

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

Гриненко Ірина Денисівна

«Аналіз ефективності роботи систем енергозабезпечення навчальних корпусів
Лебединського медичного училища»

Магістерська робота

зі спеціальності 144 “Теплоенергетика” (Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи: _____
(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

(наукове звання та наукова ступінь)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	6
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	6
1.2 Порівняльний аналіз обсягів споживання ПЕР з нормованими на досліджуваному об'єкті.....	7
1.2.1 Система теплопостачання	7
1.2.2 Система електропостачання	9
1.2.3 Система водопостачання.....	11
1.2.4 Визначення відповідності величини фактичного опору теплопередачі....	11
1.3 Аналіз тепловізійного обстеження досліджуваного об'єкта.....	15
1.3.1 Аналіз температурного обстеження учбових приміщень	15
1.3.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження.....	18
2. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ВИЗНАЧЕНИХ ЗАДАЧ	22
2.1. Розрахунковий аналіз теплового балансу будівлі.....	22
2.1.1 Визначення рівня теплової потужності системи опалення на досліджуваному об'єкті.....	22
2.1.2. Визначення основних видів втрат теплової енергії на досліджуваному об'єкті.....	24
2.2 Розроблення енергозберігаючих заходів з економії ПЕР.....	31
2.2.1 Представлення енергозберігаючих заходів.....	31
2.2.2 Розрахунковий аналіз енергозберігаючих заходів.....	35
3.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають при експлуатації теплогенеруючого обладнання навчального закладу	57
3.2 Вимоги персоналу під час експлуатації теплогенеруючого обладнання.....	63
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) - це обстеження підприємств різної сфери та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергоаудит відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм беззупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, ревізія до якогось даного еталона.

Предметом енергетичного аудита є споживання палива і енергії, аналіз і надання рекомендацій по ефективному використанню енергоресурсів.

Основною метою енергетичного аудита є пошук можливостей енергозбереження і допомога господарським суб'єктам у визначенні напрямків ефективного енергозбереження.

Об'єктом енергетичного аудита може бути підприємство, установа різної форми власності.

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

- складання карт споживання енергетичних ресурсів об'єктом;
- розробка організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження витрати енергії;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка організаційно-технічних заходів.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством.

Ефективність і повнота аудита у значній мірі залежать від кваліфікації та досвіду енергоаудитора.

Мета та призначення представленої роботи:

Підвищення ефективності використання енергії в бюджетній сфері м. Лебедин, зокрема в медичному училищі імені професора М.І.Сітенка.

Задачі, які вирішуються при проведенні робіт:

Розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів в медичному училищі імені професора М.І.Сітенка м. Лебедин за результатами проведення енергетичного обстеження на зазначеному об'єкті.

Вихідні дані для проведення робіт:

- проектна документація на об'єкт обстеження;
- документація обліку споживання ПЕР на об'єкті;
- документація з наданих опитувальних листів про дійсний стан будівель та систем енергопостачання об'єкту з енергетичного обстеження.

Склад робіт, які проводилися на об'єкті з енергетичного обстеження:

- вивчення проектної документації;
- вивчення складу ПЕР, що використовується на досліджуваному об'єкті;
- ознайомлення з умовами використання ПЕР;
- перевірка наявності актів здачі вузлів обліку ПЕР;
- техніко-економічне порівняння обсягів споживання ПЕР із нормованими значеннями;
- тепловізійне обстеження систем теплопостачання, вимірювання температури стін, вікон із визначенням місць необхідного утеплення;

- обстеження систем освітлення, вимірювання параметрів освітлення в приміщеннях обстежуваного об'єкту;
- перевірка відповідності об'єкту вимогам із енергозбереження, чинних на території України;
- аналіз отриманих результатів;
- розробка заходів з економії ПЕР та підготовка рекомендацій з використанням передового досвіду в умовах обстежуваного об'єкту.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Лебединське медичне училище імені професора М.І.Сітенка є комунальним закладом Сумської обласної ради. Головна будівля розташована за адресою:

вул. К. Маркса, 17, м. Лебедин, Сумська область, 42200

Сайт: lebmed.com.ua

Головна будівля і будівлі навчально-лабораторного та спортивного корпусів були введені в експлуатацію на початку двадцятого сторіччя (приблизно у 1911 році). Лебединське медичне училище імені професора М.І.Сітенка розпочало свою діяльність у серпні 1937 році як середня медична школа.

Медичне училище має три навчальні корпуси загальною площею 4603 м². Для проведення теоретичних і практичних занять в училищі діють 21 навчальний кабінет, 15 навчальних кімнат, 5 лабораторій, 2 кабінети інформатики, актові зали, бібліотека, читальна зала на 45 посадочних місць.

Розподіл кількості викладацького складу медичного училища за посадами наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Розподіл кількості викладачів за посадами

Посада	Кількість працівників
Викладачі вищої категорії	20
Викладачі I-ї категорії	2
Викладачі II-ї категорії	2
Викладачі-методисти	5
Старші викладачі	5
Спеціалісти	3
Викладачі з науковими ступенями	3
Викладачі з підвищення кваліфікації	7

У закладі встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Вихідні дні: субота, неділя. Робочий графік роботи закладу: з 8⁰⁰ години до 17⁰⁰ години.

1.2 Порівняльний аналіз обсягів споживання ПЕР з нормованими на досліджуваному об'єкті

1.2.1 Система тепlopостачання.

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення навчальних корпусів, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома тепла витрата енергії на опалення будівель за опалювальний період – це кількість теплової енергії за опалювальний період, необхідної для компенсації тепловтрат будинку із врахуванням повітрообміну і додаткових теплонадходжень при нормованих параметрах теплового і повітряного режимів приміщень у ньому, віднесеної до одиниці опалювального об'єму будинку [1].

$$q_{\text{бод}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{V_{\text{бод}}^{\text{он}}}, \quad (1.1)$$

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

$V_{\text{бод}}^{\text{он}}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові:

$$q_{\text{бод}} \leq E_{\text{max}}, \quad (1.2)$$

де $q_{\text{бод}}$ – фактичні питомі тепловитрати кВт·год/м³;

E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт год/м³ [4].

Нормативні максимальні тепловитрати для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [1]:

$$E_{\max} = 31 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,027 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}$$

Аналіз питомих витрат на опалення по корпусам «А», «Б», «В» та «Д»

Згідно проведених розрахунків осереднені фактичні питомі тепловитрати на опалення навчальних будівель за опалювальні періоди становлять $Q_{оп} = 377,2$ Гкал. Тому, середнє значення фактичних питомих тепловитрат становить

$$q_{б\text{уд}} = \frac{377,2}{(7313,85 + 2198,7 + 172,5 + 667)} = 0,036 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}$$

Отриманий результат по корпусам «А», «Б», «В» та «Д» не відповідає нормативній умові (1.2).

Аналіз питомих витрат на опалення по лабораторному корпусу

Згідно проведених розрахунків осереднені фактичні питомі тепловитрати на опалення лабораторного корпусу за опалювальні періоди становлять $Q_{оп} = 66,3$ Гкал. Середнє значення фактичних питомих тепловитрат становить

$$q_{б\text{уд}} = \frac{66,3}{1664} = 0,04 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}$$

Отриманий результат по лабораторному корпусу не відповідає нормативній умові (1.2).

Отримані результати свідчать, що по всім навчальним корпусам $q_{б\text{уд}} > E_{\max}$. Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають

енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлях, необхідно вважати незадовільними.

Наслідками такої неузгодженості можуть бути:

- завищене споживання теплової енергії;
- перевитрата палива на теплогенераторах;
- порушення норм комфортності;
- втрати теплової енергії через системи вентиляції в навколишнє середовище;
- високі матеріальні витрати на експлуатацію.

Це, у свою чергу, визначає напрямки вибору енергозберігаючих заходів щодо підвищення рівня енергозбереження в обстежуваних будівлях, впровадження яких необхідно обґрунтовувати визначеними величинами теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій, і результатами зібраної інформації проведених відповідних вимірювань.

1.2.2 Система електропостачання

Необхідно провести порівняння річного питомого споживання електричної енергії по навчальних корпусах з нормованим значенням відповідно до норм витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України [9, табл. 8.7].

Питомі витрати електроенергії по лабораторному корпусу

Для будівлі лабораторного корпусу фактичне споживання електричної енергії становить:

$$\frac{1122 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{462,2 \text{ м.кв}} = 2,43 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м. кв}$$

Згідно з нормативним показником, величина споживання електричної енергії лабораторних корпусів вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень) без кондиціонування повітря становить для Сумської області 29 кВт·год/м².

Питомі витрати електроенергії по головному корпусу «А»

Для будівлі головного корпусу фактичне споживання електричної енергії становить:

$$\frac{16045 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2968,54 \text{ м.кв}} = 5,41 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м. кв}$$

Згідно з нормативним показником, величина споживання електричної енергії учбовими корпусами вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень) без кондиціонування повітря становить для Сумської області 19 кВт·год/м².

Питомі витрати електроенергії по корпусу «Б»

Для будівлі навчального корпусу «Б» фактичне споживання електричної енергії становить:

$$\frac{2144 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{904,8 \text{ м.кв}} = 2,37 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м. кв}$$

Згідно з нормативним показником, величина споживання електричної енергії учбовими корпусами вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень) без кондиціонування повітря становить для Сумської області 19 кВт·год/м².

Таблиця 1.2 - Порівняння фактичного питомого електроспоживання по основних навчальних корпусах з нормованим значенням для даного типу закладу

Навчальний корпус	Питоме електроспоживання, кВт·год/м ² .	
	Фактичне	Нормативне
Лабораторний	2,43	29
Корпус «А»	5,41	19
Корпус «Б»	2,37	19

Фактичне значення не перевищує нормоване, що є добрим показником, але існує потенціал зменшення споживання електричної енергії шляхом використання

більш енергоефективних електричних приладів та заміни ламп освітлення застарілої конструкції на більш економічні світлодіодні.

1.2.3 Система водопостачання

Витрати води у будівлі залежать від кількості осіб, технічних потреб, пори року. За відомими величинами витрат води і відомій кількості осіб у будівлях визначено питомі показники витрат холодної води на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами споживання холодної води на одну особу відповідно до [10 таблиця А.2 поз.7]: "Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу, для навчально-освітніх та спеціалізованих шкіл, професійно-навчальних закладів, вищих навчальних закладів, загальна кількість води на одного учня (студент і 1 викладач) – 20 л/добу, у тому числі гарячої води – 8 л/добу". Тобто, при відсутності гарячого водопостачання, нормативний показник становитиме – 12 л/добу.

Значення фактичних питомих витрат холодної води по навчальному закладу на одну особу, л/добу, при навчальному періоді 275 діб, становлять:

$$37 \text{ м}^3 / (60 \text{ осіб} \times 275 \text{ діб}) = 2,24 \text{ л/добу}$$

Порівняння норми витрат води і фактичних величин витрат показує, що вони не перевищують нормовані.

1.2.4 Визначення відповідності величини фактичного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій до нормативного значення

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове виконання умови [1]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (1.3)$$

де $R_{\Sigma_{\text{пр}}}$ - приведений опір теплопередачі непрозорої або світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{q_{\text{min}}}$ - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку [1].

Розрахункове значення опору теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (1.4)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [1];

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - [1];

λ_{ip} - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [1];

δ_i - товщина i -го шару огорожувальної конструкції, м;

n - кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i - термічний опір i -го шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Розрахункові умови експлуатації при розрахунках опору теплопередачі огорожувальних конструкцій приймаються залежно від розрахункового вологісного режиму експлуатації приміщення та конструктивного рішення огороження.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій навчальних корпусів медичного училища представлені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{К}$	$R_{\Sigma np}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q min}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7
Лабораторний корпус						
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,25	0,81	1,01	3,3
		Деревина (дуб у здовж волокон)	0,12	0,23		
		Цементно піщана штукатурка	0,02	0,81		
2	Горищне перекриття	Глиняна суміш з соломою	0,11	0,8	0,8	4,95
		Дерев'яне набірне перекриття	0,15	0,35		
		Цементно-вапняна штукатурка	0,04	0,93		
3	Вікна	Дерев'яні рами з роздільним плетінням в одне скло	0,004	0,76	0,2	0,6
4	Вхідні двері	Дерев'яні	0,05	0,41	0,28	0,5
5	Підлога	Деревина	0,05	0,41	0,4	3,75
Навчальний корпус «А»						
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,52	0,81	0,82	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,02	0,81		
2	Горищне перекриття	Глиняна суміш з соломою	0,06	0,8	2,55	4,95
		Дерев'яне набірне	0,20	0,35		
		Цементно-вапняна штукатурка	0,04	0,93		
		Плити зі скловолокна	0,5	0,06		
3	Вікна	Дерев'яні рами з роздільним плетінням в одне скло	0,004	0,76	0,2	0,6
4	Вхідні двері	Дерев'яні	0,05	0,41	0,28	0,5
5	Підлога	Бетон	0,2	1,86	0,12	-
		Керамічна плитка	0,01	1,1		
Навчальний корпус «Б»						

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q min}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,51	0,81	0,81	3,3
		Цементно-вапняна штукатурка	0,02	0,93		
2	Горищне перекриття	Керамзит	0,25	0,12	2,37	4,95
		Залізобетонна плита	0,27	2,04		
		Цементно-вапняна штукатурка	0,03	0,93		
3	Вікна	Дерев'яні рами з роздільним плетінням в	0,004	0,76	0,2	0,6
4	Вхідні двері	Металеві пустотні	0,002	58	1,02	0,5
5	Підлога	Дошка	0,05	0,41	0,23	-
		Бетон	0,2	1,86		
Навчальний корпус «Д»						
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,52	0,81	2,1	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,04	0,81		
		Плити пінополістірольні	0,05	0,04		
2	Горищне перекриття	Глиняна суміш з соломою	0,11	0,8	0,8	4,95
		Дерев'яне набірне перекриття	0,15	0,35		
		Цементно-вапняна штукатурка	0,04	0,93		
3	Вікна	Дерев'яні рами з роздільним плетінням в	0,004	0,76	0,2	0,6
4	Вхідні двері	Металеві пустотні	0,002	58	1,02	0,5
5	Підлога	Бетон	0,2	1,86	0,12	-
		Керамічна плитка	0,01	1,1		

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [1]. Можна зробити висновок про незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх стін, горищних перекриттів та віконних отворів, це вимагає впровадження

енергозберігаючих заходів щодо збільшення опору теплопередачі, тобто проведення робіт з теплоізоляції стін та заміни вікон.

1.3 Аналіз тепловізійного обстеження досліджуваного об'єкта.

Під час проведення енергетичного аудиту Лебединського медичного училища імені професора М.І.Сітенка використовувались наступні вимірювальні прилади:

- універсальний вимірювач температури та вологості повітря;
- тепловізор;
- фотометр.

1.3.1 Аналіз температурного режиму навчальних приміщень

Для визначення температури повітря в приміщеннях та зовні використовувався універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси Testo 605-N1 (рис. 1.1). Його основні технічні характеристики представлені в таблиці 1.4.



Рисунок 1.1 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo605-N1

Параметр	Значення
Діапазон вимірювань	Від -20 до +70 °С
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С

Прилад характеризується точністю і стабільністю показань завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається в процесі вимірювання. Дисплей розташовано на поворотній голівці.

Результати вимірювання температури у приміщеннях, у яких проводилося енергетичне обстеження представлені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати вимірювання температури

Назва приміщення	Середня температура у приміщенні, °С
Головний учбовий корпус (корпус А)	
Коридор 1-го поверху	16,8
Приймальна директора медучилища	15,4
Кабінет заступника директора	14,7
Аудиторія №5	20,4
Аудиторія №4	20,0
Методичний кабінет	19,5
Кабінет бухгалтерії	19,8
Аудиторія №1	19,4
Викладацька	18,3
Аудиторія №2	19,1
Кабінет зав. Відділенням	17,5
Коридор 2-го поверху	17,6
Кабінет інформатики (підсобна кімната)	16
Кабінет інформатики (основна аудиторія)	19,4
Аудиторія №10	18,1
Аудиторія №6	18,7
Аудиторія №9	19,5
Аудиторія №12	17,7
Кабінет зав. Практики	16,8

Назва приміщення	Середня температура у приміщенні, °С
Кімната ради самоврядування	17,6
Актова зала	14,5
Аудиторія №11 (цокольний поверх)	17,6
Тренажерна зала	11,0
Навчальний корпус Б	
Кабінет хірургії	10,5
Кабінет фармакології	16,0
Кабінет української мови	16,2
Кабінет хімії і біології	18,2
Кабінет фізики	18,9
Бібліотека	
Читальна зала	17,0
Лабораторний корпус	
Кабінет шкірних та венеричних захворювань	17,5
Лекційна кімната	19,0
Кабінет інфекційних хвороб	20,0
Кабінет хірургії	19,5
Допоміжна кімната хірургії	19,8
Навчальна кімната з хірургії	17,2
Кабінет медсестринства в хірургії	16,0
Роздягальня	18,2
Кабінет доклінічної педіатрії	18,1
Викладацька	17,0
Комп'ютерна кімната	16,3
Кабінет доклінічного акушерства	18,5

За отриманими результатами вимірювання температури повітря у навчальних та робочих приміщеннях можна зробити наступні висновки:

1. У більшості приміщень головного навчального корпусу «А» температура повітря не відповідає сучасним вимогам за температурними показниками [1]. Згідно чинних нормативних вимог, температура у навчальних приміщеннях повинна бути 20–22⁰С. Основними факторами, які спричиняють таку ситуацію, є незадовільний стан віконних конструкцій, крізь які у приміщення інфільтрується велика кількість холодного повітря; та значна висота аудиторій, що спричиняє накопичення нагрітого повітря під стелею на висоті більше трьох метрів.

2. У приміщеннях навчального корпусу «Б» температура нижча від нормованої, навіть при задовільній роботі системи опалення, внаслідок порушення щільності конструктивних елементів віконних отворів, що спричиняє інфільтрацію холодного повітря, величина теплонадходження менша величини тепловтрат.

3. У навчальних приміщеннях лабораторного корпусу ситуація з температурним режимом аналогічна до ситуації у корпусах «А» та «Б».

Більш детальне виявлення причин втрат теплоти, що надходить від системи опалення, проведене тепловізійним обстеженням.

1.3.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження

Результати тепловізійного обстеження будівель Лебединського медичного училища імені професора М.І.Сітенка, які характеризують стан зовнішніх огороджувальних конструкцій ззовні та зсередини, представлені у додатку А. Отримані термограми вказують на місця найбільших втрат теплової енергії на об'єкті дослідження.

Для визначення температури, стану огороджувальних конструкцій будівель, місць втрат тепла, порушень роботи опалювальних приладів використовувався тепловізор FlukeTi25 (рис.1.2). Його основні технічні характеристики представлені у табл.1.6.



Рисунок 1.2 – Тепловізор FlukeTi25

Таблиця 1.6 - Основні технічні характеристики тепловізора FlukeTi25

Діапазон вимірювання температури	від -20°C до $+350^{\circ}\text{C}$
Похибка вимірювання температури	$\pm 2^{\circ}\text{C}$, але не більше $\pm 2\%$
Мінімальна відстань фокусування	Об'єктив тепловізора 15 см, фотооб'єктив 48 см
Частота зміни кадрів	9 Гц
Тип інфрачервоного об'єктива	Об'єктив 20 мм, $F=0,8$
Спектральний діапазон	Від 7,5 мкм до 14 мкм
Час автономної роботи від батареї	3-4 год

Детальний аналіз термограм дав можливість виявити місця найбільших втрат тепла. Загальну характеристику причин втрат теплоти у будівлях наведено нижче за окремими конструктивними елементами огорожувальних конструкцій.

Віконні отвори

З отриманих термограм видно, що основні втрати тепла у навчальних корпусах відбуваються через застарілі дерев'яні віконні отвори. Незадовільний стан значної кількості вікон є результатом порушеної щільності прилягання віконних стулок та послаблення штапикового притиснення скла до елементів віконних конструкцій. Це призводить до значного проникнення холодного повітря всередину навчальних приміщень. На термограмах місця втрат теплової енергії у віконних конструкціях представлені темно-синьою кольоровою палітрою. Холодні ділянки на термограмах

віконних отворів займають у більшості випадків майже увесь периметр місць прилягання віконних стулок та кватирок до основної рами вікна, а також, місця стику віконної рами зі стіною.

Особливо треба відмітити надзвичайно аварійний стан вікон у гімнастичній залі спорткомплексу. Вікна майже не перешкоджають інтенсивному потраплянню холодного повітря. Крім того, велика площа скління збільшує тепловтрати. Такий стан вікон обумовлює збільшене споживання палива на газовій котельні, бо для підтримання прийнятної температури у приміщеннях необхідно нагрівати теплоносії до більш високих температур, щоб компенсувати великі тепловтрати через незадовільний стан вікон гімнастичної зали.

Огороджувальні конструкції

Більша кількість будівель навчальних корпусів медичного училища побудовані ще на початку минулого століття. За весь час їх експлуатації стінові конструкції значно втратили свої теплозахисні властивості. Наявні вертикальні тріщини зовнішніх стін; вивітрювання міжцегляної стінової кладки; локальна руйнація елементів стінових конструкцій; зволоження матеріалу огороджувальних конструкцій, все це значно погіршує енергоефективність експлуатації будівель.

Можна стверджувати, що стіни будівель, які обстежувалися, не відповідають чинним нормативним вимогам за опором теплопередачі [1]. Фізичне зношення стінових конструкцій призводить до значних тепловтрат з навчальних та робочих приміщень. Це позначається на величині витрат теплової енергії для підтримання прийнятної температури повітря всередині таких будівель.

Великі втрати тепла відбуваються через конструктивні стики між стінами, а також між стінами і стелею. Середня температура внутрішньої поверхні проблемних зовнішніх стін та стелі, з часом буде знижуватись і може досягти точки роси. Це призвело до зволоження стін і прискорення їх руйнації, особливо в місцях стику між неутепленими стінами. Вже відбувається відлущення штукатурки зі стелі та відклеювання шпалер на деяких стінах.

Також великі втрати теплоти з будівлі корпусу «А» відбуваються через незадовільний стан зовнішніх входних дверей, яких у будівлі 3 одиниці (парадний вхід, запасний вхід-вихід, окремий вхід до цокольного поверху).

Треба відмітити, що у корпусах «А», «Б» та у лабораторному корпусу, система опалення працює задовільно, але при існуючому стані огорожувальних конструкцій значна частина теплової енергії втрачається у зовнішнє середовище.

У корпусі «Б» влаштована досить металоємна система опалення, яка на своє функціонування потребує збільшену кількість теплоносія. Це призводить до перегріву деяких приміщень.

За загальним підсумком результатів тепловізійного обстеження, треба відмітити, що значну величину втрат теплоти у навчальних корпусах медичного училища можна ліквідувати, якщо провести комплексний ремонт всіх віконних отворів, зовнішніх дверей та зовнішніх стінових конструкцій.

2. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ВИЗНАЧЕНИХ ЗАДАЧ

2.1. Розрахунковий аналіз теплового балансу будівлі

2.1.1 Визначення рівня теплової потужності системи опалення на досліджуваному об'єкті

Для оціночного аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі будь-якого призначення без урахування всіх видів тепловтрат і теплонадходжень її теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками. Такий вид розрахунку найбільш прийнятний для оцінки можливої максимальної потужності системи опалення та для випадку переведення будівлі на автономну систему опалення. При цьому не враховуються основні чинники, що впливають на порушення вимог до тепловологісного балансу будівлі.

Визначення фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі [8], Вт/м³·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (таблиця 1.3):

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{p_{\delta}}{F_{\delta}} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma np}^{cm}} + g_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma np}^{вкн}} - \frac{1}{R_{\Sigma np}^{cm}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\delta}} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma np}^{стл}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma np}^{ндлг}} \right), \quad (2.1)$$

де p_{δ} – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

F_{δ} – площа будівлі в межах периметра, м²;

H_{δ} – висота будівлі з урахуванням усіх опалюваних приміщень, м;

g_0 – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma np}^{cm}$ – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м²·К/Вт;

$R_{\Sigma np}^{стл}$ – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м²·К/Вт;

$R_{\Sigma np}^{ндлг}$ – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м²·К/Вт;

$R_{\Sigma np}^{вкн}$ – опір теплопередачі вікон, м²·К/Вт;

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, Вт, при середньозимовому показнику температури за опалювальний період визначається як:

$$Q_{\bar{o}} = a \cdot q_{num}^{\phi} \cdot V_{\bar{o}} \cdot (t_{\bar{e}}^{cp} - t_{cp.p}), \quad (2.2)$$

де a – поправковий коефіцієнт: $a = 0,54 + \frac{22}{(t_{\bar{e}}^{cp} - t_{cp.p})} = 0,54 + \frac{22}{(18,1 - (-2,5))} = 1,61$;

$V_{\bar{o}}$ – зовнішній об'єм будівлі, м³;

$t_{\bar{e}}^{cp}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{cp.p}$ – середньозимова температура зовнішнього повітря для температурної зони, де розташована будівля [9], °С.

Максимальна теплова потужність будівлі лабораторного корпусу

$$q_{num}^{\phi} = \frac{130}{497,7} \cdot \left(\frac{1}{1,01} + 0,23 \cdot \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{1,01} \right) \right) + \frac{1}{3,6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,8} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,4} \right) = 1,23 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}$$

$$Q_{\bar{o}} = 1,61 \cdot 1,23 \cdot 1664 \cdot (18,1 - (-2,5)) \times 10^{-3} = 68 \text{ кВт}$$

Максимальна теплова потужність будівлі навчального корпусу «А»

$$q_{num}^{\phi} = \frac{128,78}{876,46} \cdot \left(\frac{1}{0,82} + 0,23 \cdot \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{0,82} \right) \right) + \frac{1}{11} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,82} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,12} \right) = 0,86 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}$$

$$Q_{\bar{o}} = 1,61 \cdot 0,86 \cdot 731385 \cdot (18,1 - (-2,5)) \times 10^{-3} = 208,6 \text{ кВт}$$

Максимальна теплова потужність будівлі навчального корпусу «Б»

$$q_{num}^{\phi} = \frac{144,68}{473,94} \cdot \left(\frac{1}{0,81} + 0,04 \cdot \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{5,35} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,81} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,12} \right) = 1,56 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}$$

$$Q_0 = 1,61 \cdot 1,56 \cdot 21987 \cdot (18,1 - (-2,5)) \times 10^{-3} = 114 \text{ кВт}$$

Максимальна теплова потужність будівлі навчального корпусу «Д»

$$q_{\text{нум}}^{\phi} = \frac{75,45}{149,86} \cdot \left(\frac{1}{1,01} + 0,2 \cdot \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{1,01} \right) \right) + \frac{1}{2,8} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,01} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,2} \right) = 2,3 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$$

$$Q_0 = 1,61 \cdot 2,3 \cdot 667 \cdot (18,1 - (-2,5)) \times 10^{-3} = 50 \text{ кВт}$$

2.1.2 Визначення основних видів втрат теплової енергії на досліджуваному об'єкті

Даний розрахунок необхідний для визначення об'ємів втрат теплової енергії, щоб встановити потенціал економії споживання енергоносіїв після впровадження енергозберігаючих заходів.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, перекриття даху, підлога та входні двері) розраховуємо за формулою:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.р}}) \cdot n, \quad (2.3)$$

де $F_{\text{пр}}$ - площа поверхні огорожувальної конструкції (за результатами проведених вимірювань), м²;

$R_{\Sigma \text{пр}}$ - розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт (табл. 1.2);

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{ср.р}}$ - відповідно температури всередині приміщень і середньозимова зовнішнього повітря, °С;

n - коефіцієнт, що приймається згідно з [2] в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього середовища.

Для розрахунку тепловтрат приймаємо $t_e = 18,1^\circ\text{C}$ (за результатами проведених вимірювань).

Для стін, вікон, горищного перекриття, дверей приймаємо $n=1$.

Сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції:

$$Q_0 = Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{вікна}} + Q_{\text{стл}} + Q_{\text{пдл}} + Q_{\text{двері}} \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{стіни}}$ - втрати теплоти через зовнішні стіни, розраховані по кожному приміщенню, Вт;

$Q_{\text{вікна}}$ - втрати теплоти через вікна, Вт;

$Q_{\text{стл}}$ - втрати теплоти через дах, Вт.

$Q_{\text{пдл}}$ - втрати теплоти через підлогу для приміщень 1 поверху, Вт;

$Q_{\text{двері}}$ - сумарні втрати теплоти через зовнішні вхідні двері, Вт.

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель зумовлені наявністю неврахованих факторів, що збільшують величину основних тепловтрат.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, визначені орієнтацією будівлі, розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{стіни}} \cdot \beta_{\text{ор}} \quad (2.5)$$

де $Q_{\text{стіни}}$ - тепловтрати через кожен зовнішню стіну будівлі, Вт;

$\beta_{\text{ор}}$ - коефіцієнт поправки на орієнтацію зовнішньої стіни відносно сторін горизонту.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будівлі, незалежно від орієнтації $\beta_{\text{ор}} = 0,13$ - при двох та більше зовнішніх стінах в будівлі.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через вікна розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \cdot F_{\text{омв}} \cdot G_{\text{н}} \cdot c \cdot (t_e - t_{\text{ср.р}}), \quad (2.6)$$

де c - питома теплоємність повітря ($c = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$);

$t_{в}, t_{з,р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщень і зовнішнього повітря (за результатами проведених вимірювань), °С;

G_H – повітропроникність (за результатами проведених вимірювань): для дерев'яних вікон $G_H = 10,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$F_{омв}$ - площа віконних отворів, м^2 .

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей.

Цей вид додаткових тепловтрат обумовлений нагріванням холодного повітря, що проникає в приміщення внаслідок частого відкривання зовнішніх дверей. Величина цих втрат залежить від конструкції такого прорізу. Розрахунок проводиться для зовнішніх дверей, у яких немає повітряно-теплових завіс для будівель громадського або побутового призначення:

$$Q_{з,д}^0 = Q_{двери} \cdot \beta_{відкр}, \quad (2.7)$$

де $Q_{двери}$ – втрати теплоти крізь зовнішні двері, кВт;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт поправки на відкривання дверей (для одинарних дверей громадських будинків при частому відкриванні $\beta_{відкр} = 4$).

У випадку тільки витяжної вентиляції (природної) з припливом зовнішнього повітря крізь нещільності огорожувальних конструкцій або крізь спеціальні вентиляційні отвори розрахунок втрат теплоти на вентиляцію $Q_в$, Вт, виконується за наступною залежністю:

$$Q_в = 0,28 \cdot V_{П} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{в} - t_{з,р}) \cdot n_k \cdot k_V, \quad (2.8)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}$;

$t_{в}, t_{з,р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$V_{П}$ – внутрішній об'єм приміщення (будівлі), м^3 ;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$;

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} ;

k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення внаслідок розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_V = 0,85 - 1,0$).

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень визначаємо за формулою:

$$\Sigma Q_{\text{ТВ}} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_{op}^{\circ} + \Sigma Q_{inf}^{\circ} + Q_v, \quad (2.9)$$

де ΣQ_0 - сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

ΣQ_{op}° - сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні стіни, визначені орієнтацією будівлі, Вт;

ΣQ_{inf}° - сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря через вікна та двері, Вт.

Величини теплових втрат за їх видами у навчальних будівлях медичного училища при дійсному стані огорожувальних конструкцій та середньозимовій температурі зовнішнього повітря [9] наведені в таблицях 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 та представлені на рисунках 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

Розрахунок тепловтрат по лабораторному корпусу

Таблиця 2.1 – Величини тепловтрат будівлі лабораторного корпусу

Види тепловтрат							
Через стіни $Q_{\text{стіни}}$, кВт	Через вікна $Q_{\text{вікна}}$, кВт	Через підлогу, $Q_{\text{підлога}}$, кВт	Через стелю, $Q_{\text{стеля}}$, кВт	Через двері, $Q_{\text{двері}}$, кВт	Зумовлені орієнтацією будівлі, Q_{op} , кВт	На інфільтрацію через вікна, $Q_{v.inf}$, кВт	На інфільтрацію через двері, $Q_{d.inf}$, кВт
8,069	9,548	3,74	11,902	0,239	1,05	5,374	0,956

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі лабораторного корпусу становлять:

$$Q_{втр.лб} = 8,069+9,548+3,74+11,902+0,239+1,05+5,374+0,956 = 40,878\text{кВт.}$$

Тепловий баланс за результатами розрахункового аналізу тепловтрат будівлі лабораторного корпусу представлений на порівняльній діаграмі у відсотковому співвідношені на рисунку 2.1.

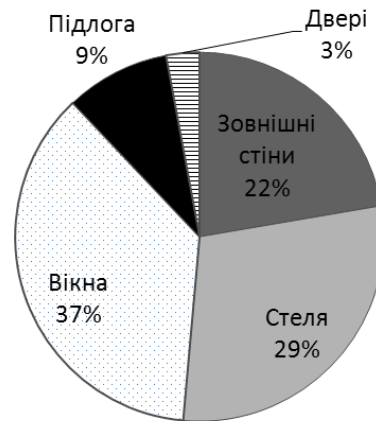


Рисунок 2.1 - Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат будівлі лабораторного корпусу.

Розрахунок тепловтрат будівлі навчального корпусу «А»

Таблиця 2.2 – Величини тепловтрат будівлі навчального корпусу «А»

Види тепловтрат								
Через стіни $Q_{стіни}$, кВт	Через вікна $Q_{вікна}$, кВт	Через підлогу, $Q_{підлога}$, кВт	Через стелю, $Q_{стеля}$, кВт	Через двері, $Q_{двері}$, кВт	Зумовлені орієнтацією будівлі, $Q_{ор}$, кВт	На інфільтрацію через вікна, $Q_{в.інф}$, кВт	На інфільтрацію через двері, $Q_{д.інф}$, кВт	На вентиляцію $Q_{вент}$, кВт
24,2	22,37	1,0	5,37	0,542	3,14	12,59	2,17	88,6

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі навчального корпусу «А» становлять

$$Q_{втр.А} = 24,2+22,37+1,0+5,37+0,542+3,14+12,59+2,17+88,6 = 158\text{кВт.}$$

Тепловий баланс, за результатами розрахункового аналізу тепловтрат будівлі навчального корпусу «А», представлений на порівняльній діаграмі у відсотковому співвідношені на рисунку 2.2.

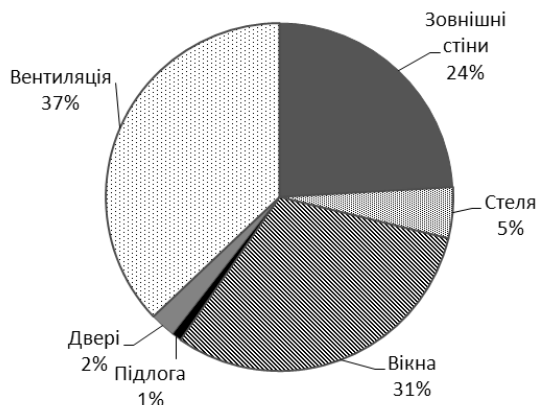


Рисунок 2.2 - Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат будівлі навчального корпусу «А».

Розрахунок тепловтрат будівлі навчального корпусу «Б»

Таблиця 2.3 – Величини тепловтрат будівлі навчального корпусу «Б»

Види тепловтрат							
Через стіни $Q_{стіни},$ кВт	Через вікна $Q_{вікна},$ кВт	Через підлогу, $Q_{підлога},$ кВт	Через стелю, $Q_{стеля},$ кВт	Через двері, $Q_{двері},$ кВт	Зумовлені орієнтацією будівлі, $Q_{ор},$ кВт	На інфільтрацію через вікна, $Q_{в.інф},$ кВт	На інфільтрацію через двері, $Q_{д.інф},$ кВт
24,17	7,2	1,27	3,97	0,08	3,14	2,23	0,32

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі навчального корпусу «Б» становлять

$$Q_{втр.Б} = 24,17 + 7,2 + 1,27 + 3,97 + 0,08 + 3,14 + 2,23 + 0,32 = 42,4 \text{ кВт.}$$

Тепловий баланс, за результатами розрахункового аналізу тепловтрат будівлі навчального корпусу «Б», представлений на порівняльній діаграмі у відсотковому співвідношені на рисунку 2.3.

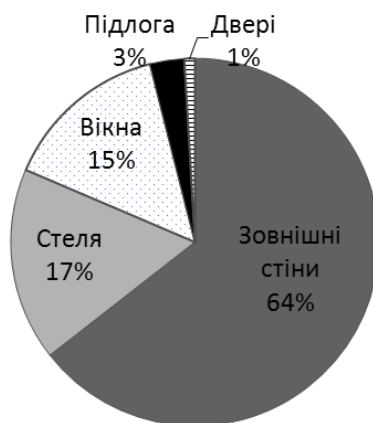


Рисунок 2.3 - Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат будівлі навчального корпусу «Б».

Розрахунок тепловтрат будівлі навчального корпусу «Д»

Таблиця 2.4 – Величини тепловтрат будівлі навчального корпусу «Д»

Види тепловтрат							
Через стіни $Q_{стіни}$, кВт	Через вікна $Q_{вікна}$, кВт	Через підлогу, $Q_{підлога}$, кВт	Через стелю, $Q_{стеля}$, кВт	Через двері, $Q_{двері}$, кВт	Зумовлені орієнтацією будівлі, $Q_{ор}$, кВт	На інфільтрацію через вікна, $Q_{в.інф}$, кВт	На інфільтрацію через двері, $Q_{д.інф}$, кВт
1,46	3,1	0,357	5,9	0,04	0,2	1,73	0,16

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі навчального корпусу «Д» становлять

$$Q_{втр.Д} = 1,46 + 3,1 + 0,357 + 5,9 + 0,04 + 0,2 + 1,73 + 0,16 = 13 \text{ кВт.}$$

Тепловий баланс, за результатами розрахункового аналізу тепловтрат будівлі навчального корпусу «Д», представлений на порівняльній діаграмі у відсотковому співвідношені на рисунку 2.4.

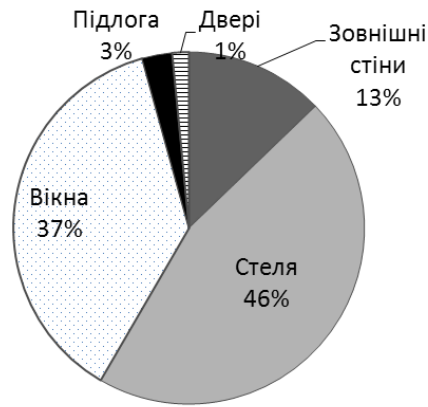


Рисунок 2.4 - Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат будівлі навчального корпусу «Д».

З отриманих діаграм можна оцінити співвідношення величин тепловтрат у навчальних приміщеннях. Найбільші тепловтрати це тепловтрати через вікна, так як площа скління є досить значною і стан вікон незадовільний. Також значна частина теплоти втрачається через стіни та стелю. По корпусу «А» значна частка теплоти втрачається через систему вентиляції.

Встановлені фактори найбільших величин тепловтрат обумовлюють запровадження першочергових заходів щодо їх зменшення.

2.2 Розроблення енергозберігаючих заходів з економії ПЕР

2.2.1 Представлення енергозберігаючих заходів

За результатами проведених етапів енергетичного обстеження навчальних корпусів Лебединського медичного училища, був отриманий наступний основний висновок – найбільші витрати при експлуатації будівель обстежуваного об'єкту обумовлені споживанням теплової енергії та електричної енергії. Енергетична ефективність будівель, які обстежувались, з позиції збереження теплової енергії є дуже низькою. Враховуючи отримані результати енергетичного обстеження, які вказують на основні фактори зменшення енергетичної ефективності будівель, були розроблені першочергові енергозберігаючі заходи з метою зменшення витрат на споживання ПЕР.

Розроблені енергозберігаючі заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження у Лебединському медичному училищі:

фінансові, експлуатаційні, матеріально-технічні. Для кожного окремого навчального корпусу рекомендуються енергозберігаючі заходи, які є доцільними до впровадження.

Енергозберігаючі заходи в системі теплопостачання:

- **Встановлення зарядіаторних рефлекторних (тепловідбиваючих) екранів.** З метою зменшення втрат теплоти у довкілля через ділянки огорожувальних конструкцій за опалювальними приладами систем опалення, слід встановити зарядіаторні рефлекторні екрани із теплоізоляційного матеріалу завтовшки 5–10 мм, вкритого шаром алюмінієвої фольги. Такий захід запобігає втратам теплоти у довкілля і перевитратам теплоти опалювальними приладами за умови додержання чистої дзеркальної поверхні екрана протягом усього терміну експлуатації.
- **Утеплення огорожувальних конструкцій.** Огорожувальні конструкції навчальних корпусів мають недостатній опір теплопередачі (таблиця 2.2), тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення. Аналіз балансу втрат теплової енергії показує, що велика частка втрат тепла припадає на втрати через огорожувальні конструкції будівлі, такі як зовнішні стіни, перекриття горищ та віконні і дверні отвори. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій спеціальними матеріалами здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у навчальних корпусах і, відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. Фасад будівлі при цьому приймає оновлений та естетичний вигляд. Враховуючи умову, що будівля навчального корпусу «А» є архітектурною пам'яткою міста, змінювати історичний вигляд фасаду не дозволяється, тому утеплення зовнішніх стін цієї будівлі не рекомендується.
- **Ремонт та заміна віконних отворів.** Аналіз балансів теплової енергії показує, що велика частка втрат тепла у навчальних корпусах медичного

училища припадає на втрати через вікна. Тому заміна застарілих віконних конструкцій на нові більш енергозберігаючі, або проведення їх капітального ремонту, здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у будівлях і, відповідно, зменшити потужність системи опалення та платню за спожиту теплову енергію. Необхідно повністю демонтувати старі дерев'яні вікна та змонтувати нові металопластикові вікна з двокамерними енергозберігаючими склопакетами.

- **Встановлення повітряної (теплової) завіси на зовнішні двері.** Повітряні завіси призначені для поділу зон з різною температурою по різні боки відкритих входних дверей і воріт. За рахунок подачі високошвидкісного повітряного потоку утворюється «невидима завіса», що не дає теплому повітрю виходити назовні і не впускає холодне повітря в приміщення. У такий спосіб поліпшується внутрішній температурний режим, зникають протяги, значно знижуються тепловтрати, а отже, і витрати на обігрів. При закритих дверях повітряна завіса може працювати як тепловентилятор. Влітку повітряна завіса однаковою мірою також є енергозберігаючим устаткуванням, що забезпечує значне зниження витрат на кондиціонування приміщень. Даний захід рекомендується запровадити на дверному отворі корпусу «А» з боку внутрішньої території медичного училища.
- **Встановлення рекуператора теплоти в системі вентиляції.** Аналіз балансу теплової енергії показує, що значна частка втрат тепла (до 37%) у навчальному корпусі «А» припадає на втрати у системі витяжної вентиляції (див. рис.5.2). Тому встановлення рекуператора теплоти у системі вентиляції здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом по будівлі і, відповідно, зменшити потужність опалення та оплату за спожиту теплову енергію.

Енергозберігаючі заходи в системі освітлення:

1) Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

У навчальних корпусах широко використовуються люмінесцентні лампи типу T8, T10 з підключенням типу G13 (відстань між контактами 13 мм). Лампи такого типу бувають завдовжки 60, 90 мм.

Розміри світлодіодних ламп повністю повторюють розміри люмінесцентних ламп, тому для їх заміни не потрібні спеціальні світильники, а їх установку можна проводити у вже наявні. Особливістю встановлення світлодіодної лампи в світильник звичайної люмінесцентної лампи в тому, що для роботи світлодіодної лампи не потрібен пускорегулювальний апарат (ПРА), тобто ПРА необхідно виключити.

Переваги світлодіодних ламп:

- При включенні відразу ж працюють на повній яскравості.
- Надзвичайно низьке енергоспоживання (у п'ять разів менше ніж у люмінесцентних).
- Стійкість до перепадів напруги.
- Екологічно чисті (не містять токсичних речовин, таких як ртуть, і не потребують спеціальної утилізації).
- Тривалий термін служби (до 50000 годин) та збільшений термін гарантійного періоду.
- Стійкі до невеликих вібрацій і поштовхів.

Як варіант, пропонується використати досвід Сумського державного університету щодо модернізації існуючих світильників під світлодіоди.

2) Комбінування загального освітлення з місцевим освітленням

Місьцеве освітлення з використанням відповідних світильників, які встановлюються над освітлюваною площиною, має застосовуватися, коли освітленість від загального освітлення виявляється недостатньою. Наприклад, коли при навчальному процесі потрібно освітлювати окремі робочі місця, або коли у приміщенні висока стеля і загальне освітлення не спроможне створити необхідну освітлюваність на робочих місцях. Залежно від характеру виконуваних робіт встановлюють норми місцевої освітленості:

Робота за письмовим столом - 310 лк;

Креслення, малювання - 500 лк.

Для забезпечення норм місцевої освітленості мають використовуватися додатково настільні лампи, що дають можливість точно направляти додатковий світловий потік на освітлюваний предмет і захищати очі від прямого світла.

3) Улаштування зональної системи освітлення

Зональним називають роздільне використання освітлювальних приладів у системі загального освітлення. Таке освітлення може бути забезпечене також застосуванням спеціальних багатолампових світильників, у яких одна група ламп забезпечує місцеве (спрямоване вниз) освітлення, а інша - загальне (розсіяне) освітлення або повністю відключена. Обидві групи ламп можуть включатися незалежно. Застосування принципу зонального освітлення за допомогою комбінації загального і місцевого освітлення дозволяє використовувати менш потужні джерела світла і забезпечити економне витрачання електроенергії.

2.2.2 Розрахунковий аналіз енергозберігаючих заходів

Розрахунковий аналіз заходів в системі тепlopостачання:

1. Утеплення стін та горищного перекриття

У зв'язку з тим, що отримані результати ($R_{\Sigma \text{пр}} \ll R_{q \text{min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам (таблиця 2.2), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огорожувальних конструкцій спеціальними теплоізоляційними матеріалами.

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару δ_{ym} для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [11]:

$$\delta_{ym} = [R_{q \text{min}} - R_{\Sigma \text{пр}}] \cdot \lambda_{ym}, \quad (2.10)$$

де, λ_{ym} - теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м · К) [1];

$R_{\Sigma пр}$ - приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q \min}$ - нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт [1].

При запровадженні утеплення огорожувальних конструкцій теплоізоляційними матеріалами з визначеною товщиною, буде забезпечена нормативна вимога за величиною опору теплопередачі, що задовольнятиме умову $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min}$.

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал - пінополістирол марки ПСБ-С-25 з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ym}=0,043$ Вт/(м·К):

1. Товщина теплоізоляції стін лабораторного корпусу

$$\delta_{ym} = [3,3 - 1,01] \cdot 0,043 = 0,098 \text{ м}$$

Найближче більше стандартне значення товщини плит пінополістирольних, що є у продажу – 0,1 м.

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для горищного перекриття. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки Техноніколь (Мат Техно 50 мм (1000×50×8000) Теплоролл Утеплювач):

$$\delta_{ym} = [4,95 - 0,8] \cdot 0,042 = 0,174 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,2 м.

2. Товщина теплоізоляції стін навчального корпусу «Б»

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,81] \cdot 0,043 = 0,107 \text{ м}$$

Найближче стандартне значення товщини плит пінополістирольних, що є у продажу – 0,1 м.

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для горищного перекриття. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки Техноніколь (Мат Техно 50 мм (1000×50×8000) Теплоролл Утеплювач):

$$\delta_{ym} = [4,95 - 2,37] \cdot 0,042 = 0,108 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,15 м.

3. Товщина теплоізоляції стін будівлі спорткомплексу

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,8] \cdot 0,043 = 0,108 \text{ м}$$

Найближче стандартне значення товщини плит пінополістирольних, що є у продажу – 0,1 м.

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для горищного перекриття. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки Техноніколь (Мат Техно 50 мм (1000×50×8000) Теплоролл Утеплювач):

$$\delta_{ym} = [4,95 - 1,04] \cdot 0,042 = 0,164 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,2 м.

Економічний ефект від утеплення огорожувальних конструкцій за опалювальний період розраховується за середньорічним показником температури:

$$Q_{\text{Ек.рік}} = F \cdot (1/R_{\Sigma \text{пр}} - 1/R_{\text{qmin}}) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 8,6 \times 10^{-7}, \text{ Гкал} \quad (2.11)$$

де $R_{\Sigma пр}$ - приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (таблиця 1.3);

$R_{q \min}$ - нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції після теплоізоляції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [1];

F – площа огорожувальної конструкції, яка утеплюється, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ - внутрішня температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ср.оп}}$ - середньорічна температура опалювального сезону, $^{\circ}\text{C}$;

n - кількість днів опалювального сезону.

1. Економічний ефект від утеплення лабораторного корпусу

- для зовнішніх стін

$$Q_{\text{Ек.рік}} = 395,6 \cdot (1/1,01 - 1/3,3) \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 160 \cdot 24 \cdot 8,6 \times 10^{-7} = 17,41 \text{ Гкал}$$

- для горищного перекриття

$$Q_{\text{Ек.рік}} = 462,2 \cdot (1/0,8 - 1/4,95) \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 160 \cdot 24 \cdot 8,6 \times 10^{-7} = 31,0 \text{ Гкал}$$

2. Економічний ефект від утеплення навчального корпусу «Б»

- для зовнішніх стін з висотою приміщень 2,3 м

$$Q_{\text{Ек.рік}} = 574,08 \cdot (1/0,81 - 1/3,3) \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 160 \cdot 24 \cdot 8,6 \times 10^{-7} = 34,4 \text{ Гкал}$$

- для горищного перекриття

$$Q_{\text{Ек.рік}} = 832,4 \cdot (1/2,37 - 1/4,95) \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 160 \cdot 24 \cdot 8,6 \times 10^{-7} = 10,8 \text{ Гкал}$$

$$1 \text{ Гкал} = 1938,49 \text{ грн}$$

Через те, що ми не можемо достовірно знати скільки буде використано матеріалів та саму технологію встановлення стін, то наведемо орієнтовний кошторис по термореновації покрівлі та стін, для того, щоб розрахувати прости термін окупності.

Таблиця 2.5 – Орієнтовний кошторис по термореновації покрівлі та стін

Найменування робіт	Габарити матеріалу	Кількість	Ціна, грн. за м ² ; шт.	Ціна, грн.
Роботи з утеплення		Покрівля та стіни	50,00	113214
Базальтова вата Марка «ROCKWOOL» Multirock Roll 100 мм	1 шт на 3,66 м ²	492 упаковок	169,33	83310,36
Базальтова вата Марка «ROCKWOOL» Multirock Roll 150 мм	1 шт на 3,66 м ²	127 упаковок	382,4	48564,8
ПВХ мембрана EP/PR 1.5, армована	20 x 2,1 м	31 рулони	200,00	4650
Пароізоляційна мембрана «JUTA» H110	1,5 x 50 м	26 рулони	199,8	5194,8
Дюбель 200 мм	5 шт на 1 м ²	452 шт.	4,95	2238
Скловітка «Masternet» 5x5мм,	1 рулон на 50 м ²	50	150	7500
Штукатурна суміш стартова цементно-вапняна «BaumitMP 25»	0,3кг на 1 м ²	679 кг	784 грн/ 25 кг	6393
Всього, грн.	271065			

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$T = \frac{C_{\text{впрров}}}{\Delta E} \quad (2.12)$$

$$\Delta E = 17,41 \text{Гкал} + 31,0 \text{Гкал} + 34,4 \text{Гкал} + 10,8 \text{Гкал} = 93,61 \text{Гкал} * 1938,49 \text{ грн} = 181462 \text{ грн}$$

$$T = \frac{271065}{181462} = 1,5 \text{ роки.}$$

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

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

Визначаємо рентабельність з прибутку R_p за формулою (2.13) [15-16]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (2.13)$$

де Π – прибуток, грн;

B – поточні витрати, тис. грн;

K – капітальні витрати, тис. грн;

T – останній рік розрахункового періоду, рік;

t – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 181462/271065 = 0,66.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (2.14) [15-16]:

$$T_{д.ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (2.14)$$

де E – ставка дисконтування, частка од.;

D – дохід, тис. грн

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

Зі ставкою дисконтування термін окупності проекту становить:

$$T_{д.ок} = 271065 \cdot (1 + 0,25)/181462 = 1,9 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (2.15) [15-16]:

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (2.15)$$

де C_0 – величина інвестицій, грош. од.;

ΔE – грошовий потік, грош. од.;

E – ставка дисконтування, %;

n – кількість років.

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

Термін служби матеріалу 30 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху базальтовою ватою

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, ΔE , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	271064,96	-	-
1		181462	-125895,36
2		181462	116135,68
3		181462	92908,54
4		181462	74326,84
5		181462	59461,47
6		181462	47569,17
7		181462	38055,34
8		181462	30444,27
9		181462	24355,42
10		181462	19484,33
11		181462	15587,47
12		181462	12469,97

13		181462	9975,98
14		181462	7980,78
15		181462	6384,63
16		181462	5107,70
17		181462	4086,16
18		181462	3268,93
19		181462	2615,14
20		181462	2092,11
21		181462	1673,69
22		181462	1338,95
23		181462	1071,16
24		181462	856,93
25		181462	685,54
26		181462	548,44
27		181462	438,75
28		181462	351,00
29		181462	280,80
30		181462	224,64
Ставка дисконтування			25%
NPV			453884,48

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

Встановлення зарядіаторних рефлекторних (теповідбиваючих) екранів

Розрахунок представлено для одного опалювального приладу – чавунний секційний радіатор типу МС-140 на 8 секцій (висота 0,6 м, довжина 0,8 м). У якості рефлектора обирається фольгоізол товщиною 5 мм і коефіцієнтом теплопровідності 0,046 Вт/(м·К). В залежності від запланованої кількості модернізованих місць за опалювальними приладами, загальний результат економії витрат теплової енергії від

впровадження даного енергозберігаючого заходу буде дорівнювати добутку їх кількості на величину економії від одного модернізованого місця. Розрахунок представлено на прикладі лабораторного корпусу, бо у ньому використовуються тільки чавунні секційні радіатори типу МС-140.

Річні втрати теплоти крізь стіни, без встановлених рефлекторних екранів, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{стн}} = \frac{F_{\text{стн}}}{R_{\Sigma\text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.р}}) \cdot 1,05 \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3} \quad (2.16)$$

$F_{\text{стн}}$ – розрахункова площа зовнішніх стін по периметру опалювального приладу, м²;

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт;

$t_{\text{в}}$ – внутрішня температура приміщення, °C;

$t_{\text{ср.р}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °C.

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

$$Q_{\text{стн}} = \frac{(0,8 \cdot 0,6)}{1,01} \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 1,05 \cdot 24 \cdot 160 \cdot 10^{-3} = 37,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Сумарний тепловий опір стін та рефлекторів, м²·°C/Вт

$$R_{\text{сум}} = R_{\Sigma\text{пр}} + R_{\text{р}} \quad (2.17)$$

де $R_{\text{р}}$ – величина опору теплопередачі рефлекторного екрану, м²·°C/Вт.

$$R_{\text{сум}} = 1,01 + 0,005/0,046 = 1,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Економія теплової енергії за рік за рахунок зменшення теплопередачі крізь стіни при встановленні рефлекторних тепловідбиваючих екранів, кВт·год/рік

$$Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік1}} = Q_{\text{СТН}}^{\text{рік}} \cdot \left(\frac{F_p}{F_{\text{СТН}}}\right) \cdot \left(1 - \frac{R_{\Sigma\text{ПР}}}{R_{\text{СУМ}}}\right) \quad (2.18)$$

де F_p – розрахункова величина площі рефлекторного екрану, м². Приймається як площа опалювального приладу в межах його периметру, збільшена у 1,2...1,5 рази.

$$Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік1}} = 39,3 \cdot \left(\frac{0,6}{0,48}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,01}{1,12}\right) = 4,8 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Зменшення теплового потоку, який передається поверхні стіни шляхом випромінювання, визначається як різниця енергій випромінювання для випадку відсутності рефлекторного екрану за опалювальним пристроєм (до впровадження заходу) та для випадку його встановлення (після впровадження заходу), і визначається за наступною формулою, Вт:

$$Q_{\text{випр}} = C_s \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \cdot F_p \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_1^{-1} + \varepsilon_{2,1}^{-1} - 1} - \frac{1}{\varepsilon_1^{-1} + \varepsilon_{2,2}^{-1} - 1} \right) \quad (2.19)$$

де $C_s = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

T_1 – розрахункова температура поверхні опалювального приладу (осереднена за результатами вимірювання – 56⁰С), К;

T_2 – розрахункова температура стіни за опалювальним пристроєм (приймається, як $T_1/1,2$), К;

ε_1 – ступінь чорноти радіатора (пофарбовано у білий колір), дорівнює 0,1;

ε_2 – ступінь чорноти поверхні за радіатором: стіни (світла фарба) дорівнює – $\varepsilon_{2,1}=0,2$; ступінь чорноти тепловідбивача (рефлекторного екрану) – $\varepsilon_{2,2}=0,01$.

$$Q_{\text{випр}}^{\text{ЕК}} = 5,7 \cdot \left[\left(\frac{329}{100}\right)^4 - \left(\frac{274}{100}\right)^4 \right] \cdot 0,576 \cdot \left(\frac{1}{0,1^{-1} + 0,2^{-1} - 1} - \frac{1}{0,1^{-1} + 0,01^{-1} - 1} \right) = 12,4 \text{ Вт}$$

Річна економія теплової енергії за рахунок зменшення випромінювання, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік2}} = Q_{\text{випр}}^{\text{ЕК}} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік2}} = 12,4 \cdot 160 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 47,62 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річна економія теплової енергії від впровадження заходу з установавання рефлекторного екрану за опалювальними приладами, кВт·год/рік, складе:

$$\Delta Q_{\text{екр}}^{\text{ЕК.рік}} = Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік1}} + Q_{\text{ЕК}}^{\text{рік2}} \quad (2.21)$$

$$\Delta Q_{\text{екр}}^{\text{ЕК.рік}} = 4,8 + 47,62 = 52,42 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \text{ або } \Delta Q_{\text{екр}}^{\text{ЕК.рік}} = 0,045 \text{ Гкал/рік}$$

Ремонт та заміна віконних отворів

Розрахунок ведеться для випадку заміни всіх віконних отворів у навчальному корпусі. Величина економії теплової енергії розраховується для умов середньозимової температури для даного регіону. Заміну пошкодженого віконного отвору з деревени рекомендується провести на нові металопластикові вікна. Для впровадження рекомендується вікно з ПВХ, з двокамерним склопакетом, міжскляною відстанню 12 мм, опором теплопередачі $0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [1]. Конструкція сучасного віконного отвору має якісне ущільнення, тому можлива величина інфільтрації повітря крізь нього дуже мала, у розрахунках нею можна знехтувати.

1. Розрахунок економії теплової енергії від заміни вікон у лабораторному корпусі

Тепловтрати крізь віконні отвори у будівлі лабораторного корпусу до впровадження енергозберігаючого заходу складають (див. таблиця 2.1):

$$Q_{\text{ВКН}}^1 = Q_{\text{ВКН}} + Q_{\text{ВКН}}^{\text{інф}} = 9,548 + 5,374 = 14,922 \text{ кВт}$$

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть згідно формули (2.3):

$$Q_{\text{ВКН}}^2 = \frac{92,74}{0,58} (18 - (-1,4)) \times 10^{-3} = 3,102 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон:

$$\Delta Q_{\text{ВКН}} = (Q_{\text{ВКН}}^1 - Q_{\text{ВКН}}^2) \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \quad (2.22)$$

$$\Delta Q_{\text{ВКН}} = (14,922 - 3,102) \cdot 160 \cdot 24 = 45389 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

або

$$\Delta Q_{\text{ВКН}} = 45389 \times 8,6 \times 10^{-4} = 39 \text{ Гкал/рік}$$

2. Розрахунок економії теплової енергії від заміни віконних отворів у будівлі навчального корпусу «А»

Тепловтрати крізь віконні отвори у будівлі навчального корпусу «А» до впровадження енергозберігаючого заходу складають (див. таблиця 1.2):

$$Q_{\text{ВКН}}^1 = Q_{\text{ВКН}} + Q_{\text{ВКН}}^{\text{інф}} = 22,37 + 12,59 = 34,96 \text{ кВт}$$

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть згідно формули (1.2):

$$Q_{\text{ВКН}}^2 = \frac{218,24}{0,58} (18 - (-1,4)) \times 10^{-3} = 7,3 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон (2.22):

$$\Delta Q_{\text{ВКН}} = (34,96 - 7,3) \cdot 160 \cdot 24 = 106214,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

або

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = 106214,4 \times 8,6 \times 10^{-4} = 91 \text{ Гкал/рік}$$

2. Розрахунок економії теплової енергії від заміни віконних отворів у будівлі навчального корпусу «Б»

Тепловтрати крізь віконні отвори у навчальному корпусі «Б» до впровадження енергозберігаючого заходу складають (див. таблиця 2.3):

$$Q_{\text{вкн}}^1 = Q_{\text{вкн}} + Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 7,3 + 2,3 = 9,6 \text{ кВт}$$

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть згідно формули (2.3):

$$Q_{\text{вкн}}^2 = \frac{38,72}{0,58} (18 - (-1,4)) \times 10^{-3} = 1,3 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон (2.22):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = (9,5 - 1,3) \cdot 160 \cdot 24 = 31488 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

або

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = 31488 \times 8,6 \times 10^{-4} = 27 \text{ Гкал/рік}$$

3. Розрахунок економії теплової енергії від заміни віконних отворів у будівлі навчального корпусу «Д»

Тепловтрати крізь віконні отвори у будівлі навчального корпусу «Д» до впровадження енергозберігаючого заходу складають (див. таблиця 2.4):

$$Q_{\text{вкн}}^1 = Q_{\text{вкн}} + Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 3,1 + 1,73 = 4,83 \text{ кВт}$$

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть згідно формули (2.3):

$$Q_{\text{вкн}}^2 = \frac{29,94}{0,58} (18 - (-1,4)) \times 10^{-3} = 1 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон (2.22):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = (4,83 - 1) \cdot 160 \cdot 24 = 14707,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

або

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = 14707,2 \times 8,6 \times 10^{-4} = 12,6 \text{ Гкал/рік}$$

4. Розрахунок економії теплової енергії від заміни віконних отворів у будівлі спорткомплексу

Тепловтрати крізь віконні отвори у будівлі спорткомплексу до впровадження енергозберігаючого заходу складають (див. таблиця 2.5):

$$Q_{\text{вкн}}^1 = Q_{\text{вкн}} + Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 12,44 + 7,0 = 19,44 \text{ кВт}$$

Для приміщення спортзали з баскетбольним майданчиком рекомендується зменшити площу віконних отворів у кількості 5 шт з розміру 4,9×3,5 м до розміру 3,5×3,5 м. Таким чином, загальна площа всіх віконних отворів будівлі спорткомплексу складе 96,88 м². Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть згідно формули:

$$Q_{\text{вкн}}^2 = \frac{96,88}{0,58} (18 - (-1,4)) \times 10^{-3} = 3,2 \text{ кВт}$$

Зменшення річних втрат теплоти після заміни вікон (2.22):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = (19,44 - 3,2) \cdot 160 \cdot 24 = 62361,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

або

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = 62361,6 \times 8,6 \times 10^{-4} = 53,6 \text{ Гкал/рік}$$

Через те, що ми не можемо достовірно знати скільки буде використано матеріалів та саму технологію встановлення вікон, то наведемо орієнтовний кошторис по заміні вікон, для того щоб розрахувати прости термін окупності.

Таблиця 2.7 – Кошторис по заміні вікон

Найменування робіт	Кількість	Ціна, грн.	Ціна, грн.
Робота по встановленню	44	230/1 вікно	10120
Двокамерне ПВХ вікно	44	4487	110000
Монтажна піна (балончиків)	44	150	6600
Паропроникна ущільнена стрічка	10 рулонів по 30 м	350	3500
Кріпильні елементи (Дюбель, анкера, саморізи)	-	-	10000
Всього, грн.			140220

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$T = \frac{C_{\text{впр}}}{\Delta E} \quad (2.23)$$

$$\Delta E = 39\text{Гкал} + 91\text{Гкал} + 27\text{Гкал} + 12,6\text{Гкал} + 53,6\text{Гкал} = 223,2\text{Гкал} * 1938,49\text{грн} \\ = 432671 \text{ грн}$$

$$T = \frac{140220}{432671} = 0,3 \text{ роки.}$$

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

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

Визначаємо рентабельність з прибутку R_p за формулою (2.24) [15-16]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (2.24)$$

де Π – прибуток, грн;

B – поточні витрати, тис. грн;

K – капітальні витрати, тис. грн;

T – останній рік розрахункового періоду, рік;

t – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 432671/140220 = 3.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (2.25) [15-16]:

$$T_{\text{д.ок}} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (2.25)$$

де E – ставка дисконтування, частка од.;

D – дохід, тис. грн

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

Зі ставкою дисконтування термін окупності проекту становить:

$$T_{\text{д.ок}} = 140220 \cdot (1 + 0,25) / 432671 = 0,4 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (2.26) [15-16]:

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (2.26)$$

де C_0 – величина інвестицій, грош. од.;

ΔE – грошовий потік, грош. од.;

E – ставка дисконтування, %;

n – кількість років.

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

Термін служби ПВХ за виробником становить 15 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху базальтовою ватою

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, ΔE , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	140220	-	-
1		432670,968	205916,77
2		432670,968	276909,42
3		432670,968	221527,54
4		432670,968	177222,03
5		432670,968	141777,62
6		432670,968	113422,10
7		432670,968	90737,68
8		432670,968	72590,14
9		432670,968	58072,11
0		432670,968	46457,69
1		432670,968	37166,15
2		432670,968	29732,92
3		432670,968	23786,34
4		432670,968	19029,07
5		432670,968	15223,26
Ставка дисконтування			25%
NPV			1529570,8

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

Встановлення повітряної (теплової) завіси на зовнішні двері

Розрахунок представлений для вхідних дверей розмірами $1,6 \times 2,0$ м. З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що надходить через відкриті двері будівлі навчального корпусу «А» без повітряної завіси, кг/с, визначається рівнянням [12]:

$$G_{\text{вр}} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c \quad (2.27)$$

де: B і H – відповідно ширина – 1,6 м та висота дверей – 2 м;

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8);

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас, кг/м^3 ;

v – швидкість вітру під кутом до дверей (І зона – 2 м/с) [1];

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (для нормальних умов $\rho_{\text{н}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})]} \quad (2.28)$$

$t_{\text{ср.оп}}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – внутрішня температура приміщень будівлі – 18°C ;

$$\Delta\rho = \rho_{\text{н}} - \rho_c = 1,3 - \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (18 - (-1,4))]} = 0,05 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{\text{вр}} = 1,6 \cdot 2 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 2 \cdot 0,05 / 1,25) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 2] \cdot 1,25 = 1,4 \text{ кг/с}$$

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що надходить у ворота або двері без повітряної завіси, кВт, визначається за формулою:

$$Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} = G_{\text{вр}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}}) \cdot k_{\text{в}} \quad (2.29)$$

де: c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{С}$;

k_b – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години (відношення сумарної кількості хвилин на відкривання за годину до кількості хвилин у годину $k_b=15/60=0,25$).

$$Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} = 1,4 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-1,4)) \cdot 0,25 = 6,8 \text{ кВт}$$

Теплова потужність, яка необхідна для нагрівання повітря, яке надходить у ворота або двері з працюючою повітряною завісою, кВт, визначається за формулою:

$$Q_{\text{вр}}^3 = G_{\text{вр}}^3 \cdot c \cdot (t_b - t_{\text{ср}}) \cdot k_b \quad (2.30)$$

де: $G_{\text{вр}}^3$ – масова витрата повітря, що надходить у приміщення при діючій завісі, кг/с:

$$G_{\text{вр}}^3 = k_q^3 \cdot G_{\text{вр}} \quad (2.31)$$

де k_q^3 – коефіцієнт витрати повітря через двері, які захищені тепловою завісою (для практичних розрахунків середнє значення дорівнює $0,4$);

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря, яке надходить у приміщення при встановленій повітряній завісі, $^{\circ}\text{С}$, визначається за формулою:

$$t_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{вр}}^3 \cdot t_{\text{ср.оп}} + G_3 \cdot t_{\text{звс}}}{G_{\text{вр}}^3 + G_3} \quad (2.32)$$

$t_{\text{звс}}$ – температура повітря, що подається завісою, $^{\circ}\text{С}$ (якщо повітря забирається вентилятором з приміщення, то $t_{\text{звс}} = t_b$);

G_3 – масова витрата повітря, що створюється завісою, кг/с:

$$G_3 = q \cdot G_{\text{вр}} \quad (2.33)$$

де q – коефіцієнт відносної витрати повітря завісою (для практичних розрахунків середнє значення дорівнює $q=0,35$).

$$G_{\text{вр}}^3 = 0,4 \cdot 0,9 = 0,36 \text{ кг/с} \quad G_3 = 0,35 \cdot 0,9 = 0,315 \text{ кг/с}$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{0,36 \cdot (-1,4) + 0,315 \cdot 18}{0,36 + 0,315} = 7,7^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{вр}}^3 = 0,36 \cdot 1,005 \cdot (18 - 7,7) \cdot 0,25 = 0,93 \text{ кВт}$$

Зменшення втрат теплоти на нагрівання повітря, яке надходить усередину приміщення при застосуванні повітряної завіси складе, кВт:

$$\Delta Q_{\text{вр}}^3 = Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} - Q_{\text{вр}}^3 = 6,8 - 0,93 = 5,9 \text{ кВт} \quad (2.34)$$

Річна економія теплоти після встановлення теплової завіси, Гкал/рік:

$$Q_{\text{вр}}^{\text{ЕК.рік}} = \Delta Q_{\text{вр}}^3 \cdot n_{\text{р.г}} \cdot n_{\text{р.п}} \cdot 8,6 \times 10^{-4} \quad (2.35)$$

де $n_{\text{р.г}}$ – тривалість періоду роботи повітряної завіси за добу – 8 годин;

$n_{\text{р.п}}$ – тривалість робочого періоду у приміщенні за період листопад-лютий – 120 діб.

$$Q_{\text{вр}}^{\text{ЕК.рік}} = 5,9 \cdot 8 \cdot 120 \cdot 8,6 \times 10^{-4} = 4,9 \text{ Гкал/рік}$$

Розрахунковий аналіз заходів в системі освітлення

Модернізація приладів освітлення шляхом заміни люмінесцентних світильників на світлодіодні

Розрахунок представлено для одного освітлювального приладу. В залежності від запланованої кількості світильників, які будуть модернізовані, загальна економія

електричної енергії від впровадження даного енергозберігаючого заходу буде дорівнювати добутку їх кількості на величину економії від одного модернізованого світильника.

Вихідні дані для розрахунку:

Тривалість навчального процесу – 250 діб.

$(365 - 10(\text{святкові}) - 52(\text{тижні}) - 54(\text{липень-серпень}) + 1(24.08) = 250)$;

Тривалість робочого-навчального дня – 10 годин. До уваги беруться коридори та аудиторії у яких освітлення необхідно впродовж усього робочого часу (з 07.30 до 17.30, або з 08.15 до 17.55).

Тривалість використання освітлення за рік: $250 \times 10 = 2500$ годин/рік.

Таблиця 2.9 – Вихідні розрахункові дані для двох типів світильників

Найменування робіт	Кількість	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Люмінесцентні	148	29	4292
Світлодіодні	52	50	2600
Вартість утилізації люмінесцентних ламп	148		1533,96
Всього, грн.			8425,96

Економія за рахунок зменшення споживання електроенергії за рік:

$$(100-30) \times 2500 \times 10^{-3} = 175 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{рік} \text{ або } 175 \times 1,68 = 294 \text{ грн.} / \text{рік}$$

Вартість утилізації та закупки нових люмінесцентних ламп:

$$(1533,96 + 4292) = 5825,96 \text{ грн.}$$

Оскільки утилізація та закупка нових ламп необхідна раз на два роки, то можлива економія за рік становить: $5825,96 \div 2 = 2912,98$ грн./рік.

Тоді сумарна економія за рік:

$$294+2912,98 = 306,98 \text{ грн./рік}$$

Простий термін окупності: $8425,96 \div 3206,98 = 2,6$ року.

3.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають при експлуатації теплогенеруючого обладнання навчального закладу

Так як, на досліджуваному об'єкті є гаряче обладнання, висока температура поверхні, то слід дбати про термічну безпеку. Основними методами попередження прояву та боротьби з термічними факторами є застосування обладнання у пожежо- та вибухобезпечному варіанті, автоматичних систем попередження пожежі та спеціальних засобів гасіння [6].

На об'єкті є система освітлення, яка передбачає :

- заміну старих ламп на нові;
- чистка світильників;
- експлуатація вимикачів;
- експлуатація електричних розеток;

Ці фактори впливають на електричну безпеку всього об'єкта та передбачають на випадкове враження електричним струмом.

Головними причинами електротравматизму є:

- недостатній рівень знань, несвоєчасна перевірка знань персоналу, який обслуговує електроустановки;
- порушення правил пристрою, технічної експлуатації та техніки безпеки електрообладнання;
- неправильна організація праці;
- неправильне розташування пускової апаратури і розподільних пристроїв, захарашуваність підходів до них;
- несправність ізоляції, через що металеві неструмоведучі частини обладнання опиняються під напругою;
- використання електрозахисних пристроїв, що не відповідають умовам виконання робіт;
- виконання електромонтажних і ремонтних робіт під напругою;
- недооцінка необхідності виключення електрообладнання (зняття напруги) в неробочі періоди;

– виконання робіт без засобів індивідуального електрозахисту або використання захисних засобів, що не пройшли чергове випробування.

До основних заходів захисту від ураження електричним струмом відносять:

- 1) застосування малих напруг і електричний поділ мереж;
- 2) контроль ізоляції;
- 3) захисне заземлення;
- 4) захисне відключення;
- 5) захист від випадкового дотику до струмоведучих частин;
- 6) вирівнювання потенціалів [7].

Під час проведення енергетичного аудиту Лебединського медичного училища імені професора М.І.Сітенка використовувались наступні вимірювальні прилади:

- універсальний вимірник температури та вологості повітря;
- тепловізор;

Результати вимірювання температури у приміщеннях, у яких проводилося енергетичне обстеження представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювання температури

Назва приміщення	Середня температура у приміщенні, °С
Головний учбовий корпус (корпус А)	
Коридор 1-го поверху	16,8
Приймальна директора медучилища	15,4
Кабінет заступника директора	14,7
Аудиторія №5	20,4
Аудиторія №4	20,0
Методичний кабінет	19,5
Кабінет бухгалтерії	19,8
Аудиторія №1	19,4
Викладацька	18,3
Аудиторія №2	19,1
Кабінет зав. Відділенням	17,5

Назва приміщення	Середня температура у приміщенні, °С
Коридор 2-го поверху	17,6
Кабінет інформатики (підсобна кімната)	16
Кабінет інформатики (основна аудиторія)	19,4
Аудиторія №10	18,1
Аудиторія №6	18,7
Аудиторія №9	19,5
Аудиторія №12	17,7
Кабінет зав. Практики	16,8
Кімната ради самоврядування	17,6
Актова зала	14,5
Аудиторія №11 (цокольний поверх)	17,6
Тренажерна зала	11,0
Навчальний корпус Б	
Кабінет хірургії	10,5
Кабінет фармакології	16,0
Кабінет української мови	16,2
Кабінет хімії і біології	18,2
Кабінет фізики	18,9
Бібліотека	
Читальна зала	17,0
Лабораторний корпус	
Кабінет шкірних та венеричних захворювань	17,5
Лекційна кімната	19,0
Кабінет інфекційних хвороб	20,0
Кабінет хірургії	19,5
Допоміжна кімната хірургії	19,8
Навчальна кімната з хірургії	17,2
Кабінет медсестринства в хірургії	16,0
Роздягальня	18,2

Назва приміщення	Середня температура у приміщенні, °С
Кабінет доклінічної педіатрії	18,1
Викладацька	17,0
Комп'ютерна кімната	16,3
Кабінет доклінічного акушерства	18,5

За отриманими результатами вимірювання температури повітря у навчальних та робочих приміщеннях можна зробити наступні висновки:

1. У більшості приміщень головного навчального корпусу «А» температура повітря не відповідає сучасним вимогам за температурними показниками [1]. Згідно чинних нормативних вимог, температура у навчальних приміщеннях повинна бути 20–22⁰С. Основними факторами, які спричиняють таку ситуацію, є незадовільний стан віконних конструкцій, крізь які у приміщення інфільтрується велика кількість холодного повітря; та значна висота аудиторій, що спричиняє накопичення нагрітого повітря під стелею на висоті більше трьох метрів.

2. У приміщеннях навчального корпусу «Б» температура нижча від нормованої, навіть при задовільній роботі системи опалення, внаслідок порушення щільності конструктивних елементів віконних отворів, що спричиняє інфільтрацію холодного повітря, величина теплонадходження менша величини тепловтрат.

3. У навчальних приміщеннях лабораторного корпусу ситуація з температурним режимом аналогічна до ситуації у корпусах «А» та «Б».

Більш детальне виявлення причин втрат теплоти, що надходить від системи опалення, проведене тепловізійним обстеженням [2].

На досліджуваному об'єкті провели аналіз системи освітлення.

Для визначення освітленості у навчальних та робочих приміщеннях медичного училища було використано фотометр цифровий ТЕС0693 (рис. 3.1). Він використовується для вимірювання як природної так і штучної освітленості.



Рисунок 3.1 – Фотометр цифровий ТЕС0693

Результати вимірювання штучної освітленості у навчальних та робочих приміщеннях наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати вимірювання фотометром цифровим ТЕС 0693

Приміщення	Величина освітленості приміщень, Лк					
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Осередне на величина	Норматив ний показник
Перший поверх головного корпусу						
Кабінет №11	103,9	132	137		124,3	400
Кабінет заступника директора	118	143	127		129,33	300
Приймальня	198	174			186	300
Завідуючий відділом	143	144			143,5	300
Кабінет №4	212	221	122	153	177	400
Кабінет №2	64	82			73	400
Викладацька	117	112	114		114,33	300
Методичний кабінет	181	235	178		198	300
Бухгалтерія	153	172	235	132	173	300
Кабінет №5	137	135	86	132	122,5	400
Другий поверх головного корпусу						
Кабінет №6	145	210	193	158	176,5	400

Приміщення	Величина освітленості приміщень, Лк					
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Осередне на величина	Норматив ний показник
Кабінет №9	177	224	256	190	211,75	400
Кабінет №10	116	117	78	68	94,75	400
Кабінет №12	140	113	215	158	156,5	400
Комп'ютерна кімната 1	185	40	25	20	67,5	400
Комп'ютерна кімната 2	2	73	69	50	48,5	400
Актова зала	146	125	100	158	132,25	200
Гридерна кімната	43	75	77		65	300
Кабінет завідуючого практики	113	132	87		110,67	300
Інші навчальні корпуси та їх приміщення						
Бібліотека	167	161	186	176	172,5	400
Кабінет фармакології	330	121	362	218	257,75	400
Кабінет №14	198	232	297	66	198,25	400
Кабінет української мови №16	52	151	55	133	97,75	400
Кабінет №17	199	249	145		197,67	400
Кабінет хімії	172	227	143	132	168,5	400
Кабінет фізики	219	135	104		152,67	400

Беручи до уваги результати інструментального обстеження системи освітлення навчальних та робочих приміщень медичного училища (табл. 3.2), керуючись Державними нормативними вимогами щодо забезпечення необхідних показників з належної експлуатації такої системи [4], можна зробити наступні висновки:

1. Керуючись вимогами ДБН В.2.5-28:2006 [4], згідно п.3.4 «а) ... Освітленість від системи загального освітлення повинна складати не менше 200 лк при розрядних лампах і 100 лк при лампах розжарювання» - можна стверджувати, що система освітлення не відповідає нормативним вимогам, і потребує модернізації.

2. По окремих типах приміщень, які обстежувались, керуючись нормативними вимогами [4]: «Таблиця К.І - Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових, допоміжних будинків: Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти: поз.13. Аудиторії навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і вищих навчальних закладах: на робочих столах і партах – 400 Лк; поз 14. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки: на робочих столах і партах – 400 Лк; поз 20. Актові зали, кіноаудиторії – 200 Лк; поз 22. Кабінети й кімнати викладачів – 300 Лк; поз 23. Рекреації – 150 Лк.», можна стверджувати, що освітленість робочих зон приміщень навчального закладу не відповідає встановленим нормативним вимогам.

3. При проведенні інструментального обстеження було виявлено, що при повністю працюючих світильниках у навчальних приміщеннях головного корпусу, спостерігається недостатній рівень освітленості. Це обумовлене головним чином тим, що приміщення мають високі стелі (за висотою більше трьох метрів) і світловий потік втрачає свою інтенсивність при досягненні поверхонь робочих місць.

4. Також, у переважній кількості приміщень не впроваджене зональне освітлення. При використанні у навчальному процесі невеликої частини площі приміщення - освітлюється все приміщення, тобто і та площа, яка не задіяна у робочому процесі, це не відповідає вимогам [4] «п.3.8. При суміщеному освітленні навчальних і навчально-виробничих приміщень шкіл, шкіл-інтернатів, професійно-технічних і середніх спеціальних навчальних закладів слід передбачати роздільне включення рядів світильників, розташованих паралельно світловим прорізам.»

3.2 Вимоги персоналу під час експлуатації теплогенеруючого обладнання

На кожному підприємстві необхідно розробити і довести до відома всіх працівників плани ліквідації аварій і пожеж та евакуації працівників на випадок пожежі або аварійної ситуації. Плани ліквідації аварій і пожеж повинні враховувати небезпечні особливості палива (вугілля, газу, мазуту, замінників), що використовується на електростанціях і в теплових мережах [13].

Надійна і безпечна робота теплогенного обладнання промислових підприємств багато в чому залежить від якості підготовки обслуговуючого персоналу і систематичної роботи з ним. Фахівці повинні мати відповідне їх посади освіту, а робітники - підготовку в обсязі вимог кваліфікаційних характеристик. З метою попередження аварійності та травматизму в організації слід систематично проводити роботу з персоналом, спрямовану на підвищення його виробничої кваліфікації.

З управлінським персоналом і фахівцями (інженерно-технічними працівниками) котельні або котельного цеху ТЕС повинні обов'язково проводитися:

- вступний і цільовий інструктаж з безпеки праці;
- перевірка знань правил, норм з охорони праці, ПТЕ, правил пожежної безпеки;

Підготовка персоналу ведеться, як правило, у навчальних кабінетах або професійно – технічних училищах.

У процесі стажування для підготовки за новою посади, або при перерві в роботі за фахом понад 6 місяців працівник повинен ознайомитися з обладнанням, апаратурою, схемами і т. п. організації відповідно до програми, затвердженої керівником організації. У ході виробничого навчання за новою посадою працівник повинен вивчити: нормативно-технічні документи з експлуатації теплових енергоустановок; правила техніки безпеки (ПТБ) та інші спеціальні правила, якщо це потрібно при виконанні роботи; посадові, експлуатаційні інструкції та інструкції з охорони праці, плани (інструкції) ліквідації аварій, аварійних режимів; будову та принцип дії технічних засобів безпеки, засобів протиаварійного захисту; будову та принцип дії устаткування, контрольно-вимірювальних приладів і засобів управління.

Крім того, працівник повинен придбати практичні навички користування засобами захисту, засобами пожежогасіння та надання першої допомоги потерпілим при нещасному випадку, а також управління тепловими енергоустановками.

Перевірка знань персоналу буває первинна, а також періодична - чергова і позачергова. Первинною перевірці піддається обслуговуючий і ремонтний персонал після виробничого навчання перед дублюванням на робочому місці під наглядом і керівництвом найбільш досвідченого працівника. Допуск до дублювання і термін

його закінчення (зазвичай дублювання триває від двох до чотирьох тижнів) оформляється розпорядженням.

Періодичної чергової перевірки знань щорічно піддаються робітники, які безпосередньо обслуговують теплові енергоустановки або зайняті їх налагодженням, регулюванням, випробуваннями, які виконують на них монтажні та ремонтні роботи. Знання інженерно-технічних працівників, які належать до оперативного персоналу, також піддаються щорічній перевірці. Решта інженерно-технічні працівники, пов'язані з експлуатацією та ремонтом обладнання, здають іспит не рідше 1 разу на 3 роки.

Позачерговій перевірці знань можуть бути піддані робітники та інженерно-технічні працівники, які допустили порушення правил технічної безпеки або виробничих і посадових інструкцій. Крім того, позачергова перевірка знань проводиться при введенні в дію нових або перероблених норм і правил, встановлення нового обладнання, реконструкції або зміні головних технологічних схем.

Обслуговуючому персоналу необхідно постійно поглиблювати і вдосконалювати знання, підвищувати свою кваліфікацію. Для цього повинна бути організована постійна робота з персоналом по підвищенню кваліфікації.

Навчання персоналу проводиться систематично шляхом інструктажу на робочому місці (тільки для робітників), протиаварійних тренувань, курсового навчання. Для інженерно-технічних працівників і кваліфікованих робітників проводяться тематичні курси, семінари, лекції та доповіді з окремих питань техніки та економіки виробництва.

Інструктаж на робочому місці проводиться з метою навчити кожного робочого правильним і безпечним методам роботи на експлуатується їм обладнанні. При інструктажі перевіряється знання персоналом виробничих інструкцій, раціональних методів експлуатації та ремонту обладнання, а також правил техніки безпеки. Інструктаж проводиться не рідше 1 разу на 3 місяці. Результати інструктажу заносяться в спеціальний журнал і оформляються підписом інструктує, та інструктували.

Противарійні тренування проводяться для перевірки вміння оперативного персоналу самостійно, швидко і правильно орієнтуватися в різних ситуаціях, що

виникають при експлуатації обладнання. Протиаварійні тренування проводяться з таким розрахунком, щоб кожен працівник брав участь у них не рідше 1 разу на 3 місяці. Протиаварійні тренування проводяться на робочих місцях або на тренажерах. Для успішного виконання виробничих завдань персоналу, що займається обслуговуванням теплогенного обладнання надаються: відповідна технічна документація, керівні та довідкові матеріали (комплект діючих виробничих і посадових інструкцій, теплових схем [14].

ВИСНОВКИ

Метою представленої роботи було проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання та стану будівельних конструкцій навчальних корпусів Лебединського медичного училища імені професора М.І.Сітенка, проведення аналізу споживання теплової та електричної енергії об'єктом з подальшою розробкою енергозберігаючих заходів щодо більш ефективного її використання.

В результаті обстеження систем енергопостачання будівель навчальних корпусів медичного училища були отримані наступні висновки:

1. При проведенні енергетичного обстеження визначені основні характеристики об'єктів обстеження. Зібрана необхідна для подальших розрахунків економічна та технічна інформація. Визначені питомі витрати енергоспоживання.
2. Складено теплові баланси за фактичними даними результатів вимірювання. За результатами цих обчислень, було проведено порівняння значень фактичних питомих витрат будівлі з нормативними значеннями державно-будівельних норм.
3. За динамікою споживання теплової енергії можна стверджувати, що обсяг теплоспоживання в основному залежить від середньої температури зовнішнього повітря за вказаний період, але не за рахунок підвищення якості експлуатації вказаних систем.
4. Було проведено інструментальне обстеження будівлі та енергоспоживаючих систем: тепловізійне обстеження, фотометричне обстеження. Для аналізу роботи системи опалення оцінювався стан огорожувальних конструкцій будівель (втрати тепла через стіни, двері, вікна, дах або горище).
5. Старі дерев'яні вікна потребують негайного ремонту, так як через них втрачається найбільша кількість теплової енергії для обігріву холодного повітря, що інфільтрується через них.
6. Опалювальні прилади в деяких випадках загороджені декоративними панелями, це є причиною перешкоджання передачі тепла від приладів у середину приміщень. Як наслідок, знижений температурний показник комфортності у приміщеннях при задовільній роботі системи опалення.

7. Відсутність якісного керування у системі теплопостачання сприяє нерівномірності температурного режиму у окремих приміщеннях навчальних корпусів, що спричиняє завищені втрати теплоти.
8. При обстеженні системи загального освітлення виявлено, що в основному використовуються малоефективні (з точки зору сучасних технологій) світильники з люмінесцентними лампами загальною потужністю 100 Вт (враховуючи елементи ПРА). Крім того недосконалі світлотехнічні характеристики світильників призводять до низької ефективності використання електричної енергії.
9. Розроблені та розрахунково обґрунтовані енергозберігаючі заходи щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, а саме:
 - утеплення стін та горищного перекриття будівель;
 - заміна віконних рам застарілої конструкції на нові енергозберігаючі;
 - встановлення рефлекторів (тепловідбивних екранів) між зовнішніми стінами та опалювальними приладами;
 - встановлення теплової повітряної завіси на зовнішні входні двері;
 - улаштування системи рекуперації тепла у системі вентиляції головного навчального корпусу;
 - запропоновано замінити лампи люмінесцентні на енергозберігаючі світлодіодні лампи підвищеної світловіддачі;
 - запропоновано комбінування загального освітлення з місцевим освітленням;
 - улаштування зональної системи освітлення.
10. Визначено річний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.— Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. — К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. —72 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88 Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.
3. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
4. ДБН В.2.5-28:2006 Природне і штучне освітлення. - Наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 15 травня 2006 р. № 168. На заміну СНіП II-4-79. Чинний з 01.10.2006. — К.: Мінбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2006. — 78 с.
5. ДСТУ 4713:2007 "Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації роботи";
6. Безпека життєдіяльності і охорона праці [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/hiop/metod/08_oot.pdf
7. Безпека життєдіяльності [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/10/2-10-mz33.pdf>
8. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. — М. : Издательство АСВ, 2000. — 368 с.
9. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України.— Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. — Київ, 1999К.: ВАТ «УкрНДІнжпроект», 1999. - 90 с.
- 10.ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Введ. 01.03.2013 р. — К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
- 11.Малявина Е. Г., Теплотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. — М. : АВОК-ПРЕСС. 2007

12. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житловокомунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.
13. Закон України «Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2127-13#Text>
14. Губарев А.В. Теплогенеруючі установки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrdoc.com.ua/text/34670/index-9.html>
15. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С. В. Сапожніков. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 163с.
16. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.