

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Енергетичне обстеження будівлі навчального корпусу КЗ
«Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної
освіти»»

Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Махотка Т.О.

(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

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

Керівник роботи

(підпис)

Антоненко С.С.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2019

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 75 с., 5 таблиць, 9 рисунків, 3 додатки, 25 літературних джерел.

Мета роботи: енергетичне обстеження системи тепло- та електропостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Було вирішено наступні завдання:

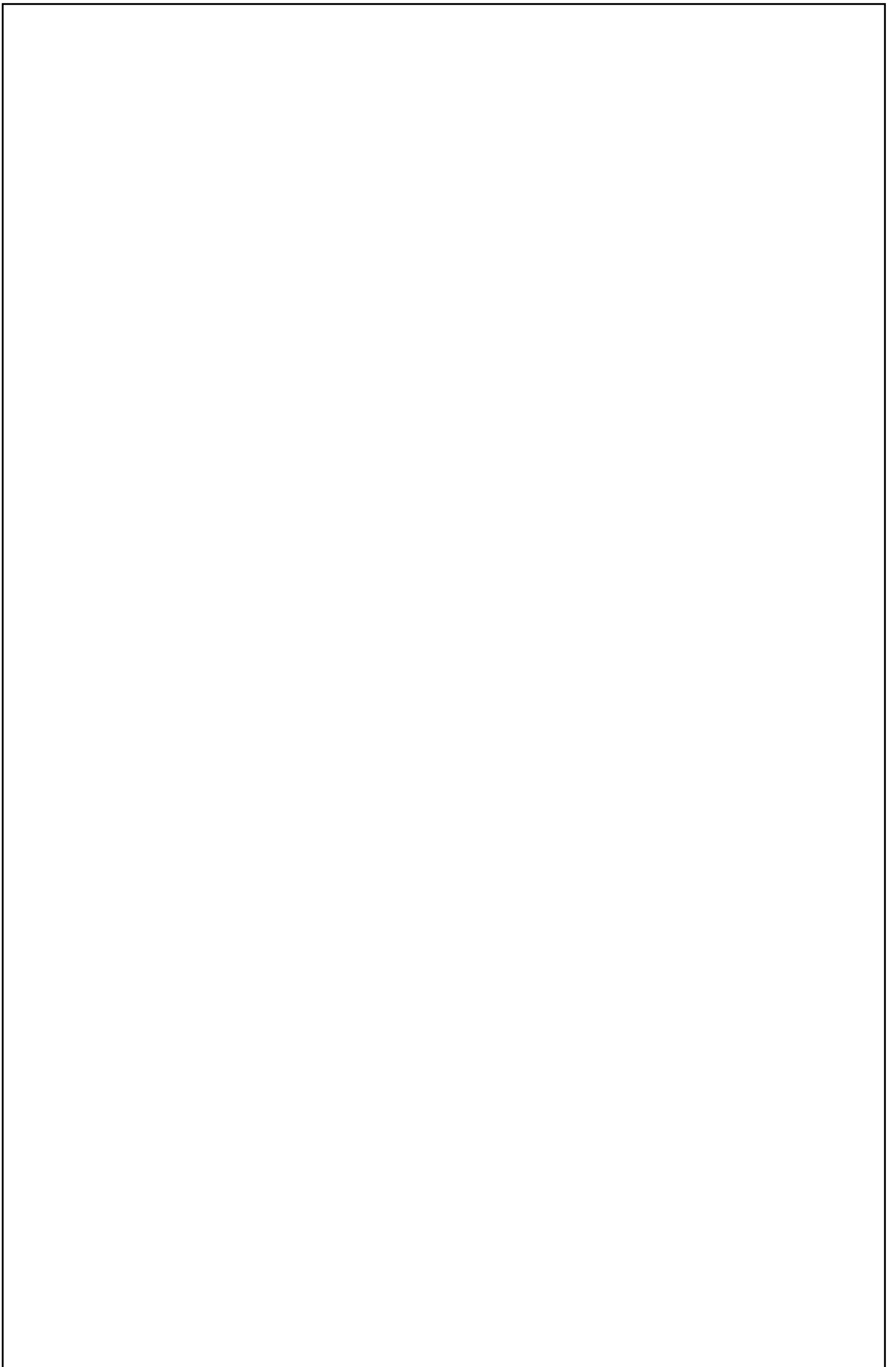
- вивчення проектної документації;
- визначення базових величин параметрів будівлі для впровадження енергозберігаючих заходів;
- аналіз використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- проведення аналізу відповідності фактичних обсягів теплоспоживання досліджуваного об'єкту з розрахунковим обсягом теплоспоживання за нормованими показниками;
- розробка енергозберігаючих заходів;
- економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти».

Об'єктом є будівля навчального корпусу КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти».

Методи дослідження: економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ОПР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ.



ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі	8
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта	9
1.3.1 Система теплопостачання об'єкта.....	9
1.3.2 Система електропостачання.....	10
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції.....	11
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	12
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води	13
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	13
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	14
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води	15
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	17
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	17
1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	19
1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води.....	21
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	21
2.1 Розрахунок теплової потужності будівлі	21

					6.050601.74 ВР 000.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Енергетичне обстеження будівлі навчального корпусу КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти»	Лист	Лист	Листів
Розробив	Махотка							
Перевірив	Антоненко						4	75
Н. Контр.	Антоненко					СумДУ ЕМ-51		

2.1.1	Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій	25
2.1.2	Визначення базового рівня енергоспоживання системою тепlopостачання об'єкту.....	26
2.1.3	Визначення видів тепловтрат будівлі	28
2.1.4	Визначення видів теплонадходжень будівлі	37
2.2	Аналіз теплового балансу будівлі	40
3.	РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	42
3.1	Утеплення огорожувальних конструкцій.....	42
3.2	Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції.....	48
3.3	Впровадження системи моніторингу теплоспоживання.....	54
3.3.1	Визначення базових параметрів будівлі для впровадження системи моніторингу теплоспоживання.....	56
3.3.2	Розрахунковий аналіз потенціалу економії теплової енергії в результаті впровадження системи моніторингу, термін окупності.....	58
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА ТЕМУ «МЕТЕРОЛОГІЧНІ УМОВИ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ».....	61
4.1	Мікроклімат виробничих приміщень.....	61
4.2	Вплив параметрів мікроклімату на самопочуття людини.....	61
4.3	Нормалізація параметрів мікроклімату.....	64
4.4	Визначення параметрів мікроклімату.....	65
4.5	Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату.....	66
	ВИСНОВКИ.....	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
	ДОДАТОК А.....	73
	ДОДАТОК Б.....	74
	ДОДАТОК В.....	75

										Лист
										5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

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 в економії на практиці шляхом упровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також із метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту [1].

Енергоаудит відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, визначення необхідних та достатніх управлінських впливів, а також для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином, енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм безупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, порівняння з визначеним еталоном.

Предметом енергетичного аудита є процеси споживання палива і енергії, аналіз і надання рекомендацій щодо ефективного використання 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 установа, підприємство будь-якої 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.

						Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-2].

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

Мета та призначення представленої роботи:

Визначення базових величин параметрів будівлі для впровадження та налаштування автоматизованої системи моніторингу енергоспоживання та енергозбережних заходів.

Задачі, які вирішуються при проведенні представленої роботи:

- складання енергетичного балансу об'єкту за видами тепловтрат та теплонадходженнями;
- визначення базового рівня енергоспоживання;
- розрахунок економічних показників пропонувані заходів (простий строк окупності на базі існуючих тарифів).

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;
- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

						Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА О'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Комунальний заклад Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти (далі – КЗ СОІПО) є комунальним вищим навчальним закладом, заснований Сумською обласною радою, підпорядкований Міністерству освіти і науки України, департаменту освіти і науки Сумської ОДА. Будівля розташована за адресою: вул. Р-Корсакова, 5, м. Суми, Сумська область, 40000.

У закладі працює 140 працівників та здобувають освіти 390 осіб. Будівля навчального корпусу Сумського обласного інституту педагогічної освіти опалювальною площею 1647,5 м² складається з трьох блоків, етажність кожного 1, 2 та 4 поверхи. У закладі встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Режим роботи закладу з 8⁰⁰ години до 16⁰⁰ години.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Загальний стан Сумського обласного інституту педагогічної освіти є задовільним. Стіни будівлі не мають явних пошкоджень, по периметру всієї будівлі виконана відмостка. Дерев'яні вікна замінені на металопластикові з двокамерним склопакетом. Будівля має п'ять входів (один центральний та чотири службових), центральний вхід виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей. Стан вентиляційної

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

системи є задовільною, в усіх приміщеннях розташовані вентиляційні решітки. Таким чином вентиляція у приміщенні відбувається природнім шляхом.

Підтримання комфортних температур внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії. Відсутність утепленого перекриття у закладі призводить до того, що температура повітря у деяких аудиторіях значно нижча, ніж у інших.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система тепlopостачання об'єкта

Тепlopостачання КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір №1687-Т від 14.02.15 року до опалювального періоду 2018/2019 р.р.

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у окремому приміщенні (див. Додаток А) де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, неповністю ізолювані.

Система теплової мережі дошкільного навчального закладу двотрубна з верхньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів. Схема опалення навчального корпусу КЗ СОШПО наведена у додатку Б.

						Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості опалювальних приладів використовуються чавунні радіатори. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

Опалювальна площа будівлі закладу – 1647,5 м².

Опалювальний об'єм закладу – 13670 м³.

Заклад щомісячно отримує акт прийому-передачі теплової енергії, та рахунок за спожиту теплову енергію. Оплата за спожиту теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Основними завданнями персоналу, що обслуговує тепловий пункт є :

- нагляд за технічним станом устаткування, його роботою, регулювання;
- зняття показань лічильника;
- спостереження за параметрами теплоносія з метою забезпечення надійного і якісного теплопостачання, раціонального використання енергії.

Відповідальний за технічний стан та безпечну експлуатацію теплових установок і теплових мереж, щоденну достовірність обліку спожитої теплової енергії в КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти є головний енергетик.

1.3.2 Система електропостачання

До основних технічних електроспоживаючих систем будівлі інституту належать:

- система освітлення;
- система технологічного електрообладнання

									Лист
									10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

До основного електроспоживаючого обладнання системи технічного електрообладнання належать: електричні плити, холодильники, харчові котли, духові шафи, комп'ютери.

Систему освітлення складають світильники з люмінесцентними лампами. Люмінесцентних ламп 1415 шт. по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 25,470 кВт. Річна тривалість роботи систем внутрішнього освітлення 1560 годин.

До недоліків можна віднести неефективне використання приладів освітлення, що характеризується відсутністю контролю за належним їх використанням.

1.3.3 Система водопостачання

Будівлю навчального корпусу інституту під'єднано до централізованого водопостачання. Система водопостачання працює задовільно. Основним споживачем холодної води є працівники, обслуговуючий персонал та здобувачі освіти.

1.3.4 Система вентиляції

Будівлю обладнано системою природної вентиляції. Видалення вентиляованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях. Вентиляційні отвори системи припливної вентиляції відкриті і працюють у режимі природної вентиляції, що призводить до значних втрат теплоти.

									Лист
									11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла. Теплообчислювач «CF-50» №1999-206273 виробник «Shlumberger» встановлений на трубі з зовнішнім діаметром D_y 100.

Облік споживання електроенергії здійснюється одним лічильником СА-4У-И672М. На потреби внутрішнього освітлення, зовнішнього освітлення, приготування їжі, технологічні потреби встановлено один лічильник обліку.

Облік споживання холодної води здійснюється за показниками крильчастого лічильника SENSUS №15-10332718, встановленого у вузлу вводу будівлі.

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

Дати останніх повірок лічильників:

- повірка теплообчислювача – 10 травня 2018 року;
- повірка лічильника електроенергії – 10 травня 2018 року;
- повірка водолічильника – 10 травня 2018 року

Повірку проведено Державним підприємством « Сумський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» 40007 м. Суми, вул. Харківська, 101.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Тепло: 1559,67 грн/Гкал з ПДВ.

Електрична енергія: 80,368 грн/МВт·год з ПДВ.

Холодна вода: 8,556 грн за 1 м³ з ПДВ (7,13 грн за 1 м³ без ПДВ)

										Лист
										12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Водовідведення: 7,380 грн за 1 м³ з ПДВ (6,15 грн за 1 м³ без ПДВ).

1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Кількість теплової енергії, яка була спожита за період останнього опалювального року (період 2018 – 2019 року, 171 доба) становить – 205,784 Гкал.

На рисунку 1.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2016 – 2019 роки (за даними журналу обліку закладу див. Додаток В).

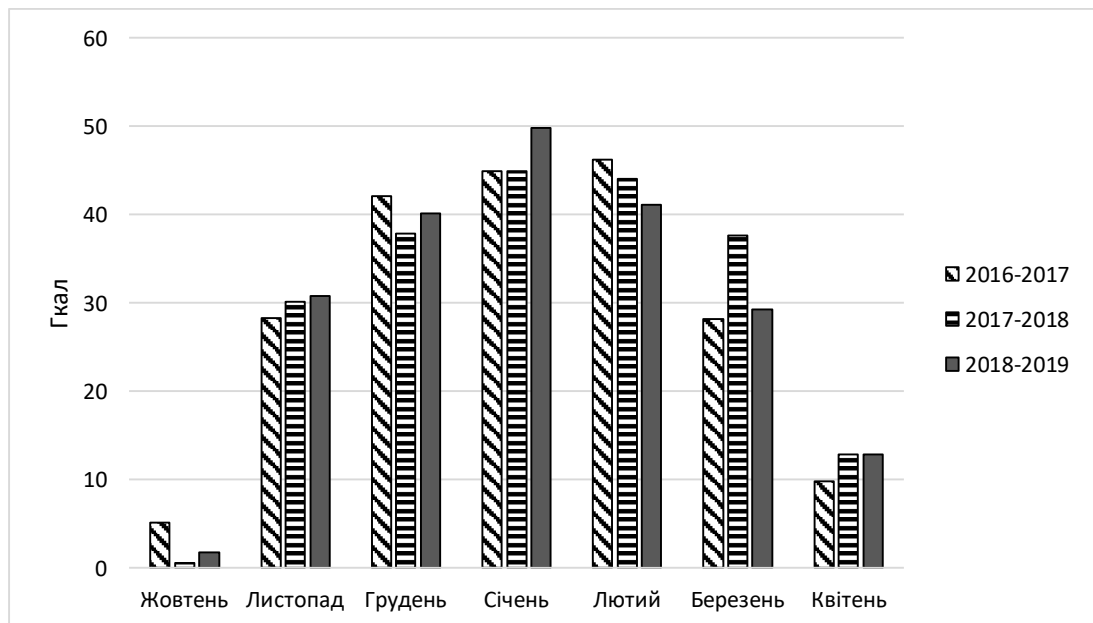


Рисунок 1.1 – Динаміка споживання теплової енергії за 2016–2019 роки

З діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень.

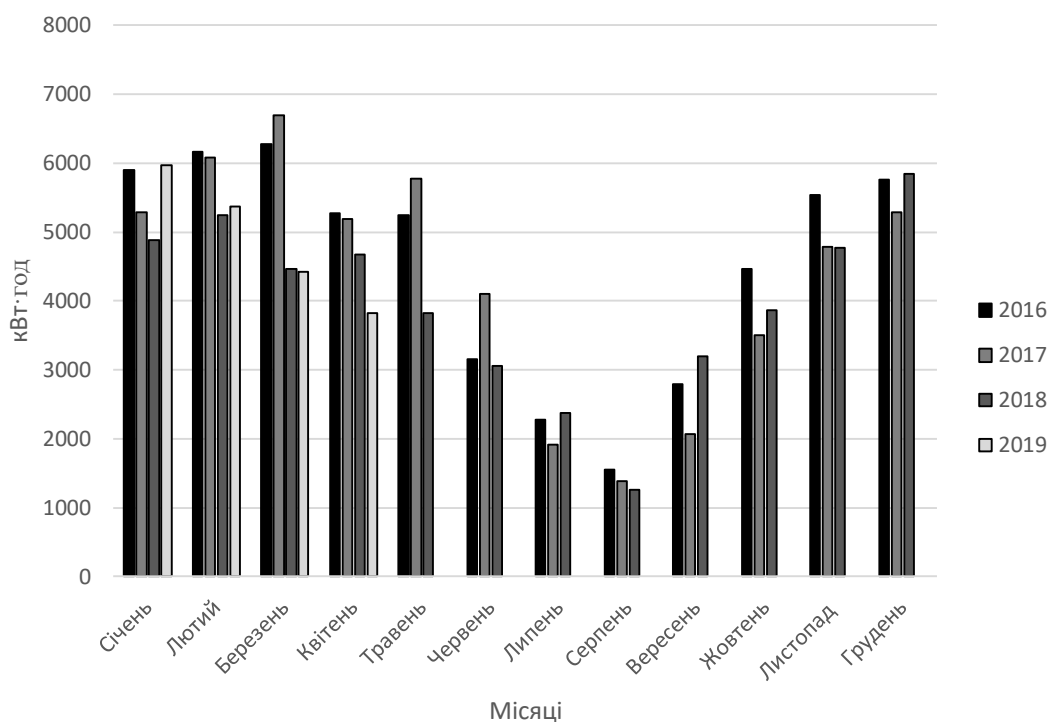


Рисунок 1.2 – Обсяги споживання електроенергії 2016-2019 роки

Проаналізувавши гістограму споживання електроенергії КЗ СОШПО з рис. 1 можна побачити, що кількість спожитої електроенергії в теплу пору року менша. Це можна пояснити тим, що в літній період збільшується світловий день і, як результат, зменшується споживання електроенергії на освітлення приміщень. У літній період зменшується кількість робочого персоналу на навчаючих у закладі. Тому в цей період споживання зменшується.

1.4.3 Аналіз обсяги споживання холодної води

Величина та обсяги споживання холодної води навчальним корпусом КЗ СОШПО за 2016-2019 роки наведені у таблиці 1.2 та на рисунку 1.3 відповідно..

					Лист
					15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 1.2 – Величина споживання холодної води за 2016-2019 роки

2016												
Місяці	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Холодна вода, м ³	367	232	213	258	295	382	280	323	202	245	257	331
2017												
Місяці	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Холодна вода, м ³	515	398	387	404	246	217	322	276	236	226	302	311
2018												
Місяці	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Холодна вода, м ³	485	315	305	331	270	299	301	254	219	235	280	321
2019												
Місяці	01	02	03	04								
Холодна вода, м ³	455	301	346	294								

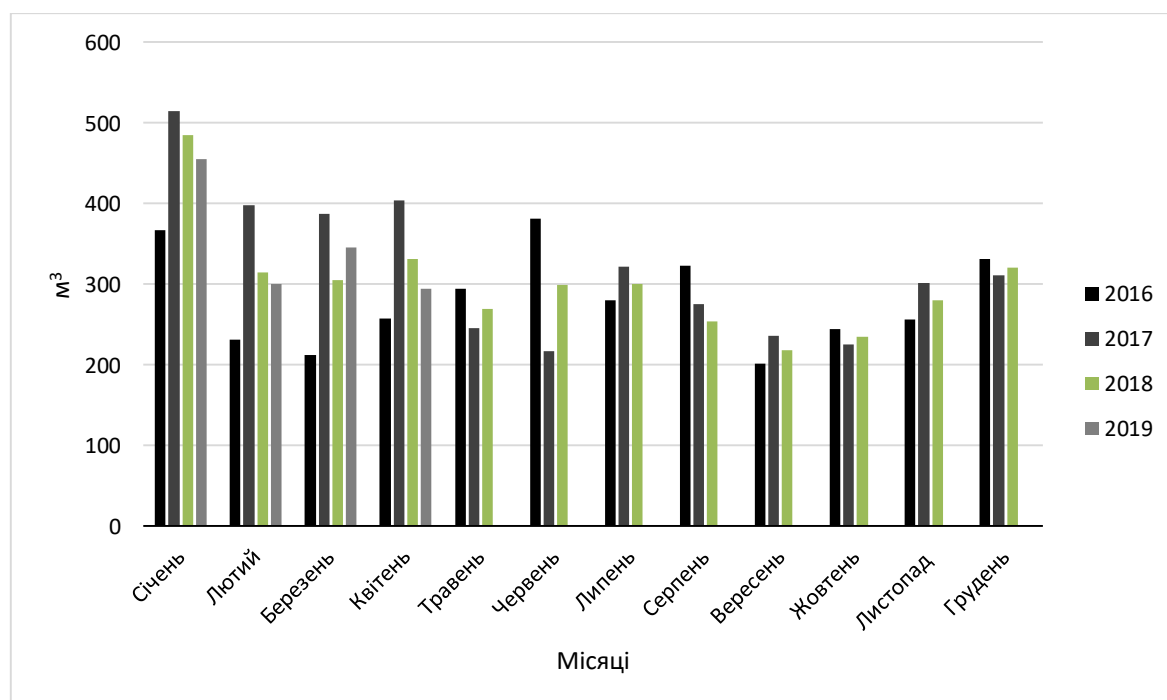


Рисунок 1.3 – Обсяги споживання холодної води 2016-2019 роки

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [3, п.3.24]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [3, п.5.1]:

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

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

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [3, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [3, табл.1]:

						Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$EP_{max} = 30 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за опалювальні періоди становлять:

- за опалювальний період 2016 – 2017 рік – $Q_{оп} = 224,46$ Гкал;
- за опалювальний період 2017 – 2018 рік – $Q_{оп} = 207,99$ Гкал;
- за опалювальний період 2018 – 2019 рік – $Q_{оп} = 205,78$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за опалювальний період 2015 – 2016 рік – $EP = 0,016$ Гкал/м³;
- за опалювальний період 2016 – 2017 рік – $EP = 0,015$ Гкал/м³;
- за опалювальний період 2017 – 2018 рік – $EP = 0,015$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить – $EP = 0,0153$ Гкал/м³.

Отриманий результат не відповідає нормативній умові (1.2). Крім того, за відсутності пристроїв автоматичного погодозалежного регулювання теплового потоку, що надходить до системи опалення будівлі, застосовується «ручне» регулювання засувками без чіткого визначення його необхідної миттєвої величини, при цьому, за причини економії витрат на опалення у систему теплопостачання будівлі не надходить необхідної кількості теплової енергії. Це інколи призводить до порушень циркуляції теплоносія в системі опалення будівлі. Як наслідок цього – нерівномірний прогрів приміщень закладу та використання додаткових приладів обігріву, додаткова витрата коштів на електроспоживання.

						Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням. Згідно з [4] норма споживання електричної енергії навчальним корпусом у м.Суми складає 43 кВт·год у рік на квадратний метр корисної площі. Для будівлі навчального корпусу КЗ СОШПО фактичне споживання електричної енергії на одну особу складає:

- 2016 рік: $\frac{54403}{1647,5} = 33,02$ кВт·год/особу;
- 2017 рік: $\frac{52087}{1647,5} = 31,61$ кВт·год/особу;
- 2018 рік: $\frac{47462}{1647,5} = 28,80$ кВт·год/особу;

Тобто фактичне значення не перевищує нормоване, що є добрим показником.

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води

Витрати води у будівлі залежать від кількості працівників та здобувачів освіти, пори року. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працюючих та здобувачів освіти у будівлі визначено питомі показники витрат холодної води на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами споживання відповідно до [5]. Норма витрат води за одну добу складає 20 л/особу.

Значення фактичних питомих витрат холодної води, л/особу за добу становлять:

- 2016 рік = 6,5 л/особу;

						Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2017 рік =7,3 л/особу;

- 2018 рік =6,9 л/особу;

Перевищення норм витрат води не виявлено.

						Лист
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

Подальша методика розрахунку теплової потужності будівлі виконана відповідно до [11].

Для оціночного аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі будь-якого призначення при дійсному стані огорожувальних конструкцій без урахування всіх видів тепловтрат і теплонадходжень її теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками. Визначена величина теплової потужності використовується при впровадженні заходу з модернізації теплового пункту застарілої конструкції на об'єкті енергетичного обстеження на сучасний індивідуальний тепловий пункт з елементами автоматичного керування за режимами теплоспоживання або запровадження системи моніторингу теплоспоживання.

Розрахункові величини температур приймаються наступні:

– внутрішня температура приміщень $t_{в}=21^{\circ}\text{C}$ (за вимогами температурного режиму [6, табл.В.2]);

– температура зовнішнього повітря $t_{з,р}=-25^{\circ}\text{C}$ [7].

Визначення фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі [8], $\text{Вт}/\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C}$, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 2.1):

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_6}{F_6} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} + g_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} \right) \right) + \frac{1}{H_6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}} \right), \quad (2.1)$$

					Лист
					21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

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

F_6 – площа будівлі в межах периметра, м²;

H_6 – висота будівлі в межах опалюваних приміщень, м;

g_0 – коефіцієнт скління будівлі;

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

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

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

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

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається так [8]:

$$Q_6 = a \cdot q_{пит}^{\phi} \cdot V_6 \cdot (t_B - t_{з.р}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де V_6 – зовнішній об'єм будівлі в межах опалювальних приміщень, м³;

t_B – температура по приміщеннях будівлі, °С [6, табл.В.2];

$t_{з.р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [8];

a – поправковий коефіцієнт, який визначається як [8]:

$$a = 0,54 + \frac{t_B}{(t_B - t_{з.р})} = 0,54 + \frac{21}{(21 - (-25))} = 0,9965$$

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі

Розіб'ємо будівлю навчального корпусу на III блоки:

						Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{пит}}^{\text{ф I}} = \frac{91,53}{491,53} \cdot \left(\frac{1}{0,81} + 0,2 \cdot \left(\frac{1}{0,54} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{12} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,55} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,45} \right) \\ = 0,38 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$q_{\text{пит}}^{\text{ф II}} = \frac{34,4}{150,85} \cdot \left(\frac{1}{0,81} + 0,3 \cdot \left(\frac{1}{0,54} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{3} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,55} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,45} \right) \\ = 0,93 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$q_{\text{пит}}^{\text{ф III}} = \frac{106,34}{837,58} \cdot \left(\frac{1}{0,81} + 0,25 \cdot \left(\frac{1}{0,54} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,55} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,45} \right) \\ = 0,25 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ \text{C}$$

Максимальна теплова потужність будівлі

$$Q_{\text{бI}} = 0,99 \cdot 0,38 \cdot 6389,99 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 113,06 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{бII}} = 0,99 \cdot 0,93 \cdot 603,43 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 25,90 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{бIII}} = 0,99 \cdot 0,25 \cdot 6700,65 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 78,96 \text{ кВт}$$

Сумарна максимальна теплова потужність

$$Q_{\text{б}} = 113,06 + 25,90 + 78,96 = 217,938 \text{ кВт}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за визначеним періодом визначається, як [9]:

$$Q_{\text{р.оп}} = Q_{\text{б}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{ср.п}})}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.3)$$

де $t_{\text{в}}^{\text{сп}}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, $^\circ\text{C}$;

						Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{ср.п}}$ – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °C [7];

$t_{\text{з.р}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря [7], °C;

$n_{\text{оп}}$ – кількість днів за відповідний період опалення.

Розрахункова величина теплової енергії, яка потрібна була для опалення всієї будівлі за опалювальний період 2018-2019 року (171 доба, 24 години на добу), при умові дотримання температурного режиму у системі теплопостачання, та середній температурі за опалювальний сезон (16.10.2018 – 05.04.2019) $-0,7^{\circ}\text{C}$ [10] буде становити:

$$Q_{\text{р.оп}} = 217,938 \cdot \frac{21 - (-0,7)}{21 - (-25)} \cdot 24 \cdot 171 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 362,86 \text{ Гкал.}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за опалювальний 2017-2018 рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення навчального закладу становлять $Q_{\text{ф.оп}}=205,784$ Гкал. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 43%.

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи теплопостачання. Це може бути пов'язано з недодержанням температурного графіку у магістральних мережах. Про що свідчить такий факт, що температура теплоносія, який подається у систему опалення, не відповідає затвердженому температурному графіку централізованого теплопостачання, до якого під'єднаний заклад. Наприклад, облікові показники температури теплоносія на вході у тепловий пункт, які при середньодобовій температурі зовнішнього повітря нуль градусів за шкалою Цельсія дорівнюють у середньому значенні $57,1^{\circ}\text{C}$. Враховуючи додатково дійсний стан огорожувальних конструкцій об'єкту щодо їх невідповідності нормованим показникам опору теплопередачі, загальний рівень енергоефективності будівлі та функціонування системи опалення є низьким.

						Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Мінімально допустиме значення, $R_{q\ min}$, опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків залежно від температурної зони експлуатації будинку, яку беруть за табл. 5[11], встановлюють згідно з табл. 6 (додаток Б) [11].

У разі реконструкції житлових та громадських будинків, що виконується з метою їх термомодернізації, допускається для непрозорих огорожувальних конструкцій приймати значення $R_{q\ min}$ згідно з табл. 6 з коефіцієнтом 0,8 .

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі заповнень світлових прорізів із конструкцією у два і більше скла для сучасних або нових вікон з елементами склопакетів необхідно брати за табл. 10 (додаток Б) [12; 13].

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані відповідно до методики наданій у документації [11] та представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q\ min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,64	0,81	0,81	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,02	0,81		

Продовження таблиці 2.1

2	Суміщене покриття	1-го типу	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,55	5,35
			Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
			Дерев'яні колоди				
		2-го типу	Шифер			0,67	3,3
			Залізобетонна плита	0,22	2,04		
			Цементна стяжка	0,08	0,81		
		Руберойд	0,08	0,17			
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом		–	–	0,54	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита		-	2,04	0,45	3,75
		Розчин цементно-піщаний		0,03	0,81		

Отримані результати ($R_{\Sigma_{пр}} \ll R_{q_{min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [14, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.1.2 Визначення базового рівня енергоспоживання системою теплопостачання об'єкту

Статистичні дані багаторічного моніторингу енергоспоживання будівлями різного призначення свідчать про те, що їх системи теплопостачання є одними з найбільш енерговитратних, тому при розробленні заходів з енергозбереження

для підвищення енергоефективності роботи таких систем, необхідно визначитись з базовим рівнем показників теплоспоживання, від яких буде обраховуватись майбутня економія витрат.

Базовий рівень споживання теплової енергії – показник споживання теплової енергії будівлями при дійсному їх стані до початку впровадження енергоефективних заходів. Або, як визначено у [15, п.3.1]: Базове енергоспоживання – кількість енергії, яку споживає будівля в розрахункових умовах внутрішнього мікроклімату в будівлі та зовнішнього середовища при проектних характеристиках функціонування відповідних інженерних систем будівлі.

При подальшому визначені економії енерговитрат від впровадження енергозберіжних заходів, базовий показник рівня енергоспоживання повинен бути скоригований з урахуванням необхідності дотримання санітарних умов перебування персоналу та відвідувачів за нормативними показниками при розрахункових температурах зовнішнього повітря, а також мають враховуватись всі індивідуальні конструктивні особливості дійсного стану будівлі на момент проведення енергоаудиту.

Фактичні величини теплоспоживання за останній звітний період опалювального року приймаються базовими, і у подальшому від них будуть розраховуватись відхилення рівня теплоспоживання.

На рисунку 2.1 представлені графіки базового (фактичного) рівня теплоспоживання та за нормативними розрахунковими показниками КЗ СОППО за опалювальний період 2018-2019 років.

										Лист
										27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

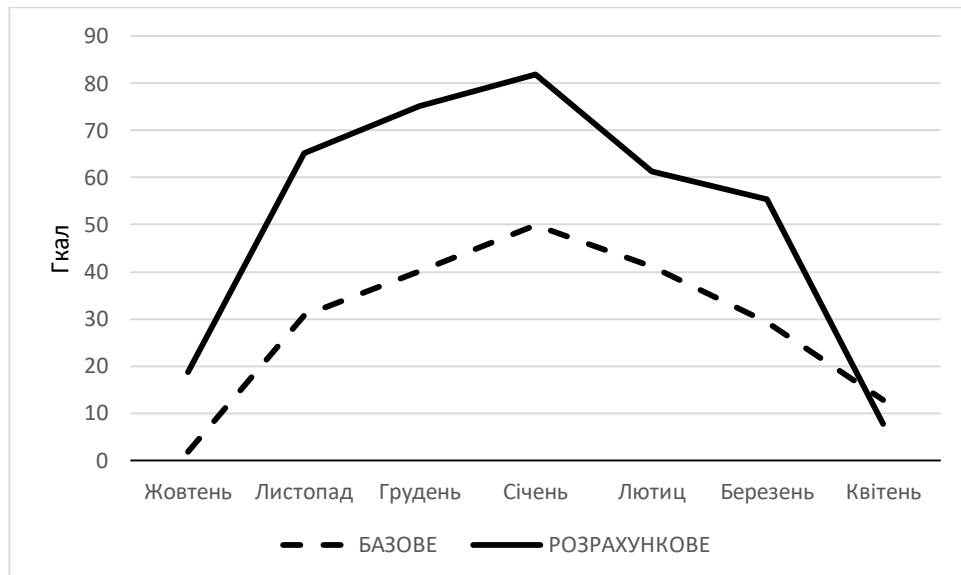


Рисунок 2.1 – Співвідношення базового теплоспоживання з розрахунковим теплоспоживанням за опалювальний період 2018 – 2019 роки

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії за базовим рівнем у порівнянні з розрахунковим рівнем за нормованими показниками свідчить про те, що обстежуваний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання, та не має ефективної технології якісного та кількісного регулювання обсягів споживання теплоенергії.

2.1.3 Визначення видів тепловтрат будівлі

Методика розрахунку тепловтрат будівлі навчального корпусу КЗ СОШПО виконано відповідно до [11].

Невід’ємною частиною практичних розрахунків у роботах з енергетичного обстеження будівлі є встановлення дійсного стану теплового режиму її приміщень. А саме необхідно розрахунком визначити величини фактичних тепловтрат і теплонадходжень з метою подальшого зіставлення отриманого значення теплової потужності зі значеннями, які обумовлені нормативними

питомими показниками, щоб на підставі можливо встановленої неузгодженості визначити напрямки з підвищення енергоефективності роботи системи теплопостачання будівлі, на якій проводиться енергоаудит.

За дотримання оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно, щоб дотримувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень житлової, громадської або виробничої будівлі, Вт, обчислюються за такою формулою:

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_в, \quad (2.1)$$

де $\sum Q_0$ – сумарні втрати теплоти крізь огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\sum Q_d$ – сумарні додаткові втрати теплоти крізь огорожувальні конструкції, Вт;

$\sum Q_{\text{інф}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\sum Q_в$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, світлові та дверні прорізи, ворота, стелі або неопалювальні горищні і дахові перекриття, неутеплені підлоги, які розташовані над холодним підвальним приміщенням та приміщенням із набагато меншою температурою або яке повністю контактує із зовнішнім середовищем), Вт, визначаються за загальною формулою [11]

$$Q = \frac{F_{\text{огр}}}{R_0} \cdot (t_в - t_{з.п}) \cdot n, \quad (2.2)$$

де $F_{\text{огр}}$ – розрахункова площа непрозорої та прозорої поверхні огорожувальної конструкції по внутрішніх її межах, м²;

						Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

R_0 – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків і зіставлення $R_{\Sigma пр}$ та R_{qmin} , що проводились у першому розділі поданої методики п. 1.5 [11]), $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$. Тобто у формулу підставляється або $R_{\Sigma пр}$, або R_{qmin} . Для визначення тепловтрат при дійсному стані будівлі у формулу підставляється лише величина $R_{\Sigma пр}$. Значення R_{qmin} підставляється у разі, якщо визначається величина тепловтрат вже при правильно утепленій стіні;

$t_в, t_{з,р}$ – відповідно температури всередині приміщення ([11]додаток, Б табл. 2) і розрахункової зовнішнього повітря (додаток Б, табл. 8 [11]), $^\circ C$:

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря (табл. 12, додаток Б).

Відповідно до формули (2.2), тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі дорівнюють:

- тепловтрати через стіни:

$$Q_{стн} = \frac{1607,6316}{0,81} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 91261,72 Вт$$

- тепловтрати через стелю:

$$Q_{стл} = \frac{1647,5}{0,67} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 113111,94 Вт$$

- тепловтрати через вікна:

$$Q_{вкн} = \frac{240,92}{0,54} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 20522,81 Вт$$

У разі, якщо огорожувальна конструкція – підлога розташована на ґрунті й не має під собою відкритого зовнішнього простору або холодного приміщення, тепловтрати крізь неї визначаються окремо за її температурними зонами.

					Лист
					30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Відомо, що температурне поле ґрунту під підлогою нерівномірне: чим ближче до зовнішньої стіни, тим температура ґрунту нижча, тому прийнято тепловтрати крізь дані огородження, що розташовані нижче рівня землі або майже в рівень з землею, розраховувати по зонах. Методика розбиття на зони підлоги, розташованої на ґрунті, подана в першому розділі цієї методики, п. 1.4 [11].

Згідно з формулою (2.2) основні тепловтрати крізь підлогу на ґрунті $Q_{\text{одл}}$, Вт, розраховуються як

$$Q_{\text{одл}} = \left(\frac{F_I}{R_{nz}^I} + \frac{F_{II}}{R_{nz}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{nz}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{nz}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{zp}), \quad (2.3)$$

де $R_{nz}^I, R_{nz}^{II}, R_{nz}^{III}, R_{nz}^{IV}$ – термічний опір теплопередачі окремих зон підлоги на ґрунті, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт (формула 1.11 [11]);

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – площі підлоги відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, м^2 ;

t_6, t_{zp} – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогою і температура ґрунту (для практичних розрахунків беруть температуру ґрунту $t_{zp} = +6\text{°C}$);

Термічний опір теплопередачі окремих зон дорівнюють:

$$R_{nz}^I = 2,2 + 0,6 = 2,8 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{nz}^{II} = 4,3 + 0,6 = 4,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{nz}^{III} = 8,6 + 0,6 = 9,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{nz}^{IV} = 14,2 + 0,6 = 14,8 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

						Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розіб'ємо будівлю на III блоки для визначення тепловтрат.

Згідно з формулою (2.3) величина тепловтрат для кожного блоку буде наступним:

$$I: Q_{\text{пдл}} = \left(\frac{13,4 \cdot 36,6}{2,8} + \frac{11,4 \cdot 34,6}{4,9} + \frac{9,4 \cdot 32,6}{9,2} + \frac{7,4 \cdot 30,6}{14,8} \right) \cdot (21 - 6) \\ = 4563,95 \text{ Вт}$$

$$II: Q_{\text{пдл}} = \left(\frac{20,2 \cdot 7,2}{2,8} + \frac{18,2 \cdot 5,2}{4,9} + \frac{16,2 \cdot 3,2}{9,2} + \frac{14,2 \cdot 1,2}{14,8} \right) \cdot (21 - 6) \\ = 1170,65 \text{ Вт}$$

$$II^I: Q_{\text{пдл}} = \left(\frac{0,93 \cdot 5,61}{2,8} \right) \cdot (21 - 6) = 27,95 \text{ Вт}$$

$$III: Q_{\text{пдл}} = \left(\frac{24,58 \cdot 30}{2,8} + \frac{22,58 \cdot 28}{4,9} + \frac{20,58 \cdot 26}{9,2} + \frac{18,58 \cdot 24}{14,8} \right) \cdot (21 - 6) \\ = 7210,2 \text{ Вт}$$

$$III^I: Q_{\text{пдл}} = \left(\frac{15,11 \cdot 5,61}{2,8} + \frac{13,11 \cdot 361}{4,9} + \frac{11,11 \cdot 1,61}{9,2} \right) \cdot (21 - 6) = 625,15 \text{ Вт}$$

Сумарні втрати через підлогу :

$$\sum Q_{\text{пдл}} = 4563,95 + 1170,65 + 27,95 + 7210,2 + 625,15 = 13597,9 \text{ Вт}$$

Розрахунок додаткових тепловтрат крізь огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла крізь огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{ст}}$ – тепловтрати крізь кожну зовнішню стіну приміщень, Вт;

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

						Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, брати $\beta_{op} = 0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op} = 0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

$$Q_{op}^{\circ} = 76238,19 \cdot 0,08 = 6099,05 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги, розташовані на ґрунті або над холодними підвалами,

$$Q_{ndл}^{\circ} = 0,05 \cdot Q_{ndл}, \quad (2.5)$$

де $Q_{ndл}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

$$Q_{ndл}^{\circ} = 0,05 \cdot 13597,9 = 679,9 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення

Величина сумарних додаткових втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції

$$\sum Q_{\delta}^{\circ} = \sum Q_{op}^{\circ} + \sum Q_{з,\delta}^{\circ} + \sum Q_{ndл}^{\circ} + \sum Q_{\epsilon}^{\circ}, \quad (2.6)$$

де $\sum Q_{op}^{\circ}$ – сумарні додаткові тепловтрати крізь зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_{з,\delta}^{\circ}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт;

$\sum Q_{ndл}^{\circ}$ – сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, Вт;

$\sum Q_{\epsilon}^{\circ}$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт.

$$\sum Q_{д} = 6099,05 + 679,9 = 6779,95 \text{ Вт}$$

						Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Як правило, інфільтрація холодного повітря всередину приміщень відбувається крізь наявні в них нещільності в конструкціях світлових і дверних прорізів, за наявності неущільнених стиків стін, а також, при виявленні відкритих прорізів у огорожувальних конструкціях. У ході проведення робіт з енергетичного аудиту будівель такі місця тепловтрат виявляються за допомогою вимірювальних приладів або органолептичним методом. Після цього заміряються розміри виявлених щілин (нещільностей) або прорізів, і за допомогою вимірювального обладнання (анемометра) вимірюється значення швидкості повітря, що інфільтрується крізь них.

Для практичних розрахунків під час проведення зазначених робіт інфільтрацію повітря крізь суцільні (без явних тріщин) стінові конструкції обстежуваної будівлі проводити не рекомендується внаслідок їх високого опору до проникнення повітря.

Додаткові втрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується, проводиться для двох випадків: при припливній вентиляції без підігріву холодного повітря, яке подається всередину приміщень; при дії вітрового тиску на огорожувальні конструкції будівлі.

Витрата теплоти на підігрів інфільтрованого холодного повітря визначається для кожного приміщення окремо, у якому були встановлені місця інфільтрації [11].

Розрахунок додаткових втрат на інфільтрацію холодного повітря виконується лише для світлових прорізів застарілої або саморобної конструкції, що мають явні пошкодження в їх ущільненні та які мають давній строк експлуатації. Для нових і якісно встановлених віконних (балконних) конструкцій з елементами сучасних енергозберігаючих технологій втрати теплоти на інфільтрацію зовнішнього повітря можна не проводити [11].

									Лист
									34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря крізь світлові та дверні прорізи $Q_{вкн}^{інф}$, Вт, визначаються за такою формулою:

$$Q_{вкн}^{інф} = 0,28 \cdot G_n \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_в - t_{з.р}), \quad (2.7)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005$ кДж/кг·°С;

$t_в$, $t_{з.р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення (додаток Б, табл. 2 [11]) і розрахункового зовнішнього повітря (додаток Б, табл. 8 [11]), °С;

G_n – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь нещільність віконного огороження. Для розрахунків беремо нормативну повітропроникність сучасних віконних конструкції як величину для зовнішніх непрозорих конструкцій будинків, кг/(м²·год) (додаток Б, табл. 13 [11]); для зовнішніх дверей G_n обирається з тих самих нормативів;

$F_{вкн}$ – площа віконного або утепленого дверного прорізу, м².

$$Q_{вкн}^{інф} = 0,28 \cdot 0,5 \cdot 240,9264 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 1559,3238 \text{ Вт}$$

Сумарне значення додаткових втрат теплоти по будівлі:

$$\sum Q_d = 6099,05 + 679,9 + 1559,32 = 8339,27 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У будівлях, як правило, влаштовують два види вентиляції: природну або механічну. Відповідно вентиляція буває припливною, витяжною або припливно-витяжною. У випадках механічної припливної та механічної припливно-витяжної вентиляції розрахунки на втрату теплоти крізь систему

						Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляції можна не проводити, оскільки для холодного періоду року механічна припливна вентиляція компенсує втрати теплоти при витіканні повітря з приміщення внаслідок підігріву припливного повітря системою калориферів або рекуперації тепла.

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_6 , Вт, виконується за такою залежністю:

$$Q_6 = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_6 - t_{3,p}) \cdot n_k \cdot k_V, \quad (2.8)$$

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

t_6 , $t_{3,p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення (додаток Б, табл. 2 [11]) і розрахункового зовнішнього повітря (додаток Б, табл. 8 [11]), $^\circ\text{C}$;

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

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

n_k – кратність повітрообміну приміщення. год^{-1} [16].

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

Середня кратність повітрообміну житлового будинку n_k , год^{-1} , визначається за формулою

$$n_k = \frac{3 \cdot F_{жс}}{V_V \cdot V_{II}}, \quad (2.9)$$

де $F_{жс}$ – площа (опалювальна площа) квартир житлового будинку, м^2 [17];

V_{II} – внутрішній опалювальний об'єм приміщення у житловому будинку, м^3 ;

						Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ν_V – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних беруть $\nu_V = 0,85$.

Середня кратність повітрообміну громадського будинку відповідно n_k , год⁻¹:

$$n_k = \frac{3 \cdot 1647,5}{0,85 \cdot 13670} = 0,43 \text{ год}^{-1}$$

$$Q_g = 0,28 \cdot 13670 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) \cdot 0,43 \cdot 0,85 = 84077,77 \text{ Вт}$$

Сумарна величина тепловтрат по навчальному корпусу:

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{втр}} &= 91261,72 + 113111,94 + 20522,81 + 13597,9 + 8339,27 \\ &+ 84077,77 = 330911,4 \text{ Вт} \end{aligned}$$

2.1.4 Визначення видів теплонадходжень будівлі

Під час проведення енергетичного обстеження будівлі з метою визначення дійсної теплової потужності, яку потрібно подавати на неї, необхідно визначити також фактори, що спричиняють вагомі величини теплових надходжень у будівлю. Якщо не враховувати теплонадходження, то вибір теплогенеруючого обладнання для обстежуваної будівлі або визначення витрат на теплоспоживання лише за величиною тепловтрат, призведе до отримання набагато завищених значень, за якими висновки щодо ефективності експлуатації обраної будівлі будуть необ'єктивними і мають лише приблизний характер.

						Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення основних видів теплонадходжень

Для різних будівель фактори теплонадходжень можуть складатися з декількох або багатьох складових.

Ця кількість визначається при отриманні вихідних даних на початку проведення енергетичного обстеження будівлі. В цій методиці подається розрахункове визначення найбільш поширених видів теплонадходжень, які можуть бути виявлені під час енергетичного обстеження будівель та споруд, і розраховуються лише ті, які дійсно існують на об'єкті обстеження.

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (2.10)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт (додаток Б, табл. 11 [11]);
 n_l – кількість людей (осереднена), які знаходяться у приміщенні протягом однієї години.

$$Q_l = 102 \cdot 300 = 30600 \text{Вт}$$

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_{осв} \cdot k_3, \quad (2.11)$$

$$Q_{осв} = 18 \cdot 0,4 \cdot 0,33 \cdot 1415 = 3362,04 \text{Вт}$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;
 $k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення – $k_{осв} = 0,95$; люмінесцентні лампи – $k_{осв} = 0,4$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення (відношення періоду роботи світильника у хвилинах до кількості хвилин за годину $k_3 = \frac{20}{60} = 0,33$);

$n_{осв}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

						Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплонадходження від сонячної радіації

Розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації для будівель, що експлуатуються цілодобово, не проводиться. Цей вид теплонадходження враховується для будівель, що експлуатуються в переважності у денний період доби [18]:

$$Q_{рад} = q_c \cdot F_c \cdot k_{в.п} + q_T \cdot F_T \cdot k_{в.п}, \quad (2.12)$$

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скла, освітленого сонцем і в тіні, Вт/м² ($q_c = 250$ Вт/м²; $q_T = 100$ Вт/м²);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{в.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу. Для кожного вікна він може бути різним або однаковим для всіх. Залежить від ступеня забрудненості скла, ступеня штучного перешкоджання потраплянню сонячної енергії (штори, жалюзі, меблі, обладнання та ін.). При повністю чистому та без штучних перешкод вікні $k_{в.п} = 0,95$;

$$Q_{рад} = 250 \cdot 1,170 \cdot 1,320 \cdot 0,5 \cdot 74 + 100 \cdot 1,170 \cdot 1,320 \cdot 0,5 \cdot 86 = 20926,62 \text{ Вт}$$

$$\sum Q_{тн} = 30600 + 3362,04 + 20926,62 = 54888,66 \text{ Вт}$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

Теплова потужність будівлі – це та потужність теплової енергії, яка необхідна для підтримання у приміщеннях тепловологісного балансу, що визначає санітарно-гігієнічний комфорт за нормованими показниками.

					Лист
					39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Визначається теплова потужність будівлі або окремого приміщення як різниця між сумарними тепловтратами і сумарними теплонадходженнями, Вт:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.16)$$

де $\Sigma Q_{втр}$ – сумарні тепловтрати по всій будівлі (2.1 [11]), Вт;

$\Sigma Q_{тн}$ – сумарні теплонадходження по всій будівлі (3.14; 3.15 [11]), Вт.

У разі перевищення тепловтрат через огорожувальні конструкції більш ніж на 500 Вт, улаштовують системи опалення, які компенсують величину зазначеної неузгодженості, або здійснюють додаткове утеплення приміщень будівлі.

У разі перевищення теплонадходжень більш ніж на 500 Вт, улаштовують системи витяжної вентиляції та охолодження, або змінюють умови експлуатації приміщень, які компенсують величину зазначеної неузгодженості.

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}$$

$$\Delta Q = 3309114 - 5488866 = 27602274 \text{Вт}$$

2.2 Аналіз теплового балансу будівлі

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції і наведемо їх у табл. 2.2

						Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Структура теплових втрат будівельних конструкцій

Складова теплових втрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	91261,72	28
Вікна	20522,81	6
Підлога	13597,9	4
Стеля	113111,94	34
Витяжна вентиляція	84077,8	25
Інші додаткові втрати	8339,27	3
Разом	330911,4	100

Представимо теплові втрати у графічному вигляді на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Розподіл теплових втрат

З розрахункових даних видно, що найбільше тепловтрат відбуваються через стелю, а саме 34%, витяжну вентиляцію - 25%, та через стіни 28%. Це означає, що в першу чергу необхідно приділити увагу та займатися реконструкцією та утепленням стін та стелі, а також модернізацію системи вентиляції.

					Лист
					41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

3 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

Заходи з терморегуляції будівлі:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни і стеля);
- встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції;
- впровадження системи моніторингу теплоспоживання.

3.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни і стеля)

Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує (див. рис.2.2), що значна частка витрат тепла припадає на втрати через огорожуючі конструкції будівлі. Оскільки стіни складають переважну площу огорожуючих конструкцій, то саме через них проходить більша частина теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Для утеплення стін та стелі будівлі пропонується використати мінеральну вату.

Розрахунок утеплення огорожуючих конструкцій виконано відповідно до методики [19].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару утеплення стін визначаємо за формулою:

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

						Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\lambda_{ут} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу.

$$\delta_{ут} = (3,3 - 0.81) \cdot 0,04 = 0,099 \text{ м.}$$

Необхідну товщину теплоізоляційного шару для утеплення стелі:

$$\delta_{ут} = (3,3 - 0.67) \cdot 0,04 = 0,105 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції для стін та для стелі приймаємо 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{стн}^{із} = \frac{F_{стн}}{R_{qmin}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (3.2)$$

$$Q_{стн}^{із} = \frac{1607,63}{3,3} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 22409,41 \text{ Вт.}$$

Втрати через стелю після ізоляції :

$$Q_{стл}^{із} = \frac{1647,5}{3,3} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 22965,15 \text{ Вт.}$$

Втрати через неутеплену стіну визначимо наступним чином:

$$Q_{стн.} = \frac{F_{стн}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (3.3)$$

$$Q_{стн} = \frac{1607,63}{0,81} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 91297,50 \text{ Вт}$$

Втрати через неутеплену стелю:

						Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{стл}} = \frac{1647,5}{0,67} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 113111,94 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами через стіни та стелю до та після утеплення по формулі [19]:

$$\Delta Q_{\text{стн}} = Q_{\text{стн}} - Q_{\text{ог.к.}}^{\text{із}} \quad (3.4)$$

$$\Delta Q_{\text{стн}} = 91297,50 - 22409,41 = 68888,09 \text{ Вт} = 68,888 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{стл}} = 113111,94 - 22965,15 = 90146,79 \text{ Вт} = 90,146 \text{ кВт.}$$

Тепловтрати за опалювальний період до утеплення визначимо за формулою:

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = Q_{\text{стн}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \quad (3.5)$$

де $t_{\text{ср.оп}} = -0,7^{\circ}\text{C}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$ [20];

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

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = 91297,50 \cdot \frac{(21 - (-0,7))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 171 = 176753,547 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = 152 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{стл}}^{\text{рік}} = 113,111 \cdot \frac{(21 - (-0,7))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 171 = 218984,86 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

						Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = 188,32 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Тепловтрати за опалювальний період після утеплення:

$$Q_{\text{ут стн}}^{\text{рік}} = 22,409 \cdot \frac{(21 - (-0,7))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 171 = 43384,21 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{ут стн}}^{\text{рік}} = 37,31 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{ут стл}}^{\text{рік}} = 22,965 \cdot \frac{(21 - (-0,7))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 171 = 44460,63 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{ут стл}}^{\text{рік}} = 38,23 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Різниця споживання теплової енергії внаслідок впровадження заходу з утеплення огороджувальних конструкцій:

$$Q_{\text{зах стн}}^{\text{Ек.рік}} = Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} - Q_{\text{ут стн}}^{\text{рік}} \quad (3.6)$$

$$Q_{\text{зах стн}}^{\text{Ек.рік}} = 152 - 37,31 = 114,69 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

$$Q_{\text{зах стл}}^{\text{Ек.рік}} = 188,32 - 38,23 = 150,09 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Для приведення у відповідність розрахункового результату економії теплової енергії від впровадження енергозбережного заходу до базового рівня

						Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання теплоти за останній опалювальний період, необхідно провести корегувальні розрахунки.

$$\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot 100}{Q_{\text{р.п}}}, \% \quad (3.7)$$

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

$Q_{\text{р.п}} = 362,86$ Гкал/рік – розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за останній опалювальний період (величина розрахована у п.2.1 відповідно до формули 2.3).

$$\delta Q_{\text{зах стн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{114,69 \cdot 100}{362,86} = 31,60 \%$$

$$\delta Q_{\text{зах стл}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{150,09 \cdot 100}{362,86} = 41,36 \%$$

Визначене процентне співвідношення переноситься на дійсну (фактичну) величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період $Q_{\text{д.оп}} = 205,78$ Гкал/рік (відповідно до пункту 1.5.1), який є базовим рівнем теплоспоживання. Таким чином, скорегована економія тепла від базового рівня споживання Гкал/рік, визначається як:

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot Q_{\text{д.оп}}}{100} \quad (3.8)$$

Для стін:

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{31,60 \cdot 205,78}{100} = 65,02 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

						Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стелі:

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{41,36 \cdot 205,78}{100} = 85,11 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Вартісна оцінка зекономленої енергії за рік (для розрахунку за опалення в Гкал), тис.грн

$$\Delta E = \delta Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{S_{\text{Гкал}}}{1000} \quad (3.9)$$

де $S_{\text{Гкал}}$ – вартість 1 Гкал теплової енергії на опалення, грн/Гкал.

$$\Delta E_{\text{стн}} = 65,02 \cdot \frac{1559,67}{1000} = 101,409 \text{ тис. грн}$$

$$\Delta E_{\text{стл}} = 85,11 \cdot \frac{1559,67}{1000} = 132,743 \text{ тис. грн}$$

Рекомендується утеплити стіни мінеральною ватою Izovat товщиною 100 мм. Вартість однієї упаковки плити мінеральної вати складає 243,24 грн за 3м² (відповідно 81,08 грн/м²) [21]. Вартість робіт по встановленню плит складає 199 грн/м² [22]. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$C_{\text{впров}} = F_{\text{стн}} \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}) \quad (3.10)$$

де $C_{\text{тов}}$ – вартість одиниці продукції, грн;

$C_{\text{робіт}}$ – вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

Вартість впровадження заходу для стін складає:

						Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{впров}} = 1607,63 \cdot (199 + 81,08) = 450265,01 \text{ грн.}$$

Для стелі:

$$C_{\text{впров}} = 1647,5 \cdot (199 + 81,08) = 461431,8 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T = \frac{C_{\text{впров}}}{\Delta E} \quad (3.11)$$

Після утеплення стін термін окупності складає

$$T_{\text{стн}} = \frac{450265,01}{101409} = 4,4 \text{ року.}$$

Термін окупності утеплення стелі складає:

$$T = \frac{461431,8}{132743} = 3,5 \text{ року.}$$

3.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції

Рекуперація тепла системи вентиляції – процес повернення частини тепла з відпрацьованого витяжного повітря припливному. Тепле повітря, що виводиться з

						Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення, у теплообміннику віддає більшу частину свого тепла холодному повітрю, що надходить з вулиці. Завдяки цьому процесу на вулицю виходить охолоджене повітря, а у приміщення надходить свіже нагріте повітря (див. рис. 3.1). У підсумку повітря, що виводиться з будинку, віддає припливному повітрю до 90 % тепла (залежить від типу рекуператора), це дозволяє значно заощадити на електро- або тепловій енергії, що витрачається на нагрівання повітря у приміщеннях будівлі [19].

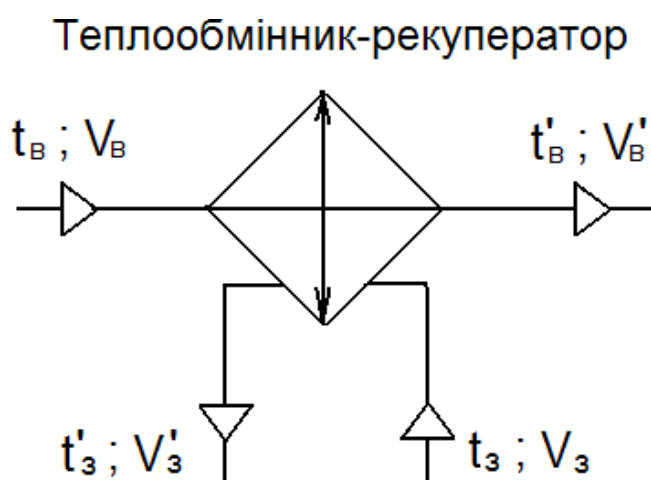


Рисунок 3.1 – Принципова схема рекуперації теплоти у системі вентиляції

Для розрахунку економії енергоресурсів і відповідно до витрат під час запровадження енергозбережного заходу із рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі необхідно визначитися із вихідними даними, а саме (див. рис. 3.1):

- визначення температур витяжного повітря з приміщення t_B , °C і зовнішнього припливного повітря t °C;

- визначення об'ємів повітря, що вентилюється у приміщеннях будівлі. Як правило, ці об'єми дорівнюють величинам кратності повітрообміну у разі природної вентиляції або паспортним величинам витрат вентиляторів під час механічної вентиляції.

Для подальших розрахунків вважають, що об'ємні витрати витяжного V_B та припливного зовнішнього повітря V_3 для модернізованої системи вентиляції дорівнюють один одному $V_B = V_3$, м³/с.

Рекуперація теплоти без додаткового нагрівання припливного повітря

Визначається масова витрата вентилязованого повітря, кг/с

$$\dot{m}_B = V_B \cdot \rho_{\Pi} \quad (3.12)$$

де ρ_{Π} – густина повітря, що вентилюється за нормальних умов, кг/м³ (для розрахунків береться $\rho_{\Pi} = 1,3$ кг/м³ [19]);

V_B – об'ємна витрата повітря, що вентилюється, м³/с.

Визначається для природної вентиляції так:

$$V_B = 0,278 \cdot V_{\Pi} \cdot k_v \cdot n_k \cdot 10^{-3} \quad (3.13)$$

де V_{Π} – внутрішній об'єм приміщення, м³;

k_v – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розміщення у ньому різного обладнання (береться $k_v = 0,85-1,0$);

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹.

$$V_B = 0,278 \cdot 13670 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\dot{m}_B = 1,3 \cdot 3,42 = 4,446 \text{ кг/с}$$

						Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи розрахункові умови, що масові витрати і теплоємності витяжного та припливного повітря однакові та результати рівнянь теплового балансу, величина економії теплової енергії на опалення приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі, кВт, визначається як

$$\Delta Q_{\text{рт}} = \dot{m}_в \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - (t_{\text{з.р.}} + \Delta t_{\text{р}})) \quad (3.14)$$

де $t_{\text{в}}$ – температура витяжного повітря, °С, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилується;

$t_{\text{з.р.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С [23];

$\Delta t_{\text{р}}$ – величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, °С. Для практичних розрахунків береться із діапазону $\Delta t_{\text{р}} = 10\text{--}15$ °С;

$c_{\text{п}}$ – питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг·°С).

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 4,446 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25 + 10)) = 160,856 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після впровадження системи рекуперації, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК,рік}} = \Delta Q_{\text{рт}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{сп.оп}})}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р.}})} \cdot n_{\text{р.р}} \cdot n_{\text{р.п}} \quad (3.15)$$

де $\Delta Q_{\text{рт}}$ – величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;

						Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

t_B^{cp} - внутрішня температура приміщення будівлі (осереднена за робочими зонами), °С;

$t_{cp.op}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря [21], °С;

$t_{z.p}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря [12], °С;

$n_{p.p.}$ – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин;

$n_{p.п}$ – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб.

$$Q_{рт}^{EK, рік} = 160,856 \cdot \frac{(21 - (-0,7))}{(21 - (-25))} \cdot 8 \cdot 171 = 103806,67 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

$$Q_{рт}^{EK, рік} = 89,273 \text{ Гкал}$$

В грошовому еквіваленті економія становитиме 139177,69 грн.

Після запровадження технології рекуперації теплоти у систему вентиляції загальна теплова потужність для будівлі становитиме, кВт:

$$\Delta Q = \Delta Q_0 - \Delta Q_{рт} \quad (3.16)$$

де ΔQ_0 – теплова потужність будівлі до встановлення системи рекуперації, кВт.

$$\Delta Q = 217,938 - 160,856 = 57,082 \text{ кВт}$$

Рекомендується встановити припливно-вентиляційну систему з рекуператором Cooper Hunter FHBQ-D30-M 3000 м3 / год [24].

						Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 - Припливно-витяжні системи з рекуператором Cooper Hunter

Виробник: Cooper Hunter;

Модель: FHBQ-D30-M;

Продуктивність: 3000 м³/год;

Ефективність теплообмінника: 70%;

Вартість припливно-витяжної системи складає 84560 грн. Відповідно до попередніх розрахунків необхідно встановити 4 таких систем у навчальному корпусі інституту для забезпечення стабільної роботи системи вентиляції. Вартість монтажу складає 10% від вартості системи.

Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі (3.10):

$$C_{\text{впров}} = C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}$$

де $C_{\text{тов}}$ – вартість одиниці продукції, грн;

$C_{\text{робіт}}$ – вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$C_{\text{впров}} = (84560 + 84560 \cdot 0,1) \cdot 4 = 372064 \text{ грн.}$$

					Лист
					53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Визначаємо термін окупності за формулою (3.11):

$$T = \frac{C_{\text{впров}}}{\Delta E},$$

де ΔE – економія в грошовому еквіваленті після впровадження заходу;

$$T = \frac{372064}{139177,69} = 2,67 \text{ року.}$$

3.3 Впровадження системи моніторингу теплоспоживання

Зважаючи на технічний стан огорожувальних конструкції будівлі установи, що підключена до системи централізованого теплопостачання, а також графік функціонування закладу, вбачається доцільним впровадження у теплопункті закладу автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.

Така система у м. Суми і дає можливість у режимі «on-line» (он-лайн) контролювати реальне теплоспоживання будівлею, виключаючи «людський фактор». Результати функціонування системи з запровадженням регулювання показують зниження фактичного теплоспоживання за опалувальний сезон на 10%.

Підготовчі роботи, які необхідно провести до початку функціонування системи у автоматичному режимі:

- проведення енергетичного аудиту будівлі, одним з результатів якого повинно бути визначене індивідуальне контрольне базове теплоспоживання у т. ч. при застосуванні «чергового» опалення; режими функціонування системи опалення будівлі у години «чергового опалення»;

						Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення контрольних параметрів регулювання теплоспоживання (температура теплоносія, миттєве теплове навантаження, алгоритм регулювання);

- проведення тестової експлуатації системи.

Система побудована з використанням новітніх інформаційних технологій з каналами зв'язку через Internet, локальні власні мережі, або мережі мобільного зв'язку. Основною умовою для побудови системи є наявність на об'єкті теплового лічильника з цифровим виходом для зняття інформації.

Запровадження системи диспетчеризації надає можливість максимально заощаджувати на споживанні теплової енергії за рахунок узгодження дійсних потреб у тепловій енергії з її виробництвом у котельнях. Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії зображена на рис 3.3.

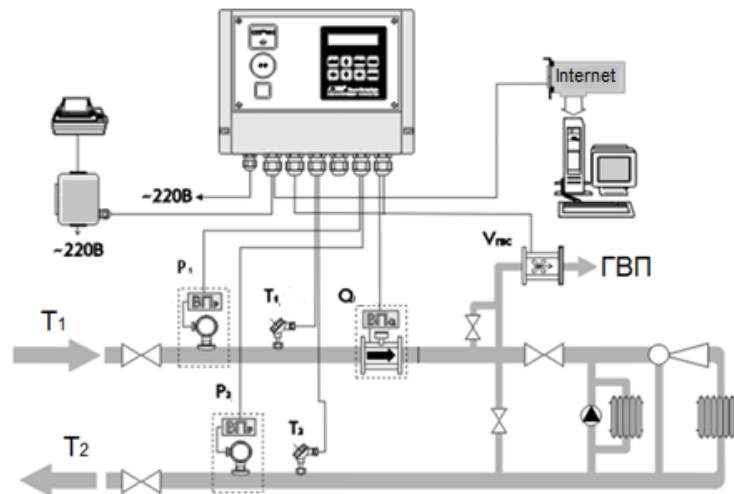


Рисунок 3.3 – Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії.

Оснащення споживача вузлами обліку теплової енергії

Система дозволяє в режимі он-лайн відслідковувати фактичне теплоспоживання будівель, визначати його прогнозне значення та проводити порівняння між фактичним і прогнозним показниками відповідно до зміни температури навколишнього середовища.

Результатами роботи системи є як економічні (економія дефіцитних енергоресурсів та бюджетних коштів) і соціальні (забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях), так й екологічні (скорочення викидів CO₂ та забруднення довкілля внаслідок зменшення обсягів використання палива) вигоди.

Для спрощення практичного регулювання теплоспоживання за допомогою наявного інструментарію як контрольна цифра системи моніторингу використовується показник миттєвого теплового навантаження будівлі, що контролюється за допомогою лічильника тепла. Виходячи з цього, завданням персоналу бюджетних закладів є регулювання споживання теплоти будівлями з орієнтацією на значення миттєвого теплового навантаження.

Дотримання даного контрольного показника забезпечує автоматичне дотримання ліміту теплоспоживання за певний період залежно від існуючих та прогнозованих температур навколишнього середовища.

3.3.1 Визначення базових параметрів будівлі для впровадження системи моніторингу теплоспоживання

Величина відхилення базового рівня теплоспоживання від розрахункового рівня теплоспоживання стає об'єктивною характеристикою ефективності експлуатації будівлі, та аргументацією щодо впровадження заходу з моніторингу споживання теплової енергії, який є одним з факторів виведення обсягів теплоспоживання до рівня сучасних показників енергоефективності.

За відлікову точку рівня базового теплоспоживання (з практичного досвіду) приймається величина спожитої теплової енергії за період коли середньодобова температура зовнішнього повітря становить нуль градусів за шкалою Цельсія.

						Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для проведення постійного контролю за рівнем теплоспоживання необхідно визначити розрахункову величину спожитої теплової енергії при нульовій температурі зовнішнього повітря з урахуванням розрахункової теплової потужності будівлі. При впровадженні системи моніторингу за обсягами теплоспоживання треба буде зводити до прийнятного рівня розрахункову величину теплоспоживання з величиною, отриманою при реальних умовах експлуатації за останній базовий звітній опалювальний період. Звичайно, після чергової реновації будівлі необхідно буде встановити нову базову норму для подальшого моніторингу ефективності споживання теплової енергії.

Розрахункова базова величина рівня теплоспоживання за період однієї доби коли середньодобова температура зовнішнього повітря дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія становить (2.3):

$$Q_{p,оп} = 217,938 \cdot \frac{(21 - 0)}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 1 = 2387,8424 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$= 2,05 \text{ Гкал (3.17)}$$

При проведенні енергетичного обстеження системи теплоспоживання будівлі було проведено аналіз обсягів теплоспоживання при різних значеннях середньодобової температури зовнішнього повітря та отримані дані величин спожитої теплової енергії при середньодобовій температурі зовнішнього повітря яка дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія. При впровадженні системи моніторингу за базову величину теплоспоживання необхідно прийняти розрахункову – 2,05 Гкал за добу.

										Лист
										57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

3.3.2 Розрахунковий аналіз потенціалу економії теплової енергії в результаті впровадження системи моніторингу

Аналіз статистичних даних теплоспоживання будівлями закладів, які вже підключені до міської системи моніторингу теплоспоживання, засвідчив націленість їх персоналу на виконання прогнозованих режимів теплоспоживання. За результатами моніторингу протягом опалювальних сезонів практично на всіх об'єктах додержувалися запропонованих системою лімітів теплоспоживання, а на деяких навіть отримали економію. Економія, зокрема, виникла через деяку невідповідність початкового розрахунку базової величини теплового навантаження будівель при температурі навколишнього повітря 0°C, а також внаслідок додаткового зниження теплоспоживання у неробочі години закладів. Через раціоналізацію режимів теплоспоживання внаслідок функціонування системи моніторингу були досягнуті економія енергоресурсів та бюджетних коштів на них, зниження обсягів забруднення довкілля.

Економія теплової енергії на об'єктах моніторингу склала від 0,8% до 18,95% при середньому рівні – 10% за сезон. Економія була одержана за рахунок дотримання прогнозованих лімітів теплоспоживання об'єктів та додаткових заходів щодо зниження теплового навантаження будівель у години відсутності людей у будівлях протягом доби.

Виходячи з чинного тарифу на теплову енергію, що становить на період 01 січня 2018 року 1559,67 грн/Гкал з ПДВ, розрахункова економія коштів на теплоспоживання, відносно до рівня базового теплоспоживання за опалювальний сезон 2018-2019 рр. $Q_{ф.оп}=205,784$ Гкал, з урахуванням прийнятої економії у 10%, становить:

$$E_{ф} = 205,784 \times 0,1 \times 1559,67 = 32095,51 \text{ грн. (з ПДВ).}$$

						Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно запропонованої схеми організації обліку та моніторингу споживання теплової енергії, треба встановити у будівлі закладу наступне обладнання:

1. Теплообчислювач (повний комплект);
2. Термінал;
3. Модуль.

Вартість всього комплексу обладнання, необхідного для організації та функціонування системи моніторингу становить 35500 грн. з ПДВ.

Вартість робіт з монтажу та налагодження системи моніторингу становить 10000 грн. з ПДВ.

Загальна сума всіх витрат складає $K = 45500$ грн. з ПДВ.

Простий строк окупності у періодах опалювальних років розраховується тільки відносно базового рівня споживання теплової енергії на опалення (останній звітний період), що є найбільш об'єктивною оцінкою прогнозованої економії енергоресурсів, і буде дорівнювати:

$$T_{\text{ок}}^{\text{ф}} = \frac{K}{E_{\text{ф}}} = \frac{45500}{32095,51} = 1,41 \text{ року} \quad (3.18)$$

Таким чином, основним результатом функціонування системи моніторингу теплоспоживання впродовж опалювального сезону є те, що запропонована система моніторингу за теплоспоживанням економічно дієва і є ефективною з точки зору:

- 1) формування контрольного значення миттєвого теплоспоживання на поточний та прогнозований період;
- 2) визначення добового ліміту теплоспоживання будівлею залежно від температури зовнішнього повітря;
- 3) встановлення багаторівневого контролю за фактичним теплоспоживанням будівлями в режимі on-line;

						Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4) можливостей формування звітних графіків теплоспоживання та порівняння їх з прогнозованими графіками лімітів теплоспоживання (за фактичними та прогнозованими температурами зовнішнього середовища);

5) можливості встановлення та перевірки базового теплового навантаження будівель;

6) мотивації персоналу адміністративними методами до своєчасного регулювання обсягів теплоспоживання будівлями;

7) можливостей впливу персоналу через коригувальні дії на процеси теплоспоживання;

8) можливості проведення порівняльного аналізу теплоспоживання будівлями з метою розробки та впровадження енергозберігаючих заходів, оцінки їх техніко-економічної ефективності.

						Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА ТЕМУ «МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ. НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ»

4.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Наступний матеріал, який розкриває тему і відповіді на питання теми розділу, отримано з відповідних літературних джерел з зазначеної тематики [25].

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь.

На відміну від мікроклімату житла та громадських споруд мікроклімат виробничих приміщень характеризується значною динамічністю і залежить від коливань зовнішніх метеорологічних умов часу доби та пори року, теплофізичних особливостей технологічного процесу, умов опалення та вентиляції.

Мікроклімат виробничих приміщень, в основному, впливає на тепловий стан організму людини та її теплообмін з навколишні середовищем

4.2 Вплив параметрів мікроклімату на самопочуття людини

Параметри мікроклімату справляють безпосередній вплив на самопочуття людини та його працездатність. Зниження температури за всіх

						Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

інших однакових умов призводить до зростання тепловіддачі шляхом конвекції та випромінювання і може зумовити переохолодження організму.

При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища.

Встановлено, що при температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає падати. За такої високої температури та вологості практично все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту. При підвищенні вологості піт не випаровується, а стікає краплинами з поверхні шкіри.

Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Вода та солі, котрі виносяться з організму з потом, повинні замінюватися, оскільки їх втрата призводить до згущення крові та порушення діяльності серцево-судинної системи.

Зневоднення організму на 6% викликає порушення розумової діяльності, зниження гостроти зору. Зневоднення на 15-20% призводить до смертельного наслідку.

Втрата солі позбавляє кров здатності утримувати воду та викликає порушення діяльності серцево-судинної системи. За високої температури повітря і при дефіциті води в організмі посилено витрачаються: вуглеводи, жири, руйнуються білки.

Для відновлення водяного балансу рекомендується вживати підсолену (0,5% NaCl) воду (4-5 л на людину за зміну), білково-вітамінний напій. У спекотних кліматичних умовах рекомендується пити охолоджену питну воду або чай.

Тривалий вплив високої температури у поєднанні зі значною вологістю може призвести до накопичення теплоти в організмі і до гіпертермії — стану, при котрому температура тіла піднімається до 38 – 40 °С.

										Лист
										62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

При гіпертермії, як наслідок, тепловому ударі, спостерігається головний біль, запаморочення, загальна слабкість, спотворення кольорового сприйняття, сухість у роті, нудота, блювання, потовиділення. Пульс та частота дихання прискорюється, в крові зростає вміст залишкового азоту та молочної кислоти. Спостерігається блідість, посиніння шкіри, зіниці розширені, часом виникають судоми, втрата свідомості.

За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія). На початковому етапі впливу помірного холоду спостерігається зниження частоти дихання, збільшення об'єму вдиху.

За тривалого впливу холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху зростають, змінюється вуглеводний обмін. З'являється м'язове тремтіння, при котрому зовнішня робота не виконується і вся енергія тремтіння перетворюється в теплоту. Це дозволяє протягом деякого часу затримувати зниження температури внутрішніх органів. Наслідком дії низьких температур є холодові травми.

Параметри мікроклімату спричиняють суттєвий вплив на продуктивність праці та на травматизм.

Вплив температури повітря на середню продуктивність праці характеризується графіком (рис.4.1).

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

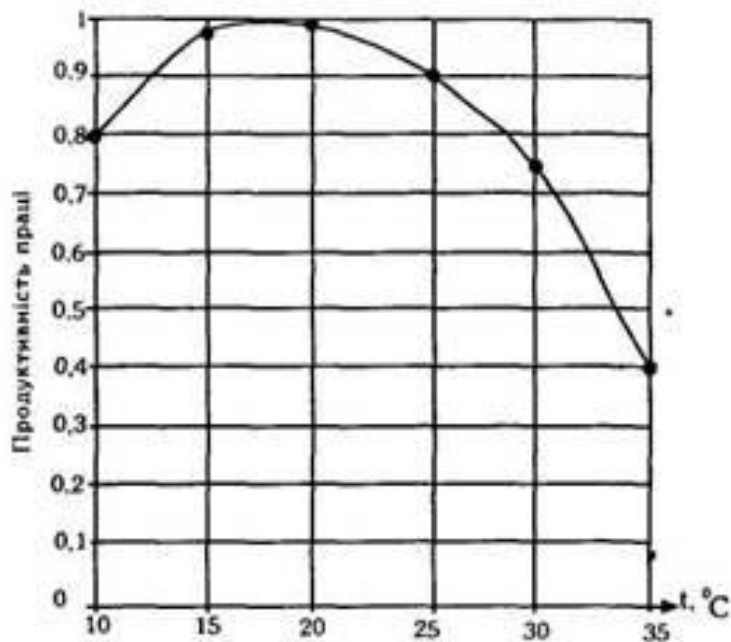


Рис. 4.1. Вплив температури повітря на продуктивність праці

4.3 Нормалізація параметрів мікроклімату

Вказані параметри нормуються для робочої зони — простору, обмеженого по висоті 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, на якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників.

В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка оптимальних та допустимих метеорологічних умов в робочій зоні в залежності від теплової характеристики виробничого приміщення, категорії робіт за ступенем важкості та періоду року.

Оптимальними (комфортними) вважаються такі умови праці, з яких має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі мікрокліматичні умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливосте! організму, а також дискомфортні відчуття.

					Лист
					64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень для різних категорій важкості робіт в теплій та холодний періоди року наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		
		оптимальна	допустима		оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше ніж	оптимальна, не більше ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних*		
			верхня межа	нижня межа						
			пос. тлінок	лепос. тлінок					пос. тлінок	лепос. тлінок
Холодний	Легка — Ia	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,1
	Легка — Ib	21—23	24	25	20	17	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,2
	Середньої важкості — Ia	18—20	23	24	17	15	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,3
	Середньої важкості — Ib	17—19	21	23	15	13	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,4
Теплий	Важка — II	16—18	19	20	13	12	40—60	75	0,3	Не більше ніж 0,5
	Легка — Ia	23—25	28	30	22	20	40—60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1—0,2
	Легка — Ib	22—24	28	30	21	19	40—60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1—0,3
	Середньої важкості — Ia	21—23	27	29	18	17	40—60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2—0,4
	Середньої важкості — Ib	20—22	27	29	16	15	40—60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2—0,5
	Важка — II	18—20	26	28	15	13	40—60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2—0,6

* Велика швидкість руху повітря у теплий період року відповідає максимальній температурі повітря, менша — мінімальній температурі повітря. Для середніх величин температури повітря швидкість його руху дозволяється визначати інтерполяцією, при мінімальній температурі повітря швидкість його руху може братися також не менше 0,1 м/с — при легкій роботі і не менше 0,2 м/с — при роботі середньої важкості та важкій.

4.4 Визначення параметрів мікроклімату

Для того щоб визначити, чи відповідає повітряне середовище даного приміщення встановленим нормам, необхідно кількісно оцінити кожний з його параметрів.

Температуру вимірюють звичайними ртутними чи спиртовими термометрами.

В приміщеннях зі значними тепловими випромінюваннями використовують парний термометр, що складається з двох термометрів (зачорненого та посрібленого). Для безперервної реєстрації температури застосовують самопишущі прилади — термографи. Температуру повітря вимірюють в кількох точках робочої зони, як правило на рівні 1,3—1,5 м від

підлоги в різний час. На тих робочих місцях, де температура повітря біля підлоги помітно відрізняється від температури повітря верхньої зони приміщення, вона вимірюється на рівні ніг (0,2—0,3 м від підлоги).

Відносна вологість повітря (відношення фактичного вмісту маси водяних парів, що містяться в даний час в 1 м³ повітря, до максимально можливого їх вмісту при даній температурі) визначається психрометром Августа, аспіраційним психрометром, гігрометром та гігрографом.

Для вимірювання швидкості руху повітря використовують крильчаті (0,3—0,5 м/с) та чашкові (1—20 м/с) анемометри, а для визначення малих швидкостей руху повітря (менше 0,5 м/с) — термоанемометри та кататермометри.

4.5 Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату

Створення оптимальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях є складною задачею, вирішити яку можна наступними заходами та засобами:

Удосконалення технологічних процесів та устаткування. Впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення.

Наприклад, заміна гарячого способу обробки металу — холодним, нагрів полум'ям — індуктивним, горнових печей — тунельними.

Раціональне розміщення технологічного устаткування. Основні джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі і в один ряд на такій відстані один від одного, щоб теплові потоки від них не перехрещувались на робочих місцях. Для охолодження гарячих виробів необхідно передбачити окремі приміщення.

						Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Найкращим рішенням є розміщення тепловипромінюючого обладнання в ізольованих приміщеннях або на відкритих ділянках.

Автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами. Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі фактори (наприклад автоматизоване завантаження печей в металургії, управління розливом сталі).

Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш розповсюдженими способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Так зване повітряне та водоповітряне душення широко використовується у боротьбі з перегріванням робітників в гарячих цехах.

Забезпечити нормальні теплові умови в холодний період року в надтогабаритних та полегшених промислових будівлях дуже важко і економічно недоцільно. Найбільш раціональним варіантом в цьому випадку є застосування променистого нагрівання постійних робочих місць та окремих дільниць. Захист від протягів досягається шляхом щільного закривання вікон, дверей та інших отворів, а також влаштуванням повітряних і повітряно-теплових завіс на дверях і воротах.

Раціоналізація режимів праці та відпочинку досягається скороченням тривалості робочої зміни, введенням додаткових перерв, створенням умов для ефективного відпочинку в приміщеннях з нормальними метеорологічними умовами. Якщо організувати окреме приміщення важко, то в гарячих цехах створюють зони відпочинку — охолоджувальні альтанки, де засобами вентиляції забезпечують нормальні температурні умови.

Для робітників, що працюють на відкритому повітрі зимою, обладнують приміщення для зігрівання, в яких температуру підтримують дещо вищою за комфортну.

Застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів В якості теплоізоляційних матеріалів широко використовуються: азбест, азбоцемент, мінеральна вата, склотканина, керамзит, пінопласт.

						Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На виробництві застосовують також захисні екрани для відгородження джерел теплового випромінювання від робочих місць. За принципом захисту щодо дії тепла екрани бувають відбиваючі, поглинаючі, відвідні та комбіновані. Хороший захист від теплового випромінювання здійснюють водяні завіси, що широко використовуються в металургії.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій. Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною теплосвітловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей — окуляри — темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу, а під час опадів — плащів та гумових чобіт [25].

										Лист
										68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження будівлі навчального корпусу комунального закладу «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти», який розташовано за адресою: м.Суми, вул. Римського-Корсакова, 5. Було проведено енергетичний аудит будівлі, вивчено проектну документацію та здійснено аналіз використання енергоносіїв.

В результаті розрахункового аналізу відповідності фактичних обсягів теплоспоживання досліджуваного об'єкту з розрахунковим обсягом теплоспоживання, було виявлено неспівпадання з нормованими показниками енергопотреби будівлі. Причиною цього є відсутність пристроїв автоматичного погодозалежного регулювання теплового потоку, що надходить до системи опалення будівлі, застосовується «ручне» регулювання засувками, як наслідок – нерівномірний прогрів приміщень закладу.

Використання електроенергії на водопостачання будівлею не перевищує значення нормованих показників.

Після складання балансу тепловтрат було виявлено, що велика частка теплової енергії втрачається через огорожуючі конструкції, а саме через стіни та стелю, а також через систему вентиляції. Саме тому обрано наступні енергозбережні заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни і стеля);
- встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції;
- впровадження системи моніторингу теплоспоживання.

Реалізація енергозбережних заходів дає змогу зменшити тепловтрати будівлі, і в результаті зменшити потреби теплової енергії закладом.

										Лист
										69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
4. Норми витрат електричної і теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України. – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження №91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999.
5. Рішення міськвиконкому про «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20.04.1999 р.» №172.
6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
7. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
8. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с
9. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.
10. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.

						Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» / укладачі: С. С. Антоненко, Е. В. Колісніченко. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 84 с.

12. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП ІІ-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарство України, 2006. – 72 с.

13. СНіП ІІ-3-79*. Строительная теплотехника.

14. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.

15. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель». – К. Мінрегіонбуд України, 2016. –47 с.

16. Щеркин Р. В., Справочник по теплоснабжению и вентиляции. – издание 4-е, переработанное и дополненное. / Р.В. Щекин, С.М.Кореневский, Г.Е.Бем, Ф.И.Скороходько, Е.И.Чечик и др. Кн. 2-я. – К. : Будівельник, 1976. – 352 с.

17. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.

18. Чесанов Л. Г., Внутренняя среда помещений: эколого-гигиенические аспекты / Л.Г. Чесанов, А.Г. Шапарь, А. И. Кораблева и др.- Днепропетровск, 2001. – 164 с.

19. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С.С. Антоненко, В.М. Козін, Е.В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.

20. [Електронний ресурс]: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Сумах.

						Лист
						71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

21. [Електронний ресурс]: <https://27.ua/>.

22. [Електронний ресурс]: <https://uteplenie-sumy.io.ua/>.

23. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001.

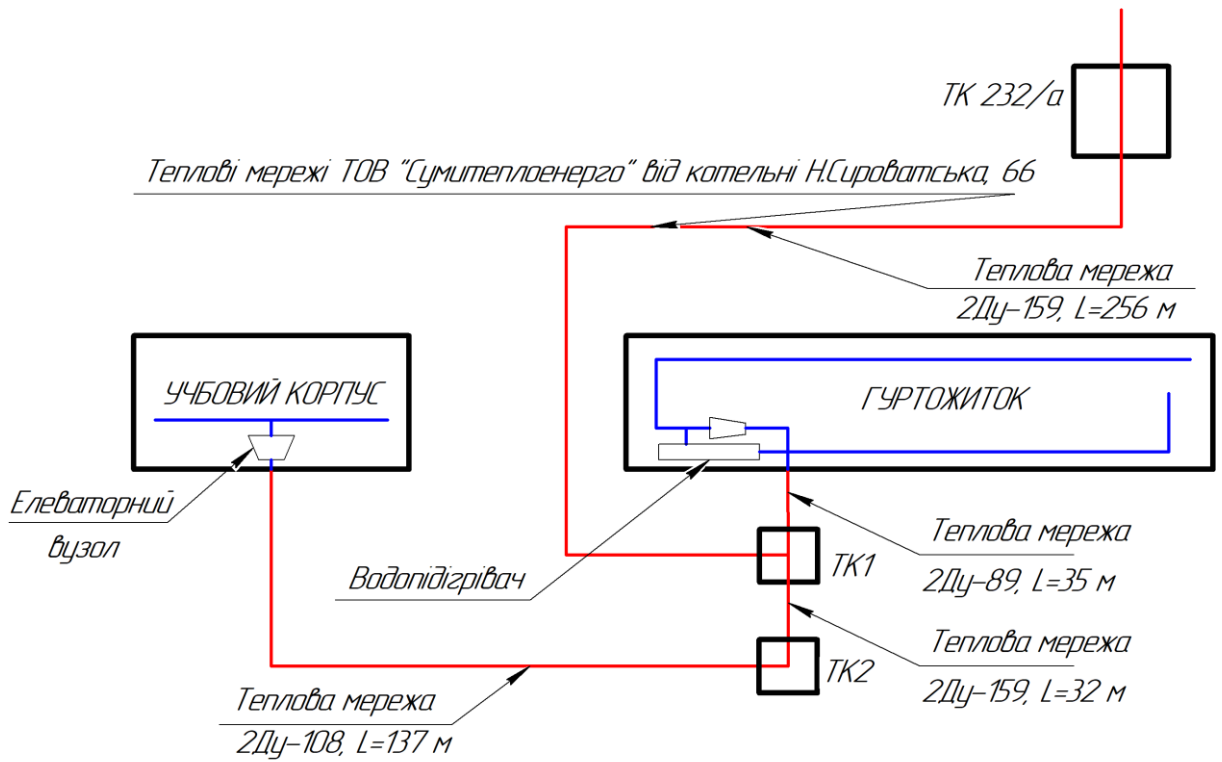
24. [Електронний ресурс]: <https://skyclimate.com.ua/>.

25. Основи охорони праці В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.

						Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Схема теплового пункту КЗ СОШПО



Червоним кольором позначено тепломережі: ТОВ "Суміобленерго"

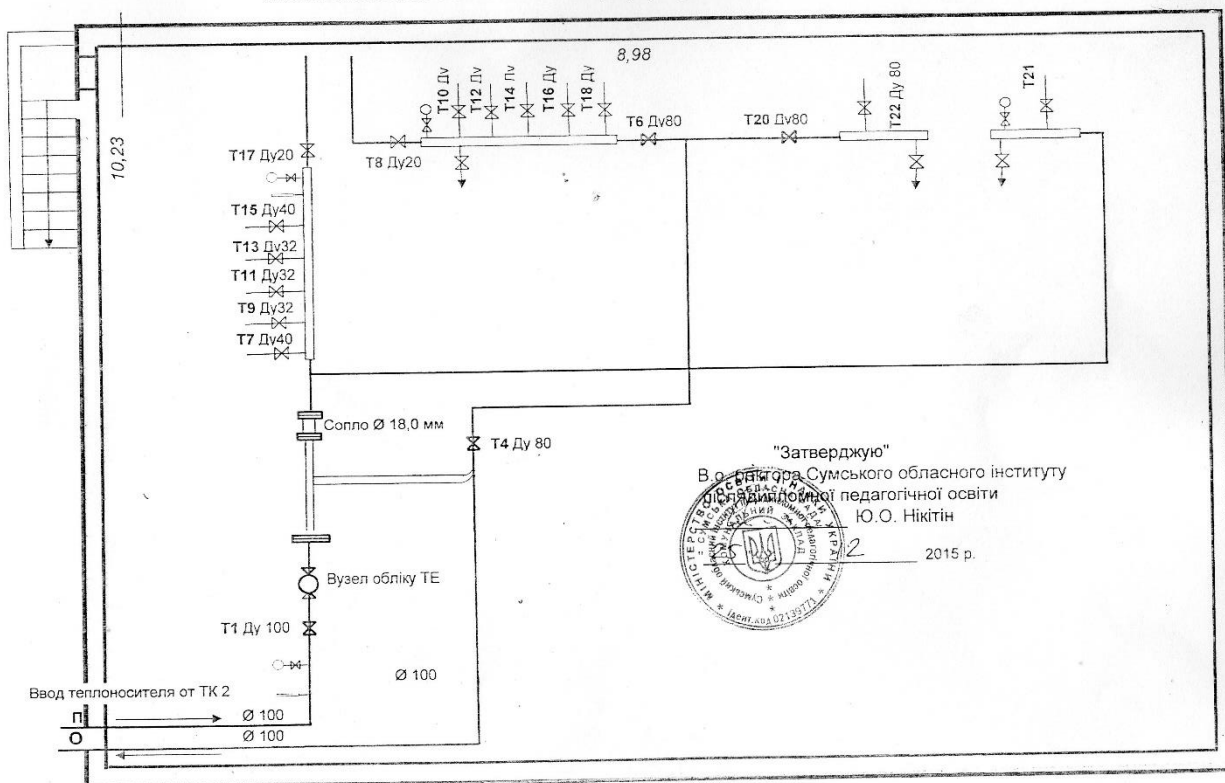
Синім кольором позначено мережі: КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	73

ДОДАТОК Б

Схема опалення навчального корпусу Сумського обласного ІППО

25



"Затверджую"
 В. о. директора Сумського обласного інституту
 дослідницької педагогічної освіти
 Ю. О. Нікітін
 2015 р.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					74

Додаток В

Таблиця Б.1 – Кількість теплової енергії на опалення, спожитої будівлею закладу за 2016 – 2019 роки

Місяць	Рік			
	2016	2017	2018	2019
	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	X	44,87	44,94	49,83
Лютий	X	46,22	44,02	41,09
Березень	X	28,13	37,59	29,31
Квітень	X	9,77	12,81	12,61
Травень	–	–	–	–
Червень	–	–	–	–
Липень	–	–	–	–
Серпень	–	–	–	–
Вересень	–	–	–	–
Жовтень	5,06	0,57	1,78	X
Листопад	28,33	30,17	30,77	X
Грудень	42,07	37,86	40,18	X
Всього	75,46	197,59	212,09	X