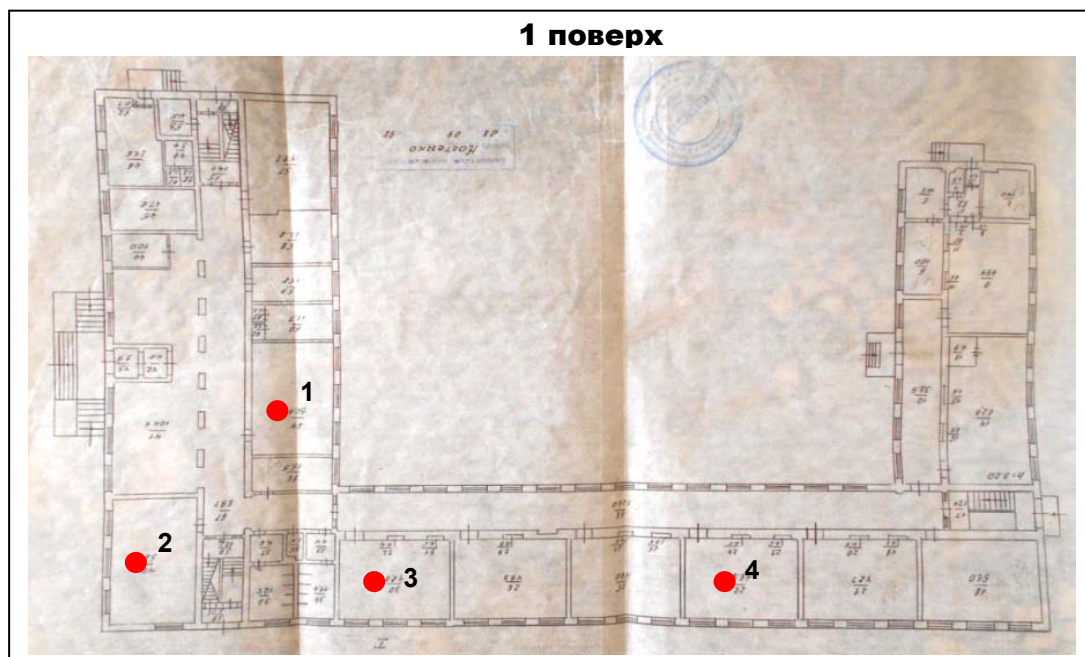
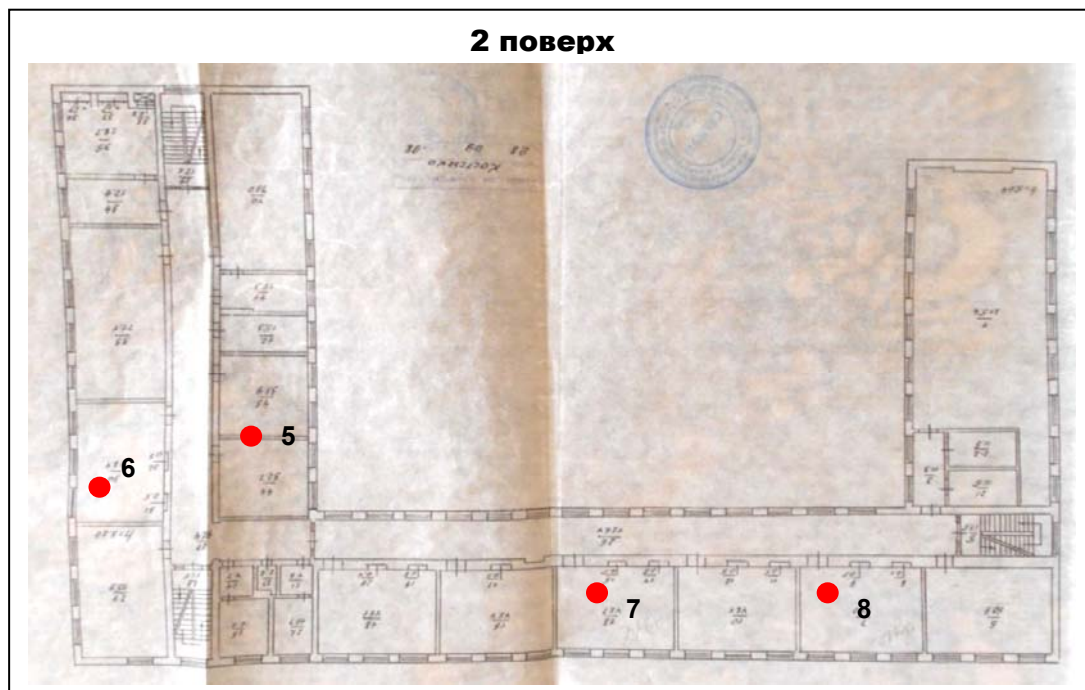
ВІДОМІСТЬ КОТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПРИМІЩЕННЯХ СВІТЛОВОДСЬКОЇ СЗОШ № 3

12 березня 2021 року

Параметри зовнішнього повітря: - температура $-2,0^{\circ}\text{C}$
- відносна вологість 49 %
- концентрація CO_2 405 ppm

Заміри параметрів мікроклімату проведені приладом DATA LOGGER HT-2000 № 20180525425

СХЕМА ТОЧОК КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ



№ точки виміру	Найменування приміщень	Параметри мікроклімату			Примітка
		температура °С	вологість %	концентрація CO ₂ , ppm	
1	1 клас	23,3	40,3	1819	5 урок, 28 учнів, вікна пласт.
2	4 клас	23,4	41,3	2875	5 урок, 26 учні. вікна пласт.
3	3 клас	23,0	36,0	1620	5 урок, 21 учень. вікна дерев.
4	3 клас	22,8	41,6	2590	5 урок, 20 учнів. вікна пласт.
5	7 клас	22,7	34,0	1970	5 урок, 11 учнів. вікна дерев.
6	Учительська	22,5	31,5	1360	5 осіб
7	Кабінет англ. мов.	22,8	38,4	1945	5 урок, 10 учнів. вікна дерев.
8	10 клас	22,1	42,4	2380	5 урок, 16 учнів. вікна пласт.

ВИСНОВКИ:

1. Стан мікроклімату у приміщеннях школи є незадовільним: концентрація вуглекислого газу свідчить про значну забрудненість повітря. Концентрація CO₂ перевищує в 2-3 рази нормативні значення.
2. Висока концентрація CO₂ свідчить про відсутність нормативного повітрообміну у приміщеннях через відсутність засобів вентиляції.
3. Ситуація ускладнюється встановленням герметичних віконних блоків та можливістю відкривання не всіх встановлених віконних блоків. Більша частина вікон у будівлі ще не замінені, що забезпечує певний повітрообмін.

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».

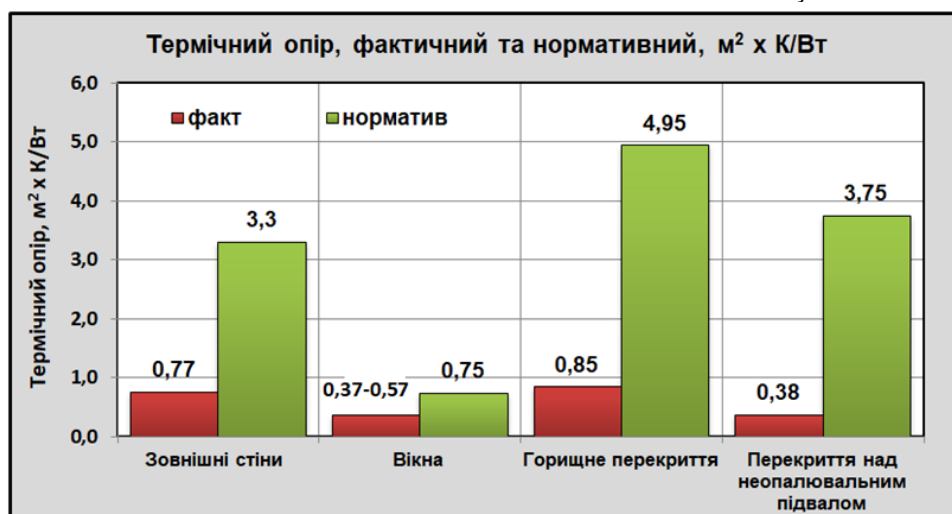
Нова редакція передбачає більш жорсткі нормативи щодо термічного опору огорожень.

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	0,77	3,3
2	Вікна	0,37-0,57	0,75
3	Горищне перекриття	0,85	4,95
4	Перекриття над неопалювальним підвалом	0,38	3,75
5	Зовнішні двері	0,25 - 0,30	0,6

Рисунок 1



Таблиця 2

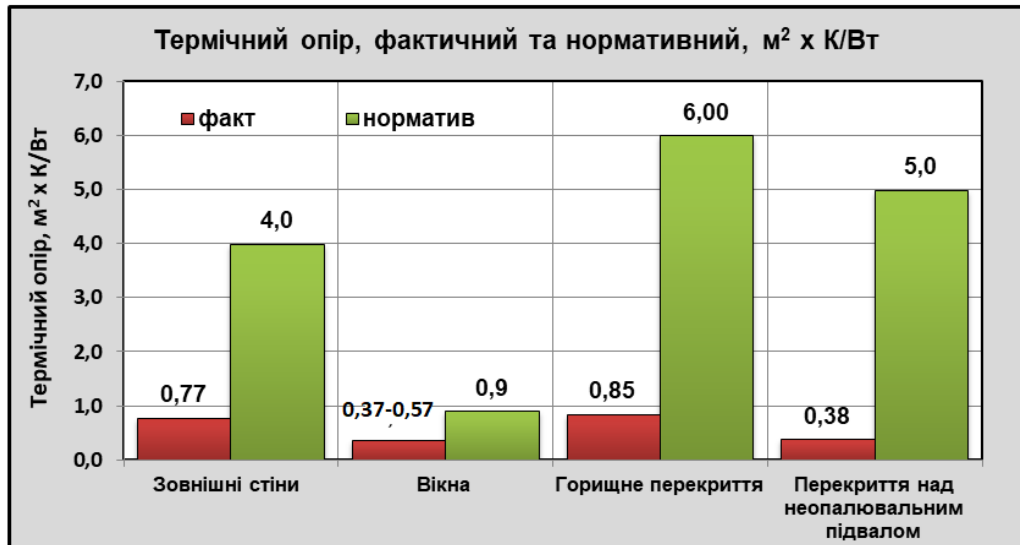
№ п/п	Найменування огорожень	Сумарна площа, м ²	Термічний опір, R м ² *°C/Вт		Вимоги до утеплення огорожень мінераловатними плитами		
			факт	норм	ΔR м ² *°C/Вт	λ Вт/м*°C	δ мм
1	Зовнішні стіни: сілікатна цегла δ = 510 мм	2217,1	0,77	3,3	2,53	0,048*	130
2	Горищне перекриття: - по з/б плитам	1279,2	0,85	4,95	4,1	0,048*	200
3	Перекриття над підвалом	345,0	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 x К/Вт	
		фактичні значення	Проект нормативу ДБН В.2.6-31
1	Зовнішні стіни	0,77	4,0
2	Вікна	0,37-0,57	0,9
3	Горищне перекриття	0,85	6,0
4	Перекриття над неопалювальним підвалом	0,38	5,0
5	Зовнішні двері	0,25 - 0,30	0,75

Рисунок 2



Таблиця 2

№ п/п	Найменування огорожень	Термічний опір, R м ² *°C/вт		Вимоги до утеплення огорожень мінераловатними плитами		
		факт	норм	ΔR м ² *°C/вт	λ вт/м*°C	δ мм
1	Зовнішні стіни: силікатна цегла δ = 510 мм	0,77	4,0	3,23	0,048	160
2	Горищне перекриття по з/б плитам	0,85	6,0	5,15	0,048	250
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 **123 Гкал/рік** (14291 квт*год).

Енергоспоживання будівлі при використанні нових нормативів при впровадженні запропонованого пакету заходів становитиме **102 Гкал/рік** (118562) 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_{ссл}, 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 (і=1,2,...Т_{ссл}) грн./рік дисконтуються, то відповідну величину сумарного додаткового доходу позначимо як повний дисконтований дохід **ДД_{Тссл}**, грн.

Якщо проміжні доходи наращуються (капіталізуються), то величину сумарного додаткового доходу позначимо як повний наращений дохід **НД_{Тссл}**, 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_{ссл};
- 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_{Тссл}** за термін експлуатації **Т_{ссл}** розраховується по формулі, що враховує різні величини щорічних доходів ΔД_і різні норми дисконту r_і

$$\text{ДД}_{\text{Тссл}} = \frac{\Delta\text{Д}_1}{1 + r_1} + \frac{\Delta\text{Д}_2}{(1 + r_1)(1 + r_2)} + \dots + \frac{\Delta\text{Д}_{\text{Тссл}}}{(1 + r_1)\dots(1 + r_{\text{Тссл}})} \quad (1)$$

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

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

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:

$$\text{ДД}_{\text{Тссл}} = \Delta\text{Д} \left[\frac{1}{1 + r_1} + \frac{1}{(1 + r_1)^2} + \dots + \frac{1}{(1 + r_1)^{\text{Тссл}}} \right] \quad (2)$$

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

$$\text{ДД}_{\text{Тссл}} = \Delta\text{Д} [1 - (1 + r)^{-\text{Тссл}}] / r \quad (3)$$

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 $ID_d = DD_{Тсл} / K = 1626 / 1200 = 1,4$

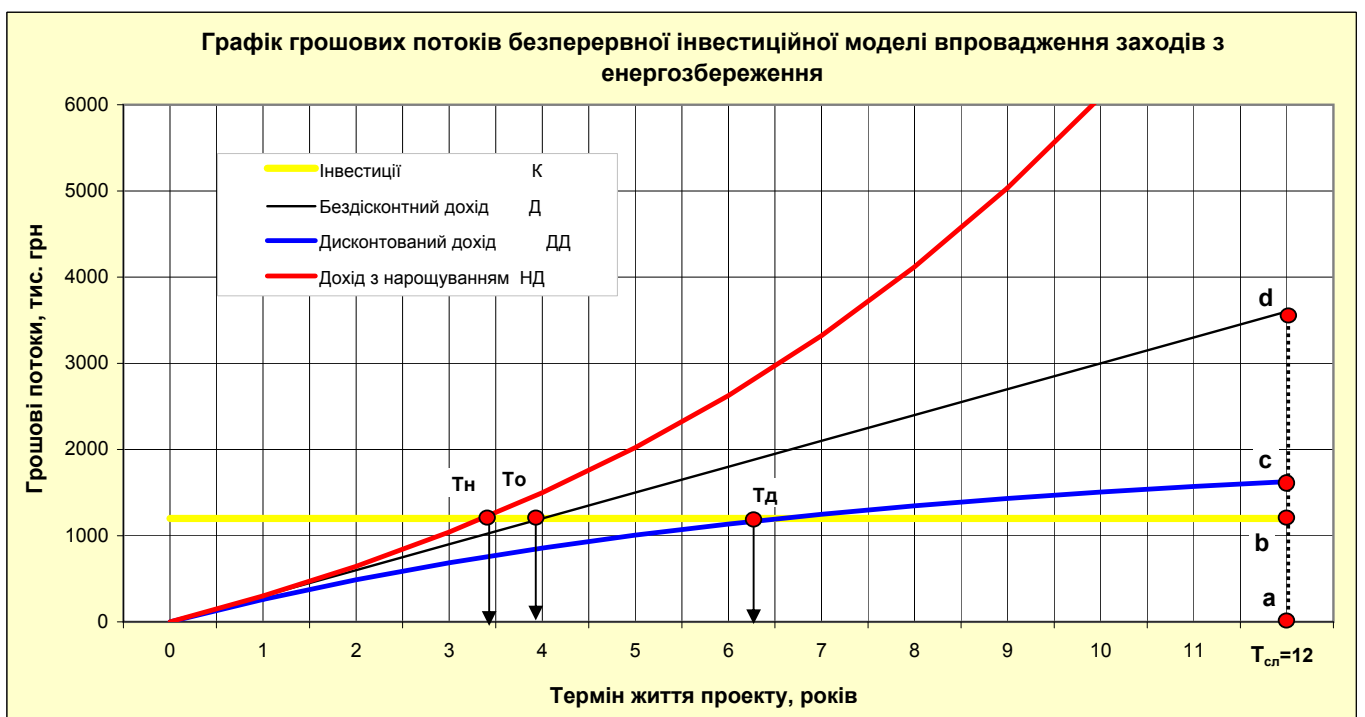
- індекс дохідності нарощений $ID_n = HD_{Тсл} / K = 8701 / 1200 = 7,3$

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 СЗОШ № 3

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 витяжних вентиляційних шахт. Значна частина витяжних решіток у приміщеннях будівлі заклеєні 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 горіщному мерекриття.
5. Ремонт (виготовлення) вентиляційних шахт та їх встановлення.

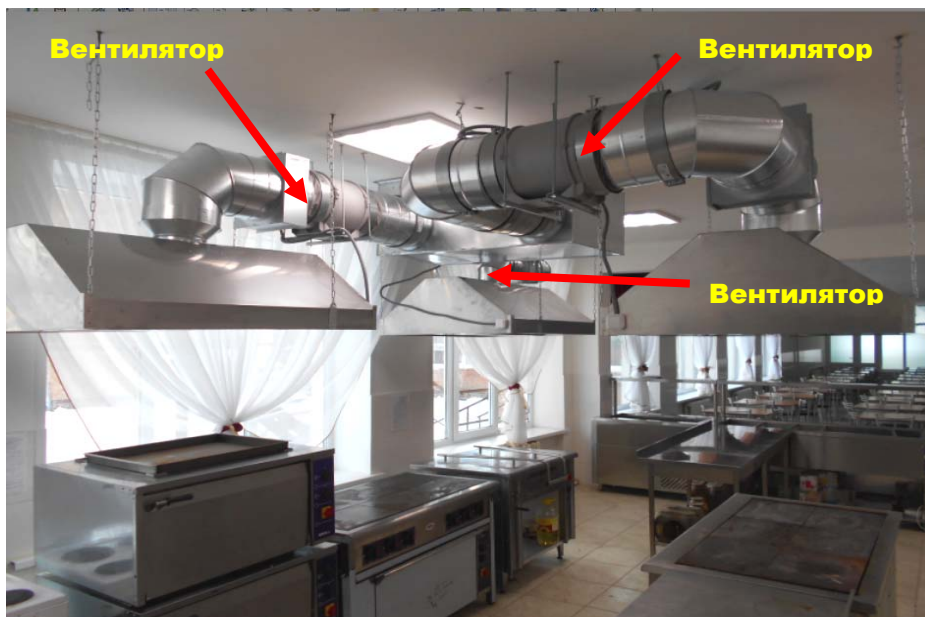
Проведені розрахунки показали, що трудомісткість виконання приведених вище робіт становить близько 180 людино-днів. Загальна вартість робіт **180 – 200 тис. грн**

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 укріттів над всім обладнанням кухні. Для кожного укріття 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 № 3

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 2.4

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	29	31	152
2019	Середня температура, °С	-4,7	+0,2	+4,6	+9,8	-	-	+3,4	+1,6
	Кількість днів опалюван. періоду	31	28	31	11	0	0	30	131
2020	Середня температура, °С	+1,0	+1,8	+9,1	-	-	+4,5	-0,3	+2,5
	Кількість днів опалюван. періоду	31	29	12	0	0	28	31	131

Фактична кількість діб тривалості опалювального періоду надана замовником:

- 2018 рік: з 1 січня по 2 квітня; з 2 листопада по 31 грудня;
- 2019 рік: з 1 січня по 11 квітня; з 2 грудня по 31 грудня;
- 2020 рік: з 1 січня по 12 березня; з 3 листопада 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 26; 47 та 47 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 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.

Нижче приведені матеріали аналізу технічних характеристик системи теплопостачання та інформація щодо фактичного температурного режиму у приміщеннях школи. За інформацією персоналу школи описані нижче ситуації носять регулярний характер.

В перші тижні після початку опалювального періоду система тепlopостачання працює вкрай нестабільно. При цьому у приміщеннях школи температура значно нижче норми. Так у період з 15 листопада по 15 грудня 2020 року за показаннями теплового лічильника система тепlopостачання характеризувалась такими параметрами роботи:

- фактична витрата теплоносія **3,6 м³/год**
- **нормативна розрахункова витрата теплоносія – близько 6 – 7 м³/год**
- середня температура подачі теплоносія – близько 40-50°C
- середня температура зворотнього теплоносія – близько 35°C

Температура приміщень школи, що реєструється щоденно у спеціальному журналі за вказаний період досить часто становила 12-14°C, що недопустимо для дитячого закладу. Нижче приведені інформація із журналу контролю температурного режиму у приміщеннях школи.

Згідно діючих нормативів оптимальні температура повітря у школах **20-24°C**.

№ п/п	Дата	Час подачі теплоносія	Температура, яку подається	Температура, яку повертається	Метод виміру
13	18.11.2020	8 ³⁰	+14°	+17°	Д
14	19.11.2020	8 ²⁰	+15°	+17°	Д
15	20.11.2020	8 ²⁰	+15°	+17°	Д
16	23.11.2020	8 ³⁰	+14°	+16°	Д
17	24.11.2020	8 ³⁰	+14°	+15°	Д
25	04.12.20	8 ⁰⁰	+18°	+19°	вф.
26	04.12.20	8 ⁰⁰	+14°	+15°	вф.
27	08.12.20	8 ⁰⁰	+11°	+13°	вф.
28	09.12.20	8 ⁰⁰	+11°	+15°	вф.
29	10.12.20	8 ⁰⁰	+12°	+14°	Д
30	11.12.20	8 ⁰⁰	+14°	+15°	вф.
31	14.12.20	8 ⁰⁰	+15°	+16°	вф.
32	15.12.20	8 ⁰⁰	+15°	+16°	вф.

Після 15 грудня продуктивність теплових насосів теплових мереж значно зросла – до **5,8- 6,1 м³/год**. Температура теплоносія теж суттєво збільшилась – до 60-70 °C. При цьому різке зниження зовнішньої температури не відбувались. Як результат температурний режим у приміщеннях школи стабілізувався. За інформацією персоналу школи такі ситуації носять регулярний характер, що приводить до того, що кількість днів із недопустимим температурним режимом доволі значна.



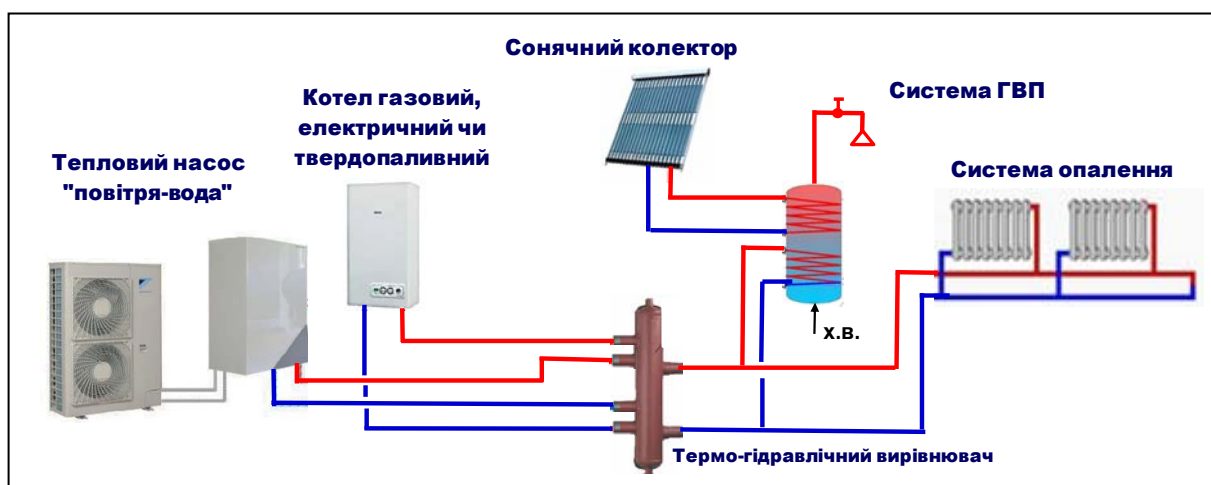
Перспективні заходи щодо підвищення енергоефективності будівлі Світловодської СЗОШ № 3

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 120 - 150 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 Світоводської СЗОШ № 3

[Розробка розрахункової електронної енергетичної моделі].

Додаток А

Розрахунок енергопотребі і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської СЗОШ № 3

[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*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	2217,1 600,2 511,2 591,0 514,7	0,77
2	Вікна металопласт, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	260,0 0,0 70,2 108,4 81,4	0,530
3	Вікна дерев'яні, в тому числі: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	615,3 177,5 140,1 147,6 150,2	0,37
4	Двері дерев'яні (старі) в тому числі: Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	17,5 2,6 4,8 4,8 5,3	0,25
5	Двері дерев'яні (нові) в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	10,1 4,8 0,0 0,0 5,3	0,30
6	Горищне перекриття	1279,2	0,85
7	Перекриття над підвалом	345,0	0,38
8	Підлога на ґрунту	934,2	

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

Експлуатаційні характеристики закладу.

Розрахункова кількість місць у школі.....	540	місць
Фактична (спискова) кількість дітей	540	осіб
Кількість працівників у школі	60	осіб
Кількість діб роботи школи в опалювальний період	127	діб
Кількість днів проведення уроків у опалюв.період з урахуванням канікул ...	105	діб
Кількість годин роботи школи в робочі дні	10	год
Кількість годин роботи механічної вентиляції в робочі дні	8	год

*) - Значення офіційно визнаною нормативною кількістю місць у замовника відсутнє. Директор школи переконана, що фактична кількість учнів співпадає із нормативною. При цьому є підстави вважати, що нормативна к-сть місць може складати 500-600 місць

Загальні розрахункові геометричні показники будівлі:

Площа опалювальних приміщень будівлі	A_f	3629,5	м²
Об'єм опалювальних приміщень будівлі	V	12825,0	м³
Коефіцієнт скління фасаду	m	0,35	
Показник компактності будівлі	Λ	0,40	

2.2. Кліматичні та метеорологічні 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 2018 рік

Фактична середньомісячні температури зовнішнього повітря 2018 рік

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
-2,1	-2,5	-1,3	8,9	-	-	-	-	-	-	0,3	-1,6

Фактична тривалість опалювального періоду 2018 р

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд
31	28	31	2						0	29	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	0,37	крат

Приведена вище середня за опалювальний період кратність повітрообміну є нормативною та встановлює норму повітрообміну для забезпечення підвищено-оптимальної якості внутрішнього повітря у будівлі гімназії при розрахунковій кількості учнів
Розрахунок цього нормативу приведений в додатку 6 звіту

В цьому повірочному розрахунку прийнято:

- кратність повітрообміну (середня фактична за опал. період) $K =$ **0,05** 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 **2018 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 трансмісією.

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	7303	17	-2,1	744	103783741
лютий	7303	17	-2,5	672	95703298
березень	7303	17	-1,3	744	99436778
квітень	7303	17	8,9	48	2839548
жовтень	7303	17	-	0	0
листопад	7303	17	0,3	696	84888475
грудень	7303	17	-1,6	744	101066890

487718731

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 dtyp. Q_{ve} , Вт*год
січень	212	17	-2,1	744	3007101
лютий	212	17	-2,5	672	2772973
березень	212	17	-1,3	48	185881
квітень	212	17	7,9	48	92432
жовтень	212	17	-	0	0
листопад	212	17	13	696	589130
грудень	212	17	-1,6	744	2928381
					9575899

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	3629,5	20,0	221	16073500
лютий	3629,5	20,0	200	14518000
березень	3629,5	20,0	221	16073500
квітень	3629,5	20,0	14	1037000
жовтень	3629,5	20,0	0	0
листопад	3629,5	20,0	207	15036500
грудень	3629,5	20,0	221	16073500
				78812000

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	103784	3007	106791	9064	16074	25138	0,235	0,996	81762
Лютий	95703	2773	98476	12471	14518	26989	0,274	0,993	71679
Березень	99437	186	99623	19261	16074	35334	0,355	0,984	64854
Квітень	2840	92	2932	1544	1037	2581	0,880	0,828	794
Жовтень									
Листопад	84888	589	85478	6962	15037	21999	0,257	0,994	63607
Грудень	101067	2928	103995	5355	16074	21429	0,206	0,997	82627
Всього:	487719	9576	497295	54657	78812	133469			

4. Розрахунок енергоспоживання системи опалення будівлі.

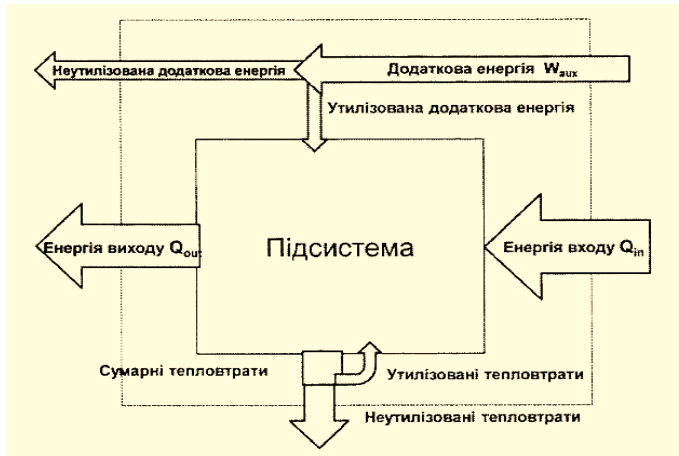
Енергоспоживання визначається як енергопотреби плюс регулярні неутилізовані теплові втрати систем. При проведенні розрахунку проводиться визначення регулярних теплових втрат таких підсистем інженерної системи будівлі:

- 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/генеравана 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 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)

$$Q_{H.use} = Q_{H.gen.out} + Q_{H.gen.is} \quad (96) \quad Q_{H.use,an} = \sum_i Q_{H.use} / 1000 \quad (97)$$

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

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

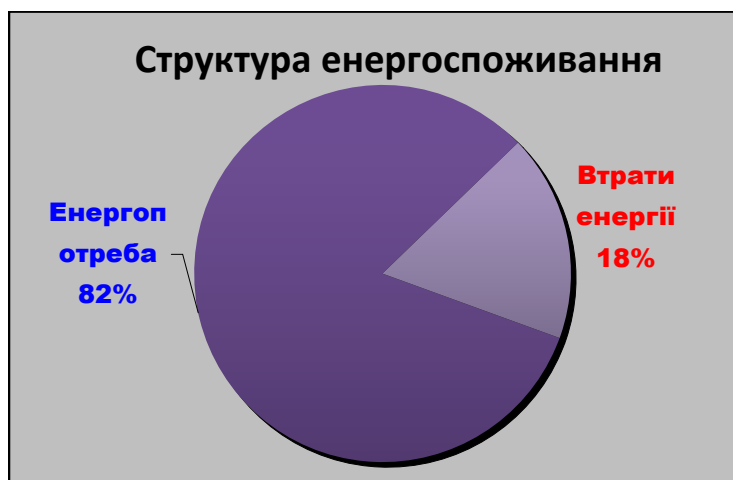
2.5. ЗБІРНА РОЗРАХУНКОВА ТАБЛИЦЯ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ

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	81762	19	81781	81781	3621	85402	85402	13903	99305
лютий	71679	17	71696	71696	3283	74979	74979	12206	87184
березень	64854	15	64869	64869	3032	67901	67901	11054	78955
квітень	794	0	794	794	496	1290	1290	210	1500
жовтень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
листопад	63607	15	63622	63622	2633	66255	66255	10786	77040
грудень	82627	19	82646	82646	3285	85931	85931	13989	99920
	365322,2	85			16350		381758	62147	443904,7

(314,2) Гкал/рік

(381,8) 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

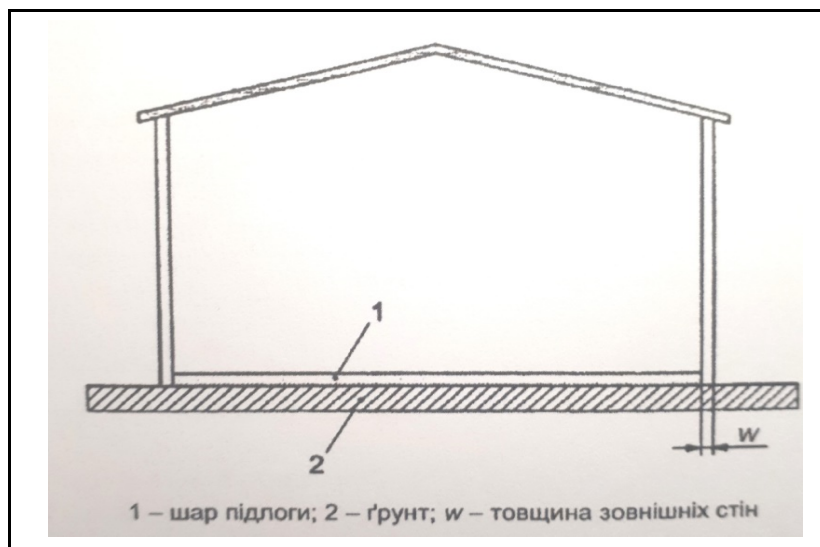
Тип некондиціонованого об'єму	Коефіцієнт b_u	
	для опалювального періоду	для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будинків	0,9	0
Неопалювальна сходові клітина в середині будівлі	0,4	0
Неопалювальне приміщення з трьома зовнішніми стінами	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

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 $B' = A / 0,5 * P = 7,13$ - характерний розмір підлоги

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

$A = 934,15$ - площа підлоги, м²;

$P = 262,0$ - 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	$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

$$U = (2 * \lambda / (\pi * B' + d_t) * \ln[(\pi * B') / d_t + 1]) = 0,1513 * 2,8305 = 0,428 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Теплопровідні включення.

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 ведений в

Таблиця А.6

Ви огорожувальних конструкцій	A_i , м ² площа	R , м ² *К/Вт тепловий опір	U , Вт/м ² *К коєф. тепло- передачі	ΔU_{tb} , Вт/м ² *К додаткова складова (тепл. включ.)	$b_{tr,x,H}$ коєф. кореляції суміжного об'єму	$H_{x,H}$, Вт/К узагальн. коєф. теплопереда- чі (опал)
Зовнішні стіни	2217,1	0,77	1,30	0	1	2879,3
Світлопрозорі констр. (вікна пласт)	260,0	0,53	1,89	0	1	490,6
Світлопрозорі констр. (вікна дерев)	615,3	0,37	2,70	0	1	1663,0
Зовнішні двері (дерев. старі)	17,5	0,25	4,00	0	1	69,9
Зовнішні двері дерев'яні (нові)	10,1	0,30	3,33	0	1	33,6
Перекриття над неопал. підвалом	345,0	0,38	2,63	0	0,3	272,4
Горище перекриття	1279,2	0,85	1,18	0	0,9	1354,4
Підлога на ґрунті	934,2		0,43	0,15	1	540,2
Всього:						7303

$$H_{tr,adj.H} = 7303 \quad \text{Вт/К}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією.

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

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);

$f_{ve,k,mn} = (95 * 0) / (152 * 24) = 0,00$ - для механічної вентиляції

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

152 - тривалість опалювального періоду, діб

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,

$n_{inf,mn} = 0,05$ - середня кратність повітрообміну будівлі (інфільтрація), год⁻¹

$V = 12825$ - кондиціонований об'єм будівлі, м³.

Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію за рахунок інфільтрації:

$$q_{ve.inf,mn} = 0,05 * 12825,0 = 641,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

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 вентиляцією :

$$H_{ve.adj} = 0,33 * (3690,7 * 1) = 211,61 \text{ Вт/К}$$

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:

$$\Phi_{int} = 20,0 \text{ Вт/м}^2 \quad t = 50,0 \text{ год}$$

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 * (2 / 7) = 14,286 год
- жовтень:	t = 50 * (0 / 7) = 0 год
- листопад:	t = 50 * (29 / 7) = 207,14 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 рухомим 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	=	177,5	м ²
- на фасаді Пд-Сх.	A_w Пд-Сх	=	210,3	м ²
- на фасаді Пд-Зх.	A_w Пд-Зх	=	256,0	м ²
- на фасаді Пн-Зх.	A_w Пн-Зх	=	155,5	м ²

Площа непрозорих елементів, які піддіються інсоляції:

- на фасаді Пн-Сх.	A_w Пн-Сх	=	600,2	м ²
- на фасаді Пд-Сх.	A_w Пд-Сх	=	511,2	м ²
- на фасаді Пд-Зх.	A_w Пд-Зх	=	591,0	м ²
- на фасаді Пн-Зх.	A_w Пн-Зх	=	514,7	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

Таблиця 8 – Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

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)

Таблиця 9 – Понижувальні коефіцієнти для деяких типів постійних завіс

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 проєкції обрамлення до загальної площі заксленого елемента. Згідно 11.4.3 прийнято $FF = 0,19$

$A_{w.p}$ - загальна площа проєкції 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	177,5	1	97,03
Пд-Сх	210,3	1	114,97
Пд-Зх	256,0	1	139,95
Пн-Зх	155,5	1	85,03

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 $U_c = 1,30$

- для горищного перекриття $U_c = 1,18$ - 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	600,2	0,50	0,043	1,30	16,76
	Пд-Сх	511,2	0,50	0,043	1,30	14,27
	Пд-Зх	591,0	0,50	0,043	1,30	16,50
	Пн-Зх	514,7	0,50	0,043	1,30	14,37
Сум.покрит	гориз	0,0	0,55	0,043	1,18	0,00
Горищ. покр	гориз	1279,2	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 $U_c = 1,30$

- для горищного перекриття $U_c = 1,18$

- 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	600,2	0,043	1,30	4,7	11	1714,5
	Пд-Сх	511,2	0,043	1,30	4,7	11	1460,1
	Пд-Зх	591,0	0,043	1,30	4,7	11	1688,1
	Пн-Зх	514,7	0,043	1,30	4,7	11	1470,3
Сум. покрит	гориз	0,0	0,043	1,18	4,5	11	0,0
Горищ. покр	гориз	1279,2	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

Місяць	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	92,18	91,97	113,36	80,78	14	42	45	15	11466	0	11466
2	92,18	91,97	113,36	80,78	26	59	63	26	17065	0	17065
3	92,18	91,97	113,36	80,78	39	79	83	40	23501	0	23501
4	92,18	91,97	113,36	80,78	56	96	93	55	28977	0	28977
10	92,18	91,97	113,36	80,78	24	77	72	24	19395	0	19395
11	92,18	91,97	113,36	80,78	12	36	34	12	9241	0	9241
12	92,18	91,97	113,36	80,78	9	29	25	9	7058	0	7058

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	15,92	11,42	13,37	13,65	14	42	45	15	1509	792	717		
2	15,92	11,42	13,37	13,65	26	59	63	26	2285	792	1493		
3	15,92	11,42	13,37	13,65	39	79	83	40	3179	792	2387		
4	15,92	11,42	13,37	13,65	56	96	93	55	3982	792	3190		
10	15,92	11,42	13,37	13,65	24	77	72	24	2551	792	1760		
11	15,92	11,42	13,37	13,65	12	36	34	12	1220	792	429		
12	15,92	11,42	13,37	13,65	9	29	25	9	931	792	140		
	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	11466	717	12183	744	9064461
лютий	17065	1493	18558	672	12471047
березень	23501	2387	25888	744	19260543
квітень	28977	3190	32167	48	1544012
жовтень	19395	1760	21155	0	0
листопад	9241	429	9670	720	6962089
грудень	7058	140	7198	744	5355080

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 параметра 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	3629,5	80	7303	212	38,6	3,6

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

Таблиця 18 – Коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи		
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 однотрубно налагодженої системи з терморегуляторами на опалювальн. 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 огороження	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	81762	1,03	0,99	1,0	0,83	19119
Лютий	71679	1,03	0,99	1,0	0,83	16761
Березень	64854	1,03	0,99	1,0	0,83	15165
Квітень	794	1,03	0,99	1,0	0,83	186
Жовтень						
Листопад	63607	1,03	0,99	1,0	0,83	14874
Грудень	82627	1,03	0,99	1,0	0,83	19321

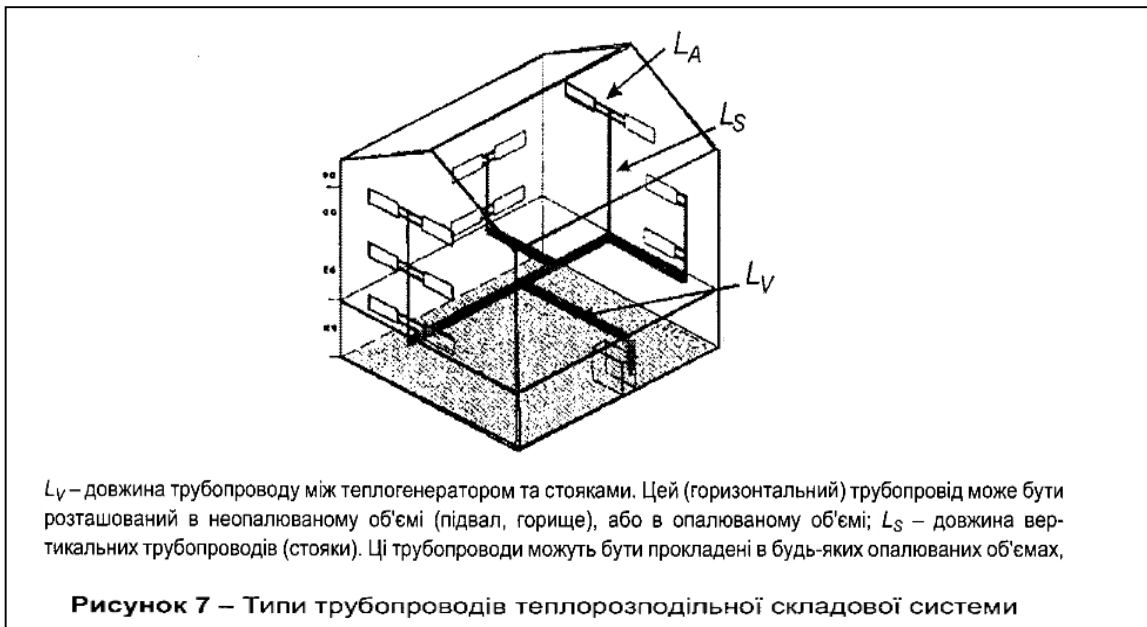
Тепловтрати підсистеми розподілення.

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. Магістральний трубопровід мають середній діаметром $d=50$ мм.

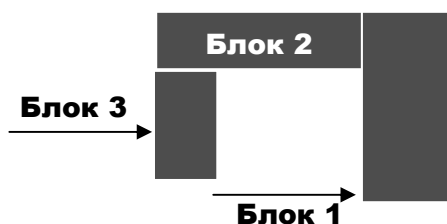
Проект на будівлю та систему опалення відсутній, вимірювання фактичних довжин трубопроводів ускладнене прихованим прокладанням частини трубопроводів та особливостями будівлі.

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	40	16	3,6	3
2	50	12	3,6	3
3	24	10	3,6	3
4	0	0	0	0

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

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

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

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

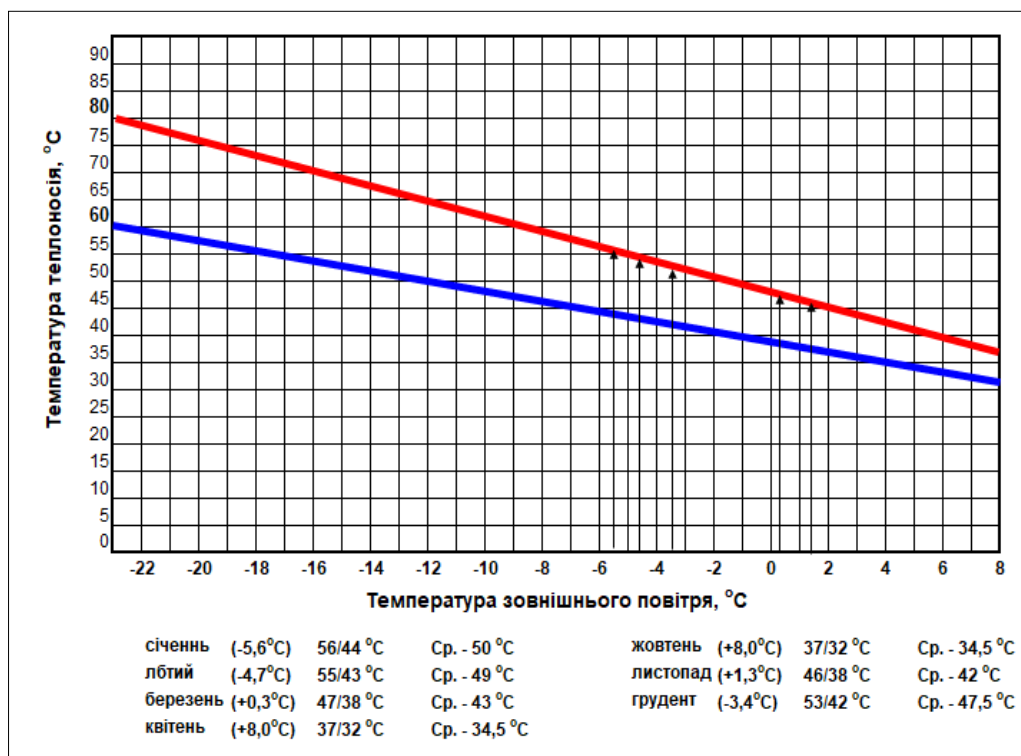
Розрахунок довжини секцій трубопроводів розподілення сист. опалення приведений в таблиці:

Секція труб	Довжина секції труб, м				
	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Всього
L _v	101	120	56	0	276
L _s	173	162	65	0	400
L _A	192	180	72	0	444

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.



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.	138	не ізольовані	0,057	2,51
L v, опалення	кондиціоновані приміщ.	138	не ізольовані	0,057	2,51
L v, опалення	не кондиціоновані приміщ.	0	ізольовані	0,076	1,91
L s, опалення	кондиціоновані приміщ.	400	не ізольовані	0,025	1,10
L a, теплост	кондиціоновані приміщ.	444	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;

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для трубопроводів, що прокладені у опалювальних приміщеннях (утилізовані теплові втрати): $\psi_L = 1,20$ Вт/(м К)

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для трубопроводів, що прокладені у не опалювальних приміщеннях (не утилізовані теплові втрати): $\psi_L = 2,5$

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*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	2,51	138	744	50,0	14	622646,4
Лютий	2,51	138	672	49,0	14	593243,6
Березень	2,51	138	744	43,0	14	431355,6
Квітень	2,51	138	48	34,5	14	244648,1
Жовтень	2,51	138	0	34,5	14	244648,1
Листопад	2,51	138	720	42,0	14	406795,6
Грудень	2,51	138	744	47,5	14	550436,7

3093774,1

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*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	1,20	982	744	50,0	17,0	28859399	0,996	25860689
Лютий	1,20	982	672	49,0	17,0	25276658	0,993	22587226
Березень	1,20	982	744	43,0	17,0	22737708	0,984	20136709
Квітень	1,20	982	48	34,5	17,0	987369	0,828	736085
Жовтень	1,20	982	0	34,5	17,0	0	1,000	0
Листопад	1,20	982	720	42,0	17,0	21157917	0,994	18931574
Грудень	1,20	982	744	47,5	17,0	26673081	0,997	23938579

Неутилізовані тепловтрати - це сума неутилізованих тепловтрат системи розподілення в неопалювальних об'ємах та різниці між утилізаційними та утилізованими тепловтратами в опалювальних 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 неутилізованих та утилізованих тепловтрат будівлі

Таблиця А.19

Неутилізовані та утилізовані тепловтрати системи розподілення.

Місяць року	Неутилізаційні $Q_{H,dis,is,nrbl}$ вт*год	Утилізаційні $Q_{H,dis,is,rbl}$ вт*год	Утилізовані $Q_{H,dis,is,rvd}$ вт*год	Неутилізовані $Q_{H,dis,is,nrvd}$ вт*год
Січень	622646	28859399	25860689	3621357
Лютий	593244	25276658	22587226	3282676
Березень	431356	22737708	20136709	3032355
Квітень	244648	987369	736085	495933
Жовтень	244648	0	0	244648
Листопад	406796	21157917	18931574	2633139
Грудень	550437	26673081	23938579	3284938
			112190862	16595046

Тепловтрати підсистеми генерування.

Загальні тепловтрати підсистеми генерування теплоти у продовж місяця, вт*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, вт*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, вт*год

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

Енергоносій/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	85402	0,86	13903
Лютий	74979	0,86	12206
Березень	67901	0,86	11054
Квітень	1290	0,86	210
Жовтень	0	0,86	0
Листопад	66255	0,86	10786
Грудень	85931	0,86	13989

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЛІ

будівля Спеціалізованої ЗОШ №3 за адресою: м. Світловодськ, вул. Героїв України, 33

№ 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	
Площа опалювальних приміщень										3629,5		
	1 поверх			3,2						1279,15		
	2 поверх			3,2						1279,15		
	3 поверх			3,2						1071,20		
Об'єм опалювальних приміщень											12825,0	
Загальна площа зовнішніх стін бруто, в т. ч.:										2543,3		
	Пн-Сх									665,7		
	Пд-Сх									592,8		
	Пд-Зх									681,3		
	Пн-Зх									603,5		
Площа вікон опалювальних приміщень, в т. ч.:										875,3		1694,76
Металопластикові блоки зі склопакетами										260,0		502,8
	Пн-Сх									0,0		0,0
					0,00		0,00	0		0,00		0,00
	Пд-Сх									70,2		127,6
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,7		7,7	6		22,4		46,4
	1,86x3,21	1,86		3,21	6,0		10,1	8		47,8		81,1
	Пд-Зх									108,4		224,5
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,74		7,74	29		108,42		224,46
	Пн-Зх									81,4		150,8

	1,86x2,01	1,86		2,01	3,7		7,7	9	33,6		69,7
	1,86x3,21	1,86		3,21	6,0		10,1	8	47,8		81,1
	Дерев'яні в незадовільному стані								615,3		1192,0
	Пн-Сх								177,5		345,3
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,74		7,74	42	157,02		325,08
	2,17x7,3	2,80		7,30	20,44		20,2	1	20,44		20,20
	Пд-Сх								140,1		267,9
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,7		7,7	32	119,6		247,7
	2,17x7,3	2,80		7,30	20,4		20,2	1	20,4		20,2
	Пд-Зх								147,6		283,4
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,74		7,74	34	127,11		263,16
	2,17x7,3	2,80		7,30	20,44		20,20	1	20,44		20,20
	Пн-Зх								150,2		295,4
	1,86x2,01	1,86		2,01	3,7		7,7	29	108,4		224,5
	1,86x3,21	1,86		3,21	6,0		10,1	7	41,8		71,0
	Площа дверей будівлі, в т. ч.:								15,4		18,2
	Дерев'яні (замінені)								10,1		8,7
	Пн-Сх								4,8		8,7
	2,17x2,2	2,17		2,2	4,77		8,7	1	4,8		8,7
	Пд-Сх								0,0		0,0
					0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пд-Зх								0,0		0,0
					0,00		0,0	0	0,0		0,0
	Пн-Зх								5,3		9,5
	1,8x2,95	1,8		2,95	5,31		9,5	1	5,3		9,5
	Дерев'яні неутеплені двері (в незадовільному стані)								17,5		34,6
	Пн-Сх								2,6		7,6
	0,9x2,9	0,9		2,9	2,61		7,6	1	2,6		7,6

	Пд-Сх								4,8		8,7
	2,17x2,2	2,17		2,2	4,77		8,7	1	4,8		8,7
	Пд-Зх								4,8		8,7
	2,17x2,2	2,17		2,2	4,77		8,7	1	4,8		8,7
	Пн-Зх								5,3		9,5
	1,8x2,95	1,8		2,95	5,31		9,5	1	5,3		9,5
Площа відкосів вікон δ= 330 мм. будівлі, в т. ч.:									559,3		
	Пн-Сх								113,9		345,3
	Пд-Сх								130,5		395,4
	Пд-Зх								167,6		507,8
	Пн-Зх								147,3		446,2
Площа відкосів дверей δ= 330 мм. , в т. ч.:									17,4		
	Пн-Сх								5,4		16,3
	Пд-Сх								2,9		8,7
	Пд-Зх								2,9		8,7
	Пн-Зх								6,3		19,0
Площа зовнішніх стін опалювальних приміщень будівлі нетто, в т. ч.:									2217,1		
	Пн-Сх								600,2		
	Пд-Сх								511,2		
	Пд-Зх								591,0		
	Пн-Зх								514,7		
Площа горищного перекриття									1279,2		
Площа підлоги на ґрунті									934,2		
Площа перекриття над підвалом									345,0		
Загальна площа									3935,4		

Розрахункова площа										2437,0		
Площа зовнішніх заглиблених стінових конструкцій, що контактують з ґрунтом у будівлях з півалом										64,0		
Площа зовнішніх заглиблених стінових конструкцій, що контактують з ґрунтом у будівлях без півалу										98,8		
Коефіцієнт скління фасадів будівлі	0,35											
Показник компактності будівлі	0,40											

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)

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

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

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.

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

Зовнішні заглиблені стінові конструкції, що контактують з ґрунтом у будівлях без півалу - утеплюється теплоізоляційним матеріалом товщиною не менше 50 мм на глибину 0,5 метра

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).

ДОДАТОК Б

Розрахунок енергопотребы і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світоводської СЗОШ № 3

[Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі за методологією енергетичної сертифікації будівель].

Розрахунок енергопотреби і енергоспоживання для опалення існуючої будівлі Світловодської СЗОШ № 3

[Розробка показників енергетичної оцінки існуючої 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 $K=0,05$ прийнятий розрахунковий повітрообмін $K=0,37$;
- замість фактичної внутрішньої температури 17°C прийнята розрахункова 19°C ;
- замість фактичних температур зовнішнього повітря у 2018 році прийняті розрахункові.

2. Вихідні дані.

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*, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	2217,1 600,2 511,2 591,0 514,7	0,77
2	Вікна металопласт, в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	260,0 0,0 70,2 108,4 81,4	0,530
3	Вікна дерев'яні, в тому числі: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	615,3 177,5 140,1 147,6 150,2	0,37
4	Двері дерев'яні (старі) в тому числі: Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	17,5 2,6 4,8 4,8 5,3	0,25
5	Двері дерев'яні (нові) в т. ч.: - Пн-Сх - Пд-Сх - Пд-Зх - Пн-Зх	10,1 4,8 0,0 0,0 5,3	0,30
6	Горищне перекриття	1279,2	0,85
7	Перекриття над підвалом	345,0	0,38
8	Підлога на ґрунту	934,2	

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

Експлуатаційні характеристики закладу.

Розрахункова кількість місць у школі.....	540	місць
Фактична (спискова) кількість дітей	540	осіб
Кількість працівників у школі	60	осіб
Кількість діб роботи школи в опалювальний період	127	діб
Кількість днів проведення уроків у опалюв.період з урахуванням канікул ...	105	діб
Кількість годин роботи школи в робочі дні	10	год
Кількість годин роботи механічної вентиляції в робочі дні	8	год

Загальні розрахункові геометричні показники будівлі:

Площа опалювальних приміщень будівлі	<i>A_f</i>	3629,5	м²
Об'єм опалювальних приміщень будівлі	<i>V</i>	12825,0	м³
Коефіцієнт скління фасаду	<i>m</i>	0,35	
Показник компактності будівлі	<i>Λ</i>	0,40	

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 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	0,37	крат
---	-------------	-------------

Приведена вище середня за опалювальний період кратність повітрообміну є нормативною та встановлює норму повітрообміну для забезпечення підвищено-оптимальної якості внутрішнього повітря у будівлі гімназії при розрахунковій кількості учнів
Розрахунок цього нормативу приведений в додатку 6 звіту

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 Б-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	7303	19	-5,3	744	132039001
лютий	7303	19	-4,2	672	113862385
березень	7303	19	0,7	744	99436778
квітень	7303	19	8,8	264	19666502
жовтень	7303	19	7,9	384	31129864
листопад	7303	19	2,0	720	89393191
грудень	7303	19	-2,8	744	118454742

603982463

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_{up} . Q_{ve} , Вт*год
січень	1566	19	-5,3	744	28310836
лютий	1566	19	-4,2	672	24413539
березень	1566	19	0,7	744	21320506
квітень	1566	19	8,8	264	4216747
жовтень	1566	19	7,9	384	6674637
листопад	1566	19	2	720	19167033
грудень	1566	19	-2,8	744	25398198
					129501496

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	3629,5	20,0	221	16073500
лютий	3629,5	20,0	200	14518000
березень	3629,5	20,0	221	16073500
квітень	3629,5	20,0	79	5703500
жовтень	3629,5	20,0	114	8296000
листопад	3629,5	20,0	214	15555000
грудень	3629,5	20,0	221	16073500
				92293000

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	132039	28311	160350	9064	16074	25138	0,157	0,998	135270
Лютий	113862	24414	138276	12471	14518	26989	0,195	0,996	111407
Березень	99437	21321	120757	19261	16074	35334	0,293	0,986	85927
Квітень	19667	4217	23883	8492	5704	14196	0,594	0,913	10928
Жовтень	31130	6675	37805	8123	8296	16419	0,434	0,959	22059
Листопад	89393	19167	108560	6962	15555	22517	0,207	0,995	86163
Грудень	118455	25398	143853	5355	16074	21429	0,149	0,998	122467
Всього:	603982	129501	733484	69729	92293	162022			574221

4. Розрахунок енергоспоживання системи опалення будівлі.

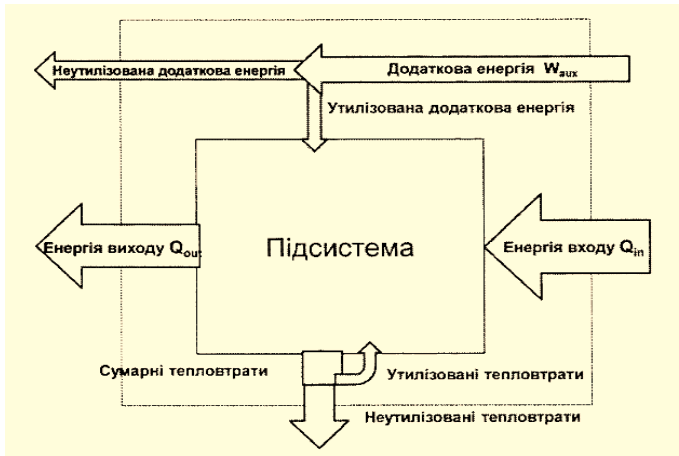
Енергоспоживання визначається як енергопотреби плюс регулярні неутилізовані теплові втрати систем. При проведенні розрахунку проводиться визначення регулярних теплових втрат таких підсистем інженерної системи будівлі:

- 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/генеравана 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 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 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 Б.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

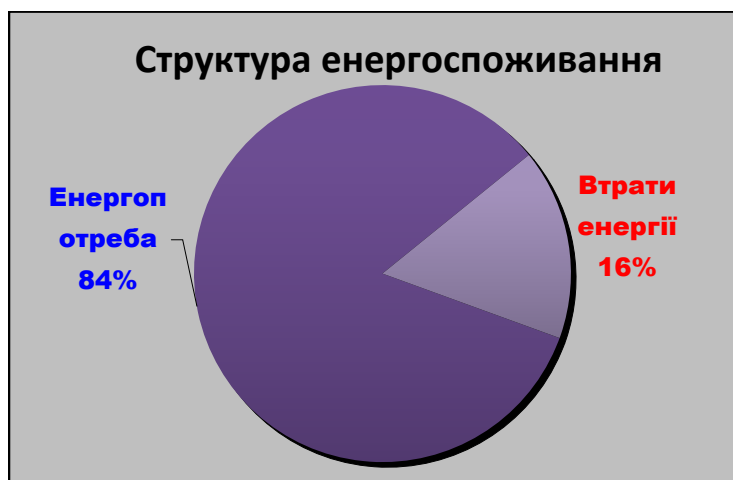
2.5. ЗБІРНА РОЗРАХУНКОВА ТАБЛИЦЯ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ

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	135270	32	135302	135302	3390	138692	138692	22578	161270
лютий	111407	26	111433	111433	3058	114491	114491	18638	133129
березень	85927	20	85947	85947	2799	88746	88746	14447	103193
квітень	10928	3	10931	10931	1104	12034	12034	1959	13994
жовтень	22059	5	22064	22064	1203	23267	23267	3788	27055
листопад	86163	20	86183	86183	2446	88629	88629	14428	103057
грудень	122467	29	122496	122496	3087	125583	125583	20444	146027
	574220,6	134			17088		591443	96281	687724,1

(493,8) Гкал/рік

(591,4) Гкал/рік



ДОДАТОК В

**Розрахунок енергопотреби та
енергоспоживання при постачанні гарячої води
будівлі Світловодської СЗОШ № 3**

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)

$n_m = 540$ 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;

$$V_w = 8 * 540 * 175 = 756000 \text{ кг/рік}$$

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

$$Q_{DHW.nd} = 1 * 756000 * (55 - 10) = 34020000 \text{ ккал/рік}$$

34,02 Гккал/рік (39558 квт*год)

Енергопотреба $Q_{DHW.nd} = 39558 \text{ квт*год/рік}$

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)

$$Q_{водорозбір} = Q_{W.em.is} = 39558 * 0,1 = 3956 \text{ кВт*год/рік}$$

$$Q_{водорозбір} = Q_{W.em.is} = 3956 \text{ кВт*год/рік}$$

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)

$$Q_{DHW.use} = (39558 + 79,1 + 0 + 3956) / 0,98 = 44402 \text{ кВт*год/рік}$$

Енергоспоживання

$$Q_{DHW.use} = 44402 \text{ кВт*год/рік}$$

$$(38,2 \text{ Гкал/рік})$$

ДОДАТОК Г

Розрахунок енергоспоживання для охолодження існуючої будівлі Світловодської СЗОШ №3

[Розробка показників енергетичної оцінки існуючої будівлі].

Розрахунок (оцінка) енергоспоживання для охолодження існуючої будівлі Світловодської СЗОШ №3

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:

$$15 * 12825 = \mathbf{192375 \text{ квт*год}}$$

ДОДАТОК Д

**Розрахунок річного енергоспоживання при
освітленні будівлі Світловодської СЗОШ №3**

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;

$$W_L = (15,00 * 1,0) * [(1800 * 1,0 * 1,0) + (200 * 1,0)] * 3630,0 / 1000 = 108900 \text{ квт*год/рік}$$

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);

$$W_p = (1,0 + 5,0) * 3630,0 = 21780 \text{ квт*год/рік}$$

$$W_{use} = 108900 + 21780 = 130680 \text{ квт*год/рік}$$

Енергоспоживання

$$W_{use} = 130680 \text{ квт*год/рік}$$