

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: «Енергетичний аудит систем енергопостачання

закладу позашкільної освіти»

спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
(Енергетичний менеджмент)

Виконавець роботи

Чесак В.Ю.

(прізвище і ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

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

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Антоненко С. С.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

\_\_\_\_\_ 2020 р.  
“ ”

Секретар комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 с., 6 таблиць, 6 рисунків, 3 додатки, 17 літературних джерел.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема будівлі, що обстежується, результати тепловізійного обстеження, розрахунковий аналіз теплового балансу будівлі, економічний аналіз

*Мета роботи:* проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка енергозберігальних заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

*Предметом дослідження* є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі дитячої музичної школи №1 (ДМФ №1) Сумської міської ради, аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

*Об'єктом дослідження* є використання енергоносіїв в ДМФ №1.

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

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

Тема роботи – «Енергетичний аудит систем енергопостачання закладу позашкільної освіти».

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

#### РЕФЕРАТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 5  |
| 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 ..... | 10 |
| 1.3.1 Система опалення .....  | 10 |
| 1.3.2 Система електропостачання.....                                      | 11 |
| 1.3.3 Система водопостачання.....   | 12 |
| 1.3.4 Система вентиляції.....   | 12 |
| 1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв .....                        | 12 |
| 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....                          | 15 |
| 1.4.1 Техніко-економічний аналіз системи тепlopостачання.....             | 15 |
| 1.4.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....      | 15 |
| 1.4.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води.....            | 15 |
| 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....   | 19 |
| 2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....                             | 19 |
| 2.2 Аналіз результатів вимірювання.....                                   | 20 |
| 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....         | 23 |
| 3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі .....                          | 23 |
| 3.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій .....     | 23 |
| 3.1.2 Визначення видів тепловтрат будівлі .....                           | 25 |
| 3.1.3 Визначення видів теплонадходжень будівлі .....                      | 26 |
| 3.2 Аналіз теплового балансу будівлі .....                                | 27 |
| 4. РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....                         | 29 |
| 4.1 Опис можливих енергозбережних заходів .....                           | 29 |
| 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів .....           | 31 |
| 4.2.1 Утеплення стін і суміщеного перекриття (горишне перекриття).....    | 31 |
| 4.2.2 Заміна віконних отворів.....  | 36 |
| 4.2.3 Встановлення радіаторних рефлекторних (тепловідбивних) екранів..... | 38 |
| 4.2.4 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі..   | 40 |

|           |           |          |        |      |  |                    |      |        |
|-----------|-----------|----------|--------|------|--|--------------------|------|--------|
|           |           |          |        |      | <b>6.144.16 БР 01 ПЗ</b>   |                    |      |        |
| Изм.      | Лист      | № докум. | Підпис | Дата | <b>Енергетичний аудит систем енергопостачанняі закладу позашкільної освіти</b> | Лит.               | Лист | Листів |
| Розробив  | Чесак     |          |        |      |  | 3                  | 61   |        |
| Перевірив | Антоненко |          |        |      |  |                    |      |        |
| Н. Контр. | Антоненко |          |        |      |  | <b>СумДУ ЕМ-61</b> |      |        |



## ВСТУП

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

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-3].

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

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

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

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

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

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

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-3].

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

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 5    |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

### **Мета та призначення представленої роботи:**

Розробка енергоефективних заходів для впровадження (визначення потенціалу енергоощадності в натуральних та фінансових показниках для запропонованих енергоефективних заходів, ранжування заходів за пріоритетністю) в умовах обстежуваної будівлі.

### **Задачі, які вирішуються при проведенні розрахункових робіт:**

Виявлення місць втрат теплової енергії та її нераціонального використання у системі теплопостачання. Аналіз дійсного стану системи вентиляції з подальшим співвідношенням отриманих показників обстеження з нормативними вимогами.

Визначення енергетичного балансу об'єкту за видами тепловтрат та теплонадходженнями.

Опис енергозбережних заходів, які плануються до впровадження на об'єкті.

Розрахунковий аналіз скорочення споживання енергоресурсів після впровадження енергозбережних заходів.

Корегування отриманих розрахункових результатів економії ПЕР по відношенню до базового рівня енергоспоживання.

Розрахунок економічних показників запропонованих енергоефективних заходів (простий та дисконтований строк окупності на базі прогнозованих тарифів).

### **Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження:**

- проектна документація на об'єкт обстеження;
- документація обліку споживання ПЕР об'єктом.
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що діють на території України.

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

1. Ознайомлення з проектною документацією на будівлю та інженерні мережі. Збір первинної інформації про об'єкт. Систематизація та узагальнення отриманих даних із технічної документації.

2. Проведення інструментального обстеження будівлі та інженерних мереж. Обробка результатів інструментального обстеження:

– Тепловізійна зйомка зовнішніх огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, вікон, вхідних дверей, даху).

– Тепловізійна зйомка інженерних систем виявлення дефектів в системах опалення (трубопроводи, опалювальні прилади та ін.).

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 6    |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

– Вимірювання параметрів внутрішнього мікроклімату при звичайному режимі роботи об'єкта: внутрішня температура приміщення; вологість; швидкість потоку внутрішнього повітря; температура внутрішньої поверхні стін;

– Вимірювання параметрів системи вентиляції.

3. . Розробка енергозбережних заходів з економії ПЕР.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 7    |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Сумська дитяча музична школа № 1 є комунальним закладом Сумської міської ради. Будівля розташована за адресою:

вул. Комсомольська, 73, м. Суми, Сумська область, 40009

Телефон (0542) 66-99-02.

Сумську дитячу музичну школу № 1 було відкрито 1 вересня 2000 року. Ця будівля була спочатку дитячим садочком «Електронних мікроскопів» з 1956 року по 2000 рік. Потім відбулася реконструкція будівлі, в якій за проектом не передбачалася модернізація діючих систем енергопостачання, а також внутрішніх мереж сантехніки, за виключенням розроблення внутрішнього освітлення та системи протипожежної безпеки, а також встановлення лічильників на холодну воду та тепло. Зміни у конструкцію зовнішніх огорожувальних конструкцій не відбулося.

Сумська ДМШ № 1 складається з одного двоповерхового навчального корпусу загальною площею 909,37 м<sup>2</sup>. Сьогодні навчальний заклад налічує 400 учнів. Для проведення навчального процесу в музичній школі існують такі аудиторії: 26 навчальних класів, 1 учительська, бібліотека, 1 кабінет завідуючої господарством, 2 теоретичні зали, концертна зала, кабінет директора, кабінет завуча, приймальна кімната. Також будівля має 3 туалетні кімнати, фойє, 2 сходових клітини, 1 центральний вхід та 2 запасних.

У закладі встановлений шестиденний робочий тиждень. Вихідний день – неділя. Робочий графік роботи закладу: з 8<sup>00</sup> години до 20<sup>00</sup> години.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Архітектурно-планувальна конструкція не відповідає сучасним вимогам енергоефективності експлуатації будівлі. А саме, великі площі застарілих

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 8    |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



віконних прорізів, стіни з локальними пошкодженням, вентиляція, яка частково закладена блоками, застарілі конструкції входних дверей та запасних дверей у будівлю. Вказані фактори обумовлюють погіршення умов тепломасовологісного стану всієї будівлі у цілому.

Підтримання комфортних температур у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії. Незадовільний стан вікон застарілої конструкції та неякісне встановлення нових пластикових вікон, вивітрювання цегляної кладки будівлі та старі двері спричиняють надмірну інфільтрацію холодного повітря до будівлі навчального закладу, а зокрема до навчальних класів, де діти перебувають досить довго. Все у сумі підвищує надмірне споживання теплової енергії усім комплексом будівлі дитячої музичної школи № 1.

Технічна характеристика огорожувальних конструкцій будівлі представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна технічна характеристика огорожувальних конструкцій Сумської ДМШ № 1

| №п/п | Найменування частин будинку | Коротка технічна характеристика                                    |
|------|-----------------------------|--|
| 1    | 2                           | 3  |
| 1    | Фундамент                   | Бетонний (стрічковий)  |
| 2    | Зовнішні стіни              | Цегляні  |
| 3    | Внутрішні стіни             | Цегляні, оштукатурені, пофарбовані, шпалери                        |
| 3    | Перекриття                  | Залізобетонні плити, керамзит                                      |
| 4    | Перегородки                 | Піноблоки, гіпсокартонні листи, оштукатурені, пофарбовані, шпалери |
| 5    | Дах                         | Азбестоцементний шестихвильовий шифер                              |
| 6    | Підлога                     | Залізобетонна плита, цементна                                      |

|   |                    |                                  |
|---|--------------------|----------------------------------|
|   |                    | стяжка, лінолеум                 |
| 7 | Віконні заповнення | Дерев'яні, пластикові            |
| 8 | Дверні заповнення  | Дерев'яні, ззовні оббиті залізом |

При вивченні проектної документації і подальшого її зіставлення з дійсним станом будівлі, яка обстежуються, було встановлено, що за час експлуатації об'єкта були внесені зміни у загальну конструкцію стін, а саме закладання цеглою дверних прорізів та балконних, добудова нових перегородок між аудиторіями, добудова комори, що свідчить про невідповідність конструктивних особливостей будівлі до проектних на час будівництва.

### 1.3 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання об'єкта

Основними системами, що забезпечують функціонування будівлі дитячої музичної школи № 1, являються системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання, вентиляційна система та система водовідведення (каналізації). Система водовідведення – централізована.

#### 1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумської ДМШ № 1 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ВАТ «СНВО ім. М.В. Фрунзе» договір МБЗ-6/150 від 01.10.2005 року.

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного на першому поверсі музичної школи.

Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, неповністю ізольовані.

Система теплової мережі музичної школи двотрубна; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна.

Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 10   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Досліджувана система опалення включає наступне устаткування:

- подавальні стояки;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотний трубопровід.

В якості опалювальних приладів використовуються в основному чавунні секційні радіатори. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні.

Доступ до опалювальних приладів необмежений. Система тепlopостачання закладу має ряд експлуатаційних недоліків (малий циркуляційний тиск), що впливає на якість теплопередачі від приладів опалення, в результаті чого температура у деяких приміщеннях закладу не відповідає нормативним показникам, що призводить до погіршення комфортних умов перебування в приміщеннях і вимагає використання додаткових джерел теплової енергії.

### 1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання ДМШ № 1 здійснюється на підставі договору з ВАТ «Сумиобленерго» додаткова угода № 36/13 номер договору № 36 від 09.03.2010 року.

Джерелом постачання електроенергії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ПАТ «Сумиобленерго».

До основних технічних енергоспоживаючих систем будівлі музичної школи належать:

- система освітлення;
- технологічне обладнання.

До основного електроспоживаючого обладнання закладу належать: 2 телевізори, 1 ксерокс, 4 магнітофони, 3 комп'ютери, 2 принтери, 1 домашній кінотеатр, електрогітари, електроскрипки, 1 електричне фортепіано, електричні мікрофони.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 11   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

### 1.3.3 Система водопостачання

Постачання води до Сумської ДМШ № 1 здійснюється централізовано від мереж КП «Міськводоканал» Сумської міської ради додаткова угода № 15 договір № 184 від 01.06.2011 року. Подача води забезпечується за рахунок тиску зовнішньої водопровідної мережі. Об'єми споживання води обраховуються лічильником, що належить закладу.

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з наступних елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- пункт обліку з лічильником;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані зі сталевих труб;
- запірно-регулююча арматура (засувки, вентилі).

Гаряче водопостачання відсутнє.

### 1.3.4 Система вентиляції

У будівлі наявна природна витяжна вентиляція здійснюється через канали, що прокладені в товщі стін та виводяться вище рівня даху приблизно на 0,5-0,7 м. Припливні та витяжні решітки встановлені на каналах під стелею. Засоби регулювання на вихідних отворах не встановлені. Повітря і вуглекислий газ, піднімаючись до стелі, втягуються у вентиляційні ґратки і далі через них виходить у навколишнє середовище

Заходи з очищення вентиляційних каналів останнім часом не здійснювались.

### 1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Згідно договору з ВАТ «СНВО ім. М.В. Фрунзе» щомісячно заклад отримує акт прийому-передачі теплової енергії, та рахунок за спожиту теплову енергію. Розрахунок за спожиту теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Вузол обліку теплової енергії розташований у теплопункті на першому поверсі навчального закладу (додаток А), де є вільний доступ обслуговуючого

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 12   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж.

Технічними умовами передбачено встановлення багатофункціонального електронного лічильника тепла типу CALMEX-VKP-431WS 50/150 марки ТОВ «Інвестпремекс», та температурних датчиків марки PREMEX (від 5,7).

Планове гідропневматичне промивання системи опалення відбувається завжди раз на рік, а продувка один раз на два роки влітку. 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 теплогосподарство і теплозабезпечення в ДМШ № 1 – завідувача господарством.

Кількість спожитої холодної води визначається крильчатим лічильником обліку холодної води E-T1,5 DN15 марки SENSUS, що встановлений на вводі у тепловому пункті.

Періодичність повірки – один раз на 3 роки.

Облік спожитої електроенергії здійснюється згідно з вимогами ПУЕ та ПКЕЕ. Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показань приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (розрахунковий період – місяць).

Комерційний облік спожитої активної електричної енергії на даний момент здійснюється за допомогою встановленого лічильника активної енергії САЧ-4678.

Лічильники реактивної потужності в закладі відсутні, тому об'єми споживання реактивної електроенергії, величину оплати за реактивну потужність розраховує ПАТ «Сумиобленерго».

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 13   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

У штаті працівників закладу наявний електрик з обслуговування електричного обладнання з групою допуску для виконання оперативної роботи по електрогосподарству.

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води Сумської ДМШ № 1 визнано придатними (згідно з ДСТУ 3339-96) до застосування на підставі результатів проведених повірок. Періодичність повірки – 3 роки.

#### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень. Так як тепла енергія споживається тільки у опалювальний період.

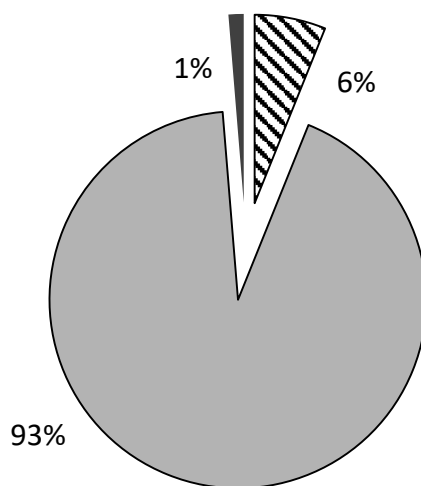
Характер споживання електричної енергії залежить від використання енергоспоживаючого обладнання, режимів його роботи, що пов'язано з кількістю вихованців та особливостями виховного процесу у закладі у відповідний період. Можна побачити, що кількість спожитої електроенергії в теплу пору року менша. Це пояснюється тим, що в літній період збільшується світловий день і, як результат, зменшується споживання електроенергії на освітлення приміщень.

З аналізу обсягів споживання води можна зробити висновок про значне зменшення споживання у теплі місяці року, особливо у серпні та вересні, що зумовлене зменшенням кількості учнів у музичній школі, та й у відповідності зменшення вчителів, як результат зниженням обсягів споживання води, яка в основному йде на змивні бачки у туалетах.

Для надання загальної характеристики обсягів витрат ПЕР і води та визначення першочергових можливих напрямків економії енергоспоживання, наведено порівняльну діаграму витрат коштів у відсотках на споживання електричної, теплової енергії та холодної води по будівлі. Дана діаграма представлена на рисунку 1.4.

Проаналізувавши зображену на рисунку 1.4 діаграму можна зробити висновок, що найбільше в ДМШ № 1 споживається тепла енергія.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 14   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |



електрична енергія
  теплова енергія
  холодна вода

Рисунок 1.1 – Співвідношення витрат коштів на споживання енергоресурсів та води

Таким чином, першочерговим напрямком впровадження енергозберігаючих заходів щодо економії витрат на експлуатацію будівлі є заходи з раціонального використання теплової енергії.

#### 1.4.1 Техніко-економічний аналіз системи тепlopостачання

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

Питома теплова витрата енергії на опалення будівлі за опалювальний період– це кількість теплової енергії за опалювальний період, необхідної для компенсації тепловтрат будинку із врахуванням повітрообміну і додаткових теплонадходжень при нормованих параметрах теплового і повітряного режимів приміщень у ньому, віднесеної до одиниці опалювального об'єму будинку [2]:

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

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

$V_{буд}^{оп}$  – опалювальний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

Питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові:

$$q_{буд} \leq E_{max}, \quad (1.2)$$

де  $q_{буд}$  – фактичні питомі тепловитрати кВт·год/м<sup>3</sup>;

$E_{max}$  – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт год/м<sup>3</sup>[2].

Нормативні максимальні тепловитрати для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [2]:

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

Згідно проведених розрахунків фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за опалювальні періоди становлять:

Середнє значення фактичних питомих тепловитрат становить

$$q_{буд} = \frac{110,08}{5341,62} = 0,021 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}$$

Отриманий результат по будівлі відповідає нормативній умові (5.2). Але, враховуючи результати перших етапів енергетичного обстеження та тепловізійного обстеження, треба зазначити, що причиною такого результату порівняння є недогрівання приміщень будинку внаслідок неприйнятно жорсткої економії у споживанні теплової енергії за причиною встановлених для будівлі занижених лімітів. Регулювання відбувається у ручному змінному режимі роботи вузла тепlopункту до низьких значень споживання теплової

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 16   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



енергії; при цьому відбувається неконтрольоване використання по приміщеннях будівлі додаткових джерел теплоти, що підвищують загальні витрати на оплату за енергопостачання будинку. У такій ситуації відбувається прискорена втрата огорожувальними конструкціями їх необхідних теплотехнічних характеристик за рахунок їх зволоження; збільшуються тепловтрати крізь стіни, що остигають; порушуються норми комфортності; підвищується рівень точки роси; порушується циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах навчального закладу; можливе замерзання теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи і т.п.

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

#### 1.4.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Необхідно провести порівняння річного питомого споживання електричної енергії по будівлі з нормованим значенням відповідно до норм витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України [3, табл. 8.7].

Для будівлі музичної школи осереднене фактичне питоми споживання електричної енергії становить – 7,5 кВт·год на м<sup>2</sup> корисної площі корпусу.

Згідно з нормативним показником, величина споживання електричної енергії для навчальних та лабораторних корпусів вищих і середніх спеціальних навчальних закладів у Сумській області 19 кВт·год на м<sup>2</sup> корисної площі корпусу.

Фактичне значення не перевищує нормоване, що є добрим показником, але існує потенціал зменшення споживання електричної енергії шляхом використання більш енергоефективних електричних приладів та заміни ламп освітлення застарілої конструкції на більш економічні енергозберігаючі або світлодіодні.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 17   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

### 1.4.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води

Витрати води у будівлі залежать від кількості присутніх осіб, технічних потреб, пори року. За відомими величинами місячних витрат води (рисунок 1.3) і відомій кількості осіб у будівлях визначено питомі показники витрат холодної води на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами споживання холодної води на одну особу відповідно до [4 таблиця А.2 поз.7]: «Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу, для навчальних закладів (спеціальних, санаторних), будинків дитини, дошкільних дитячих будинків із денним перебуванням дітей, загальна кількість води на 1 дитину – 40 л/добу.

Значення середніх фактичних питомих витрат холодної води по навчальному закладу на одну особу, л/добу, за річний період роботи закладу – 234 доби, становлять – 4,5 л/добу

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

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 18   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

## 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

### 2.1 Опис методів та приладів вимірювання

Під час проведення енергетичного аудиту Сумської ДМШ № 1 використовувались наступні вимірювальні прилади:

- універсальний вимірювач температури та вологості повітря;
- тепловізор;
- цифровий люксометр.

У період проведення обстеження температура зовнішнього повітря становила  $-2^{\circ}\text{C}$ , а середня температура всередині приміщень становила  $+22^{\circ}\text{C}$ .

Для визначення температури повітря в приміщеннях та ззовні використовувався універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси Testo 605-N1 (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

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

Для визначення температури, стану огорожувальних конструкцій будівель, місць втрат тепла, порушень роботи опалювальних приладів використовувався тепловізор FlukeTi25 (рис. 2.2).

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 19   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



Рисунок 2.2 – Тепловізор FlukeTi25

Мета обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у будівлі Сумської дитячої музичної школи № 1.

На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила - 2°C. Середня температура всередині приміщень становила 22°C.

Отримані термограми вказують на місця найбільших втрат теплової енергії на об'єкті дослідження.

Результати тепловізійного обстеження будівлі ДМШ № 1, які характеризують стан зовнішніх огорожувальних конструкцій ззовні та всередині, представлені у додатку Б.

## 2.2 Аналіз результатів вимірювання

Результати вимірювання температури у приміщеннях, у яких проводилося енергетичне обстеження представлені у додатку В.

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

У більшості приміщень будівлі температура повітря на момент проведення енергетичного обстеження відповідала сучасним вимогам за температурними показниками [2]. Згідно чинних нормативних вимог, температура у навчальних приміщеннях повинна бути 21–22°C.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 20   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

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

**1. Віконні отвори.** З отриманих термограм видно, що основні втрати тепла у навчальному корпусі відбуваються через застарілі дерев'яні віконні отвори, та через неякісно встановленні пластикові вікна. Незадовільний стан значної кількості вікон є результатом порушеної щільності прилягання віконних стулок та послаблення штапикового притиснення скла до елементів віконних конструкцій. Це призводить до значного проникнення холодного повітря всередину приміщень. На термограмах місця втрат теплової енергії у віконних конструкціях представлені темно-синьою кольоровою палітрою. Холодні ділянки на термограмах віконних отворів займають у більшості випадків майже увесь периметр місць прилягання віконних стулок та кватирок до основної рами вікна, а також, місця стику віконної рами зі стіною.

**2. Огороджувальні конструкції.** Будівля музичної школи побудована ще в 1956 році. За весь час її експлуатації стінові конструкції значно втратили свої теплозахисні властивості. Наявні вивітрювання міжцегляної стінової кладки; локальна руйнація елементів стінових конструкцій; зволоження матеріалу огорожувальних конструкцій, все це значно погіршує енергоефективність експлуатації будівлі.

Можна стверджувати, що фізичне зношення стінових конструкцій призводить до значних тепловтрат з навчальних та робочих приміщень. Це позначається на величині витрат теплової енергії для підтримання прийнятної температури повітря всередині таких будівель.

Великі втрати тепла відбуваються через конструктивні стики між стінами, а також між стінами і стелею. Середня температура внутрішньої поверхні проблемних зовнішніх стін та стелі досягає точки роси. Це призвело до зволоження стін і прискорення їх руйнації, особливо в місцях стику між не утепленими стінами.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 21   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Також великі втрати теплоти з будівлі відбуваються через незадовільний стан зовнішніх входних дверей та запасних.

Треба відмітити, що у будівлі система опалення працює частково задовільно, але при існуючому стані огороджувальних конструкцій значна частина теплової енергії втрачається у зовнішнє середовище.

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

|            |             |                 |               |             |  |             |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|-------------|
|            |             |                 |               |             |  | <i>Лист</i> |
|            |             |                 |               |             |  | 22          |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |             |

## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

### 3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

#### 3.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове виконання умови [2]:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} \geq R_{q_{\text{min}}}, \quad (3.1)$$

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

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

Розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{\text{пр}}} + \frac{1}{\alpha_3}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (3.2)$$

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

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [2];

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 23   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$\lambda_{ip}$  - теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [2];

$\delta_i$  - товщина і-го шару огорожувальної конструкції, м;

$n$  - кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_i$  - термічний опір і-го шару конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт.

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

| № п/п | Найменування конструктивного елемента | Матеріал шару   | Товщина шару, $\delta_i$ , м | Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ | $R_{\Sigma np}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | $R_{q \min}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ |
|-------|---------------------------------------|---|------------------------------|--|--|---|
| 1     | Стіна                                 | Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині | 0,50                         | 0,81   | 0,8  | 3,3   |
|       |                                       | Цементно-піщана штукатурка                            | 0,02                         | 0,81   |  |   |
| 2     | Горищне перекриття                    | Залізобетонна плита                                   | 0,22                         | 0,17   | 1,81   | 4,95  |
|       |                                       | Керамзит  | 0,05                         | 0,14   |  |   |
| 3     | Вікна                                 | Дерев'яні   | –                            | –  | 0,24   | 0,75  |
|       |                                       | Пластикові  | –                            | –  | 0,38   |   |
| 4     | Вхідні двері                          | Дерев'яні   | 0,05                         | 0,41   | 0,28   | 0,65  |
|       |                                       | Залізо  | 0,002                        | 58   |  |   |
| 5     | Підлога                               | Залізобетонна плита                                   | 0,22                         | 0,18   | 1,39   | 3,75  |
|       |                                       | Лінолеум полівінілхлоридний на тканевій основі        | 0,005                        | 0,35   |  |   |

Отримані результати ( $R_{\Sigma np} \gg R_{q \min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним



вимогам [2]. Можна зробити висновок про незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх стін, горищних перекриттів та віконних отворів, це вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення опору теплопередачі, тобто проведення робіт з теплоізоляції стін та заміни вікон.

### 3.1.2 Визначення видів тепловтрат в будівлі

Величини теплових втрат за їх видами у навчальному закладі при дійсному стані огорожувальних конструкцій, внутрішній температурі приміщень  $t_e=22^\circ\text{C}$  (за результатами проведених вимірювань) та розрахунковій температурі зовнішнього повітря  $-22^\circ\text{C}$  [7] наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Величини тепловтрат по будівлі

| Через стіни, $Q_{стн}$ , кВт | Через вікна, $Q_{вкн}$ , кВт | Через підлогу, $Q_{пдл}$ , кВт | Через стелю, $Q_{стл}$ , кВт | Через двері, $Q_{дв,к}$ Вт | Додаткові втрати через огорожувальні конструкції, $\Sigma Q_{д}$ , кВт | На інфільтрацію через вікна і двері, $\Sigma Q_{вкн\інф}$ , кВт | На витяжну вентиляцію $Q_{в}$ , кВт |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|---|-------------------------------------|
| 25,85                        | 23,2                         | 6,45                           | 9,01                         | 1,57                       | 4,43   | 9,56  | 28,27                               |

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі, що обстежується, становлять:

$$\Sigma Q_{втр} = 25,85 + 23,2 + 6,45 + 9,01 + 1,57 + 4,43 + 9,56 + 28,27 = 108,34 \text{ кВт}$$

Тепловий баланс за результатами розрахункового аналізу тепловтрат по будівлі ДМШ № 1 у вигляді порівняльної діаграми у відсотковому співвідношенні представлено на рис.3.1.

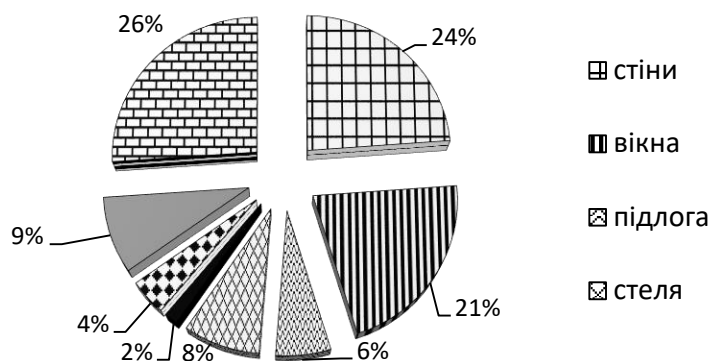


Рисунок 3.1 – Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат по будівлі ДМШ №1

З отриманої діаграми можна оцінити співвідношення величин тепловтрат у будівлі ДМШ №1. Найбільші тепловтрати це тепловтрати через стіни та вікна, так як площа стін є досить значною і стан вікон незадовільний. Також значна частина теплоти втрачається через вентиляцію.

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

### 3.1.3 Визначення видів теплонадходжень будівлі

Величини теплонадходжень за їх видами у музичному навчальному закладі наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Величини теплонадходжень по дошкільному навчальному закладу

| Види теплонадходжень                               | Значення |
|--|----------|
| Від людей, $Q_l$ , кВт                             | 9,38     |
| Від працюючого електроустаткування, $Q_{ел}$ , кВт | 0,36     |
| Від джерел освітлення, $Q_{осв}$ , кВт             | 1,45     |
| Від сонячної радіації, $Q_{рад}$ , кВт             | 29,49    |

Таким чином, сумарні теплонадходження будівлі становлять:

$$\Sigma Q_{тн} = 9,38 + 0,36 + 1,45 + 29,49 = 40,68 \text{ кВт}$$

Розподіл всіх теплонадходжень по навчальному закладу наведено на рис. 3.2.

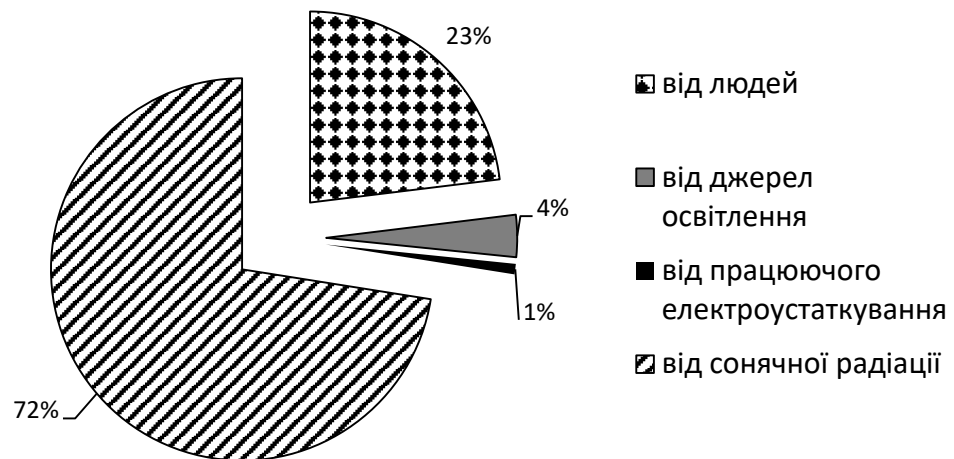


Рисунок 3.2 – Кругова діаграма розподілу теплонадходжень будівлі ДМШ № 1

### 3.2 Аналіз теплового балансу будівлі

Теплова потужність всієї будівлі становить:

$$\Delta Q = 108,34 - 40,68 = 67,66 \text{ кВт.}$$

Розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за опалювальний період (176 діб, 24 години на добу), при умові дотримання температурного режиму у системі тепlopостачання, та середній температурі за опалювальний сезон  $+0,1^{\circ}\text{C}$  буде становити:

$$Q_{оп} = 67,66 \cdot (22 - 0,1) / (22 - (-22)) \cdot 24 \cdot 176 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 122,33 \text{ Гкал}$$

За опалювальний фактичні обсяги теплоспоживання на опалення навчального закладу становлять  $Q_{оп}=110,08$  Гкал.

Встановлений факт незначної невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання. Це може бути пов'язано з магістральними втратами теплової енергії. Враховуючи додатково дійсний стан огорожувальних конструкцій об'єкту щодо їх невідповідності нормованим показникам опору теплопередачі (див. таблиця 3.1), загальний рівень енергоефективності роботи системи теплоспоживання є низьким.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 28   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

## 4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

В даному розділі запропоновано енергозберігаючі заходи, впровадження яких, спрямоване на зменшення енергоспоживання, а відповідно і на економію фінансів, що витрачаються на їх споживання.

### 4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

За результатами проведених робіт за етапами енергетичного обстеження будівлі ДМШ № 1 м. Суми, було зроблено основний висновок – найбільші витрати при експлуатації обстежуваного об'єкту припадають на споживання теплової енергії. Енергетична ефективність будівлі, яка обстежувалась, з позиції збереження теплової енергії є дуже низькою. Враховуючи отримані результати по першому етапу енергетичного обстеження, які вказують на основні фактори зменшення енергетичної ефективності будівель, були розроблені першочергові енергозбережні заходи з метою зменшення витрат на споживання ПЕР.

Розроблені енергозбережні заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження у Сумській дитячій музичній школі № 1: фінансові, експлуатаційні, матеріально-технічні.

#### 1. Утеплення огорожувальних конструкцій.

Огорожувальні конструкції навчального закладу мають недостатній опір теплопередачі (див. табл. 3.1), тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення. Аналіз балансу втрат теплової енергії показує, що велика частка втрат тепла припадає на втрати через огорожувальні конструкції будівлі, такі як зовнішні стіни, суміщене перекриття та віконні і дверні отвори. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій спеціальними матеріалами здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у навчальному закладі, і відповідно, зменшити

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 29   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. Фасад будівлі при цьому приймає оновлений та естетичний вигляд.

## 2. Заміна віконних отворів.

Аналіз балансу теплової потужності показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати через вікна (21 %). Тому заміна застарілих віконних конструкцій з деревини на нові сучасні більш енергозбережні, здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

## 3. Встановлення радіаторних рефлекторних (теповідбивних) екранів.

З метою зменшення втрат теплоти у доквілля через ділянки огорожувальних конструкцій за опалювальними приладами, слід встановити радіаторні рефлекторні екрани із теплоізоляційного матеріалу завтовшки 5–10 мм, вкритого шаром алюмінієвої фольги. Такий захід запобігає втратам теплоти у доквілля і перевитратам теплоти опалювальними приладами за умови додержання чистої дзеркальної поверхні екрана протягом усього терміну експлуатації.

## 4. Запровадження рекуператора теплоти (рис. 4.1) у систему вентиляції будівлі.

Аналіз балансу теплової потужності показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати системою витяжної вентиляції (55%). Тому встановлення рекуператора теплоти здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію.

Рекуперація тепла системи вентиляції – процес повернення частини тепла з відпрацьованого витяжного повітря припливному. Тепле повітря, що виводиться з приміщення, в 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. Це дозволить значно заощадити на електро- або тепловій енергії, що іде на нагрівання повітря у приміщеннях будівлі.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 30   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

## Теплообмінник-рекуператор

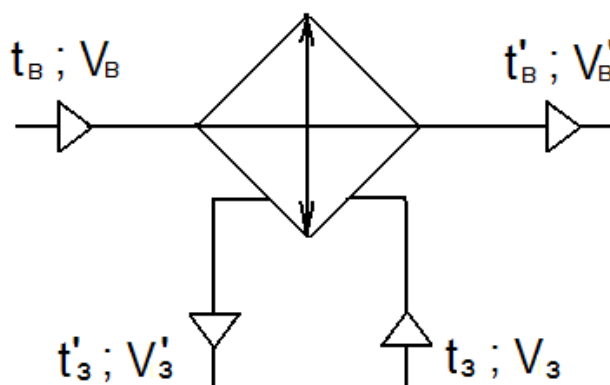


Рисунок 4.1 – Принципова схема рекуперації теплоти у системі вентиляції

### 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

#### 4.2.1 Утеплення стін і суміщеного перекриття (горищне перекриття)

У зв'язку з тим, що отримані результати ( $R_{\Sigma np} \ll R_{q \min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам (див. табл. 3.1), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огорожувальних конструкцій спеціальними теплоізоляційними матеріалами.

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

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

$$\delta_{ym} = [R_{q \min} - R_{\Sigma np}] \cdot \lambda_{ym} \quad (4.1)$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 31   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

де  $\lambda_{ym}$  – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м · К) [6, 7];

$R_{\Sigma пр}$  – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R_{qmin}$  – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт [7].

Розрахунок економії теплової енергії від утеплення стін і дахового перекриття по будівлі:

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності  $\lambda_{ym}=0,04$  Вт/(м·К):

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить:

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,8] \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,1 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) [12].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для перекриття між горищем і приміщеннями будівлі:

$$\delta_{ym} = [4,95 - 1,81] \cdot 0,04 = 0,126 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,15 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) та ТЕХНОФАС (1200×600×50 мм) [12].

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 32   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



Ефект з економії теплової енергії від утеплення огорожувальних конструкцій за опалювальний період розраховується за осередненими показником температури за опалювальний період [10]:

$$Q_{Ек.рік} = F \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma np}} - \frac{1}{R_{qmin}} \right) \cdot (t_{вн} - t_{ср.он}) \cdot n \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7}, Гкал/рік \quad (4.2)$$

де  $R_{\Sigma np}$  – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $м^2 \cdot К/Вт$  (див. табл. 3.1);

$R_{qmin}$  – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції після теплоізоляції,  $м^2 \cdot К/Вт$  [7];

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

$t_{вн}$  – внутрішня температура повітря,  $°С$ ;

$t_{ср.он}$  – середньорічна температура опалювального сезону,  $°С$ ;

$n$  – кількість днів опалювального сезону.

Ефект з економії теплової енергії від утеплення зовнішніх стін:

$$Q_{стн}^{Ек.рік} = 469,96 \cdot \left( \frac{1}{0,8} - \frac{1}{3,3} \right) \cdot (22 - (0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 35,4 Гкал$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія становить:

$$\delta Q_{стн}^{Ек.рік} = \frac{35,4 \cdot 100}{122,33} = 28,9 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень тепло споживання – 110,08 Гкал/рік.

Скоригована економія тепла від базового рівня споживання складе:

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 33   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$Q_{стн.б}^{Ек.рік} = \frac{110,08 \cdot 28,9}{100} = 31,8 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 31,8 \text{ Гкал} \cdot 1394,23 \text{ грн/Гкал} = 44336,514 \text{ грн};$$

Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу складе:

$$K = K_{суп} + K_{осн} \quad (4.2)$$

де  $K_{суп}$  – вартість монтажу утеплювального матеріалу та його доставка до місця встановлення, грн;

$K_{осн}$  – вартість придбання теплоізоляційного матеріалу, грн.

$$K = 75200 + 72850 = 148050 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{ок} = K/E = 148050 / 44336,514 = 3,3 \text{ року.}$$

Ефект з економії теплової енергії від утеплення дахового (горищного) перекриття (середня температура на горищі будівлі –  $t_{ср.он} = +4^{\circ}\text{C}$ ):

$$Q_{дах}^{Ек.рік} = 509,53 \cdot \left( \frac{1}{1,81} - \frac{1}{4,95} \right) \cdot (22 - 4) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 11,68 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 34   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$\delta Q_{\text{дах}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{11,68 \cdot 100}{122,33} = 9,5 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на реальну кількість споживання тепла за опалювальний період.

Скорегована річна економія тепла від базового споживання складе:

$$Q_{\text{дах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{110,08 \cdot 9,5}{100} = 10,5 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе :

$$E = 10,5 \text{ Гкал} \cdot 1394,23 \text{ грн/Гкал} = 14639,42 \text{ грн};$$

Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу складе:

$$K = K_{\text{суп}} + K_{\text{осн}} \quad (4.4)$$

де  $K_{\text{суп}}$  – вартість монтажу утеплювального матеріалу та його доставка до місця встановлення, грн;

$K_{\text{осн}}$  – вартість придбання теплоізоляційного матеріалу, грн.

$$K = 91450 + 37157 = 128607 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 128607 / 14639,42 = 8,7 \text{ року}$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 35   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

#### 4.2.2 Заміна віконних отворів

Розрахунок ведеться для випадку заміни старих дерев'яних віконних отворів у навчальному закладі. Величина економії теплової енергії розраховується для умов осередненої температури за опалювальний період для даного регіону[10]. Заміну пошкодженого віконного отвору з деревини рекомендується провести на нові металопластикові вікна. Конструкція сучасного віконного отвору має якісне ущільнення, тому можлива величина інфільтрації повітря крізь нього дуже мала, у розрахунках нею можна знехтувати.

Тепловтрати крізь віконні отвори, які повинно замінити у будівлі ДМШ № 1 до впровадження енергозбережного заходу, складають:

$$Q_{вкн}^1 = Q_{вкн} + Q_{вкн}^{інф} = 10,22 + 4,14 = 14,36 \text{ кВт}$$

Обираємо для заміни сучасні вікна з ПВХ та двокамерним склопакетом з звичайного віконного скла. Для впровадження рекомендується вікно з ПВХ [13], з двокамерним склопакетом, міжскляною відстанню 12 мм, опором теплопередачі  $0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [13].

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть:

$$Q_{вкн}^2 = \frac{55,76}{0,47} \cdot (22 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 5,22 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон:

$$Q_{вкн}^{Ек.р\text{ік}} = (14,36 - 5,22) \cdot \left( \frac{22 - (+0,1)}{22 - (-22)} \right) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 16,53 \text{ Гкал/р\text{ік}}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 36   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$\delta Q_{вкн}^{Ек.рік} = \frac{16,53 \cdot 100}{122,33} = 13,5\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на реальну кількість споживання тепла за базовим рівнем теплоспоживання.

Скорегована річна економія тепла від базового споживання складе:

$$Q_{вкн}^{Ек.рік} = \frac{110,08 \cdot 13,5}{100} = 14,9 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 14,9 \text{ Гкал} \cdot 1394,23 \text{ грн/Гкал} = 20774,03 \text{ грн};$$

Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу складе:

$$K = K_{суп} + K_{осн} \quad (4.3)$$

де  $K_{суп}$  – вартість монтажу пвх вікон, грн;

$K_{осн}$  – вартість придбання пвх вікон, грн.

$$K = 77302,62 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{ок} = K/E = 77302,62/20774,03 = 3,7 \text{ років.}$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 37   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

#### 4.2.3 Встановлення зарядіаторних рефлекторних (тепловідбивних) екранів

Розрахунок проводиться для одного опалювального приладу – чавунний секційний радіатор типу М-140 на 8 секцій (висота 0,6 м, довжина 0,8 м). В залежності від запланованої кількості модернізованих місць за опалювальними приладами, загальний результат економії витрат теплової енергії від впровадження даного енергозбережного заходу буде дорівнювати добутку їх кількості на величину економії від одного модернізованого місця.

У якості рефлектора обирається фольгоізол товщиною 5 мм і коефіцієнтом теплопровідності 0,046 Вт/(м·К).

Річна економія теплової енергії від впровадження заходу з установавання рефлекторного екрану за опалювальними приладами з урахуванням їх кількості (70 шт), згідно методики розрахунку [11], дорівнює:

$$Q_{екр}^{Ек.рік} = 3,22 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{екр}^{Ек.рік} = \frac{3,22 \cdot 100}{122,33} = 2,6\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$Q_{екр.б}^{Ек.рік} = \frac{110,08 \cdot 2,6}{100} = 2,9 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе :

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 38   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$E=2,9 \text{ Гкал} \cdot 1394,23 \text{ грн} / \text{Гкал} = 4043,27 \text{ грн};$$

Дисконтований термін окупності інвестицій (DPP) – мінімальний часовий інтервал за межами якого виконується нерівність:

$$\sum_{t=1}^m \frac{P_t}{(1+r)^t} \geq \sum_{t=1}^m \frac{IC_t}{(1+r)^t} \quad (4.4)$$

При розрахунках використовувалася норма дисконтування, що дорівнює 22%.

Таблиця 4.1– Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності.

| Грошові потоки  | Роки  |      |      |      |       |       |       |
|---|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
|   | 1     | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     |
| Витрати, тис. грн.  | 0,073 | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Дисконтовані витрати, тис. грн.<br>$\frac{IC_t}{(1+r)^t}$   | 0,06  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Грошові надходження, тис. грн.  | 4     | 4    | 4    | 4    | 4     | 4     | 4     |
| Дисконтні грошові надходження, тис. грн.<br>$\sum_{t=1}^m \frac{P_t}{(1+r)^t}$                            | 3,28  | 2,69 | 2,2  | 1,81 | 1,48  | 1,21  | 0,99  |
| Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.  | 0,06  | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06  | 0,06  | 0,06  |
| Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.  | 3,28  | 5,97 | 8,17 | 9,98 | 11,46 | 12,67 | 13,66 |
| Різниця між накопиченими дисконтова ними витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн. | 3,22  | 5,91 | 8,11 | 9,92 | 11,4  | 12,61 | 13,6  |

З таблиці видно, що з першого року різниця між накопиченими дисконтова ними витратами і накопиченими дисконтова ними надходженнями

+ 3,22 тис. гривень, з цього випливає, що дисконтний період окупності менше 1 року.

Розрахунок здійснюємо таким чином:

$$DPP = 0 + 3,28/5,97 = 0 + 0,55 = 0,55 \text{ року}$$

#### 4.2.4 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі

Пропонується встановити рекуператори у навчальних приміщеннях.

В залежності від запланованої кількості встановлених рекуператорів, загальний результат економії витрат теплової енергії від впровадження даного енергозбережного заходу буде дорівнювати добутку кількості приміщенні, в яких планується встановити рекуператори, на величину економії від встановлення рекуператора в типовому приміщенні.

Рекуперація теплоти без додаткового нагрівання припливного повітря в навчальних приміщеннях:

##### 1. Концертна зала.

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k = 1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{\text{п}} = 191,97 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 191,97 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_g = 0,062 \cdot 1,3 = 0,08 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення концертної зали після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{\text{pt}} = 1,05 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у навчальному приміщенні:

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 40   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



$$Q_{pm}^{EK, рік} = 1,05 \cdot \frac{(22 - (0,1))}{(22 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 735,84 \frac{\kappa Bт \cdot год}{рік} = 0,63 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{вент}^{EK, рік} = \frac{0,63 \cdot 100}{122,33} = 0,52 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за базовим рівнем теплоспоживання. Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$\delta Q_{вент.б}^{EK, рік} = \frac{110,08 \cdot 0,52}{100} = 0,57 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для концертної зали ( $Q_V = 0,062 \text{ м}^3/\text{с} = 223,2 \text{ м}^3/\text{год}$ ) підбираємо рекуператор Прана-250, який має приток повітря  $250 \text{ м}^3/\text{год}$  [15].

## 2. Типова навчальна аудиторія (з площею $7,4\text{--}13,2 \text{ м}^2$ ).

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k = 1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{п} = 30,9 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 30,9 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_в = 0,01 \cdot 1,3 = 0,013 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення концертної зали після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{pm} = 0,17 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у навчальному приміщенні (4.2):

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 41   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$Q_{pt}^{EK.pik} = 0,17 \cdot \frac{(22 - (0,1))}{(22 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 119,13 \frac{кВт \cdot год}{рік} = 0,102 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{вент}^{EK.pik} = \frac{0,102 \cdot 100}{122,33} = 0,08 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень теплоспоживання за 2015-2016 рік – 110,08 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$\delta Q_{вент.б}^{EK.pik} = \frac{110,08 \cdot 0,08}{100} \cdot 24 = 2,11 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для навчальних аудиторій з осередненою площею 10,3 м<sup>2</sup> ( $Q_V = 0,01 \text{ м}^3/\text{с} = 36 \text{ м}^3/\text{год}$ ) підбираємо рекуператор ТвинФреш РА 50, який має приток повітря 50 м<sup>3</sup>/год [16]. Враховуючі кількість однотипних аудиторій, кількість рекуператорів буде становити 24 шт.

### 3. Типова навчальна аудиторія (з площею 13,3–27 м<sup>2</sup>).

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k = 1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{п} = 55,4 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 55,4 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_g = 0,018 \cdot 1,3 = 0,023 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення концертної зали після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 42   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$Q_{рт} = 0,3 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у навчальному приміщенні:

$$Q_{рт}^{ЕК.рік} = 0,3 \cdot \frac{(22 - (0,1))}{(22 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 210,24 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 0,18 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{вент}^{ЕК.рік} = \frac{0,18 \cdot 100}{122,33} = 0,15 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень теплоспоживання – 110,08 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$\delta Q_{вент.б}^{ЕК.рік} = \frac{110,08 \cdot 0,15}{100} \cdot 9 = 1,53 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для навчальних аудиторій з осередненою площею 18,5 м<sup>2</sup> ( $Q_V = 0,018 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 64,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ) підбираємо рекуператор Прана115, який має приток повітря 115 м<sup>3</sup>/год [17]. Враховуючі кількість однотипних аудиторій, кількість рекуператорів буде становити 9 шт.

#### 4. Танцювальна зала (бібліотека).

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

$$n_k = 1,3 \text{ год}^{-1};$$

$$\text{Об'єм приміщення: } V_{п} = 99,9 \text{ м}^3$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 43   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 99,9 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,032 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_g = 0,032 \cdot 1,3 = 0,042 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення концертної зали після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{pm} = 0,55 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у навчальному приміщенні:

$$Q_{pm}^{EK, рік} = 0,55 \cdot \frac{(22 - (0,1))}{(22 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 385,44 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 0,33 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{\text{вент}}^{EK, рік} = \frac{0,33 \cdot 100}{122,33} = 0,27 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень теплоспоживання – 110,08 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$\delta Q_{\text{вент.б}}^{EK, рік} = \frac{110,08 \cdot 0,27}{100} \cdot 2 = 0,6 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для бібліотеки або танцювальної зали з осередненою площею 99,9 м<sup>2</sup> ( $Q_V = 0,032 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 115,2 \text{ м}^3/\text{год}$ ) підбираємо

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 44   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

рекуператор Прана115, який має приток повітря 115 м<sup>3</sup>/год [17]. Враховуючі кількість однотипних аудиторій, кількість рекуператорів буде становити 2 шт.

Сумарна економія теплової енергії за рік від встановлення рекуператорів теплоти становитиме:

$$\Sigma \delta Q_{\text{вент.б}}^{\text{Ек.рік}} = 0,6 + 1,53 + 2,11 + 0,57 = 4,81 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе :

$$E = 4,81 \text{ Гкал} \cdot 1394,23 \text{ грн/Гкал} = 6706,25 \text{ грн};$$

Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу складе:

$$K = K_{\text{суп}} + K_{\text{осн}} \quad (4.5)$$

де  $K_{\text{суп}}$  – вартість встановлення рекуператора, грн;

$K_{\text{осн}}$  – вартість придбання рекуператора, грн.

$$K = 197429,6 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 197429,6/6706,25 = 29,4 \text{ роки.}$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 45   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Таблиця 4.2 – Результати економії теплової енергії за базовим рівнем теплоспоживання та електричної енергії ДМШ №1 від запровадження розроблених енергозбережних заходів у питомих показниках

| Назва заходу з енергозбереження  | Величина економії теплової енергії, Гкал/рік |
|--|--|
| Утеплення зовнішніх стін будівлі   | 31,8   |
| Утеплення дахового перекриття будівлі  | 10,5   |
| Заміна віконних рам застарілої конструкції на нові енергозбережні                                  | 14,9   |
| Встановлення рефлекторів (теповідбивних екранів) між зовнішніми стінами та опалювальними приладами | 2,9  |
| Улаштування системи рекуперації тепла у системі вентиляції навчального приміщення                  | 4,81   |
| Всього   | 64,91  |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### **Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму.**

Найбільш складним та відповідальним етапом у розслідуванні нещасних випадків є встановлення їх причин. Виділяють організаційні, технічні і психофізіологічні причини травматизму.

До організаційних причин травматизму відносяться:

- незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці;
- недоліки під час навчання безпечним прийомом праці;
- неякісна розробка, недосконалість інструкцій з охорони праці чи їх відсутність;
- відсутність у посадових інструкціях функціональних обов'язків з питань охорони праці;
- порушення режиму праці та відпочинку;
- невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними;
- виконання робіт з несправними засобами колективного захисту;
- залучення до роботи працівників не за спеціальністю (професією);
- порушення технологічного процесу;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо;
- порушення трудової і виробничої дисципліни;
- незастосування засобів індивідуального й колективного захисту (за їх наявності);
- невиконання вимог інструкцій з охорони праці.

До технічних причин травматизму належать:

- конструктивні недоліки, недосконалість та недостатня надійність засобів виробництва;

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 47   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

- конструктивні недоліки, недосконалість і недостатня надійність транспортних засобів;
- неякісна розробка або відсутність проектної документації на будівництво, реконструкцію виробничих об'єктів, будівель, споруд, обладнання тощо;
- неякісне виконання будівельних робіт;
- недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу;
- незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території, засобів виробництва, транспортних засобів;
- незадовільний стан виробничого середовища.

До психофізіологічних причин травматизму відносяться:

- алкогольне, наркотичне сп'яніння, токсикологічне отруєння;
- низька нервово-психічна стійкість;
- незадовільні фізичні дані або стан здоров'я;
- незадовільний «психологічний» клімат у колективі;
- інші причини.

Дослідження свідчать, що технічні причини складають приблизно 50 % від усіх нещасних випадків, організаційні – близько 25 % і психофізіологічні – приблизно 10–12 %.

Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму. Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші.

Статистичні методи основані на аналізі статистичного матеріалу із травматизму, який накопичений на підприємстві або в галузі за кілька років. Відповідні дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н-1 і в звітах за формою № 7 тнв «Звіт про травматизм на виробництві». Статистичний метод

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 48   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |



дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати за статтею, віком, професіями, стажем роботи потерпілих, часом, місцем, типом нещасних випадків, характером одержаних травм, видом обладнання. Цей метод дозволяє встановити по окремих підприємствах найпоширеніші види травм, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно-технічні заходи.

Основними показниками виробничого травматизму є кількісний та якісний показники.

Кількісний показник травматизму, або показник частоти нещасних випадків  $K_{\text{ч}}$ , розраховується на 1000 працюючих:

$$K_{\text{ч}} = 1000n/P \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість нещасних випадків за звітний період із втратою працездатності на 1 і більше днів;

$P$  – середньоспискова чисельність працюючих за той же звітний період часу.

Якісний показник травматизму, або показник важкості нещасних випадків  $K_{\text{в}}$ , характеризує середню втрату працездатності в днях на одного потерпілого за звітний період:

$$K_{\text{в}} = D/n \quad (6.2)$$

де  $D$  – загальна кількість днів непрацездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів.

Узагальнювальним показником, який показує кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих, є коефіцієнт виробничих втрат:

$$K_{\text{вв}} = K_{\text{ч}}K_{\text{т}} = 1000D/P \quad (6.3)$$

Але жоден з вищенаведених показників не враховує стійкої втрати працездатності та гибелі людей і тому не може повністю характеризувати рівень травматизму. Для цього необхідне використання принаймні ще одного показника. Таким показником є коефіцієнт нещасних випадків із смертельним наслідком та каліцтвом:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 49   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

$$K_{cx} = \frac{n_{cx}}{n} 100\% \quad (6.4)$$

де  $n_{cx}$  - кількість нещасних випадків, що призвели до смерті і каліцтва.

$n$  - загальна кількість нещасних випадків.

Міжнародна організація праці використовує коефіцієнт частоти, який показує кількість нещасних випадків, що припадає на 1000000 відпрацьованих людино-годин.

$$K_{ч}^{МОП} = 1\ 000\ 000\ \text{п/Т} \quad (6.5)$$

де  $T$  - загальний час роботи, людино-годин.

Вищенаведені та інші показники, наприклад коефіцієнт електротравматизму, дозволяють вивчати динаміку травматизму на підприємстві, в галузі, регіоні тощо, порівнювати ці показники, робити певні висновки, застосовувати організаційні заходи, спрямовані на профілактику травматизму.

Топографічні методи ґрунтуються на тому, що на плані цеху (підприємства) відмічають місця, де сталися нещасні випадки, або ж на схемі, що являє собою контури тіла людини, позначають травмовані органи чи ділянки тіла. Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою або ж найбільш травмовані органи. Повторення нещасних випадків в певних місцях свідчить про незадовільний стан охорони праці на даних об'єктах. На ці місця звертають особливу увагу, вивчають причини травматизму. Шляхом додаткового обстеження згаданих місць виявляють причини, котрі викликали нещасні випадки, формують поточні та перспективні заходи щодо запобігання нещасним випадкам для кожного окремого об'єкта. Повторення аналогічних травм свідчить про незадовільну організацію інструктажу, невикористання конкретних засобів індивідуального захисту тощо.

Монографічний метод полягає в детальному обстеженні всього комплексу умов праці, технологічного процесу, обладнання робочого місця, прийомів праці, санітарно-гігієнічних умов, засобів колективного та

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 50   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

індивідуального захисту. Іншими словами, цей метод полягає в аналізі небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманних лише тій чи іншій (моно) дільниці виробництва, обладнанню, технологічному процесу. За цим методом поглиблено розглядають всі обставини нещасного випадку, якщо необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування. Дослідженню підлягають: цех, дільниця, технологічний процес, основне та допоміжне обладнання, трудові прийоми, засоби індивідуального захисту, умови виробничого середовища, метеорологічні умови в приміщенні, освітленість, загазованість, запиленість, шум, вібрація, випромінювання, причини нещасних випадків, що сталися раніше на даному робочому місці. Таким чином, нещасний випадок вивчається комплексно. Цей метод дозволяє аналізувати не лише нещасні випадки, що відбулися, але й виявити потенційно небезпечні фактори, а результати використати для розробки заходів охорони праці, вдосконалення виробництва.

Економічні методи полягають у визначенні економічної шкоди, спричиненої травмами та захворюваннями, – з одного боку та економічної ефективності від витрат на розробку та впровадження заходів на охорону праці – з другого. Ці методи дозволяють знайти оптимальне рішення, що забезпечить заданий рівень безпеки, однак вони не дозволяють вивчити причини травматизму та захворювань.

Методи анкетування передбачають письмове опитування працюючих з метою отримання інформації про потенційні небезпеки трудових процесів, про умови праці. Для цього розробляються анкети для робітників, в яких в залежності від мети опитування визначаються питання та чинники. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків.

Ергономічні методи ґрунтуються на комплексному вивченні системи «людина – машина – виробниче середовище». Відомо, що кожному виду трудової діяльності відповідають певні фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини і конкретної трудової

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 51   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Порушення відповідності веде до нещасного випадку. Ергономічні методи дозволяють знайти невідповідності та усунути їх.

Психофізіологічні методи аналізу травматизму враховують, що здоров'я і працездатність людини залежать від біологічних ритмів функціонування організму. Такі явища, як іонізація атмосфери, магнітне і гравітаційне поле Землі, активність Сонця, гравітація Місяця та ін., викликають відповідні зміни в організмі людини, що змінюють її стан і впливають на поведінку не на краще. Це призводить до зниження сприйняття дійсності і може спричинитися до нещасних випадків.

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного обладнання, пристроїв, інструментів, технологічних процесів вимогам стандартів та ергономічним вимогам, що висуваються до машин, механізмів, обладнання, інструментів, пультів керування. Виявлення думки експертів може бути очним і заочним (за допомогою анкет).

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 52   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

## ВИСНОВКИ

Метою представленої роботи було проведення енергетичного обстеження щодо отримання результатів для обґрунтування енергозбережних заходів, як були розроблені до впровадження у будівлі Сумської дитячої музичної школи № 1 м. Суми.

В результаті проведених робіт з енергообстеження систем енергопостачання будівлі навчального закладу були отримані наступні висновки:

1. Проведено аналітичний розрахунок теплового балансу будівлі навчального закладу, в результаті якого було встановлено, що найбільші втрати теплової енергії відбуваються через систему вентиляції, зовнішні огорожувальні конструкції (стіни, дахове перекриття) та віконні отвори застарілої конструкції.

2. Виявлена неузгодженість у рівнях споживання свідчить про відсутність належного керування за режимами роботи у комплексі всієї системи тепlopостачання.

3. Розрахунком визначена потужність системи тепlopостачання будівлі навчального закладу з метою подальшого вибору технічної системи індивідуального опалення або улаштування сучасного індивідуального теплового пункту.

4. Розроблені та розрахунково-обґрунтовані енергозбережні заходи щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, а саме:

- утеплення стін та дахового (горищного) суміщеного перекриття будівлі;
- заміна віконних рам застарілої конструкції на нові енергозбережні;
- встановлення рефлекторів (теповідбивних екранів) між зовнішніми стінами та опалювальними приладами;
- улаштування системи рекуперації тепла у системі вентиляції.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 53   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

5. Визначено річний економічний ефект від впровадження енергозберіжних заходів у питомих показниках за якими встановлено тарифи на оплату енергоспоживання.

6. Розрахунком отримані результати фінансової економії від впровадження енергозберіжних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Отримані результати термінів окупності задовольняють сучасним вимогам щодо реалізації заходів з енергозбереження.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  | 54   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергозбереження - пріоритетний напрямок енергетичної політики та підвищення енергетичної безпеки України [Електронний ресурс] – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://db.niss.gov.ua/docs/energy/146.htm>;
2. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
3. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999 К.: ВАТ «УкрНДІнжпроект», 1999. - 90 с.
4. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Введ. 01.03.2013 р. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
5. ДБН В.2.5-28:2006 Природне і штучне освітлення. - Наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 15 травня 2006 р. № 168. На заміну СНіП II-4-79. Чинний з 01.10.2006. – К.: Мінбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2006. – 78 с.
6. 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» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014
7. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 55   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства 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. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. : Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с..

11. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.

12. [Електронний ресурс]: «Утеплитель базальтовая вата ТЕХНОФАС 145 пл. 1200\*600\*100 мм (1,44 м2) Сумы.» – Режим доступу до ресурсу:<http://sumy.stroika.biz.ua/products/item/17-229195/>

13. Окнаком [Елетронний ресурс]: «Расчет стоимости металлопластиковых окон Rehau (калькулятор)». – Режим доступу до ресурсу: [http://www.vikonechko.com.ua/okonnyu\\_kalkulyator](http://www.vikonechko.com.ua/okonnyu_kalkulyator).

14. [Елетронний ресурс]: «Визначення опору теплопередачі» - Режим доступу до ресурсу: Елетронний ресурс]: [http://sumy.prom.ua/p234335270-steklopaket-dvuhkamernyj.html#attributes\\_block](http://sumy.prom.ua/p234335270-steklopaket-dvuhkamernyj.html#attributes_block)

15. [Електронний ресурс]: «Рекуператор Прана-150». – Режим доступу до ресурсу:<http://prom.ua/p27625678-pritочно-vytyazhnaya-ventilyatsiya.html>

16. [Електронний ресурс]: «Реверсивный проветриватель с генерацией тепла ТвинФреш РА 50, Киев». – Режим доступу до ресурсу:<http://prom.ua/p245746264-reversivnyj-provetrivatel-generatsiej;all.html>

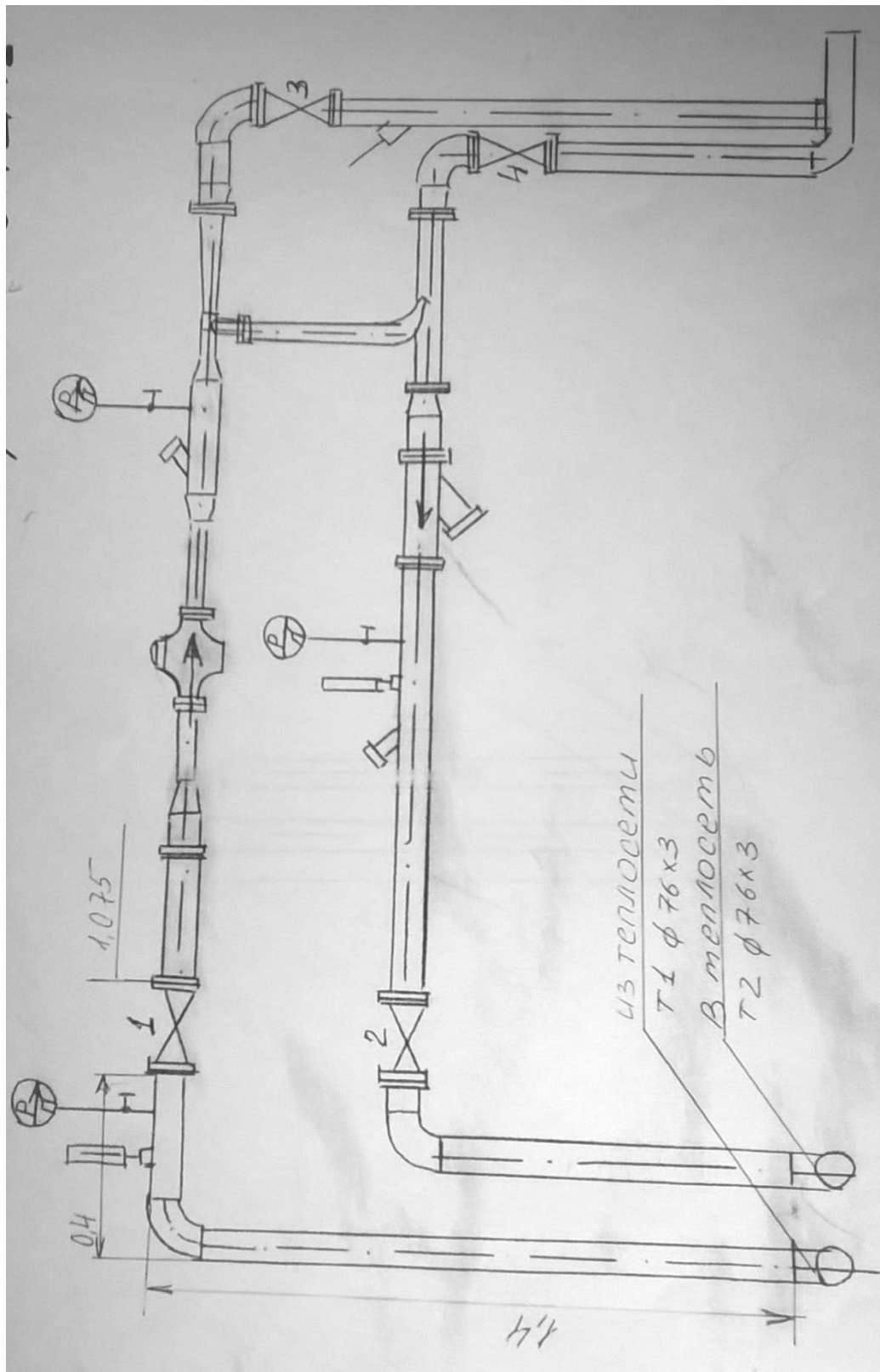
17. Електронний ресурс: <http://prom.ua/p68979939-komnatnyj-rekuperator-vozduha;all.html>

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Лист |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 56   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |



Додаток А

Схема теплового пункту ДМШ № 1

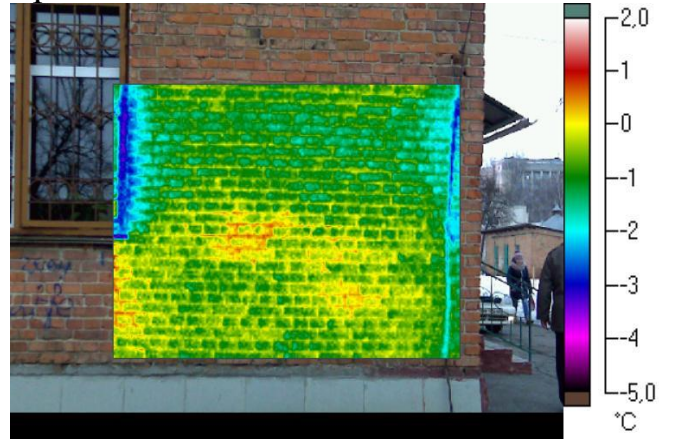


## Додаток Б

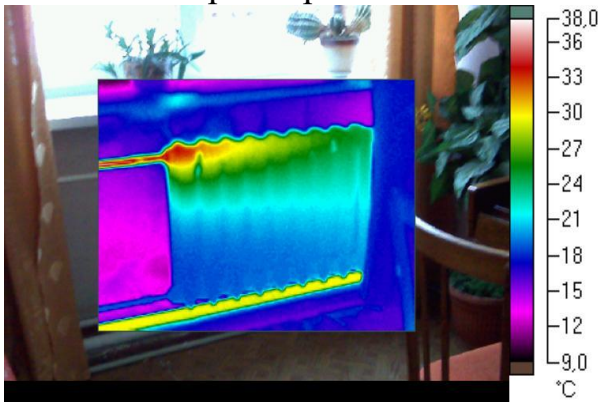
### Термограми



Неякісне встановлення вікна на сходовій клітині, потрібна ізоляція за периметром вікна



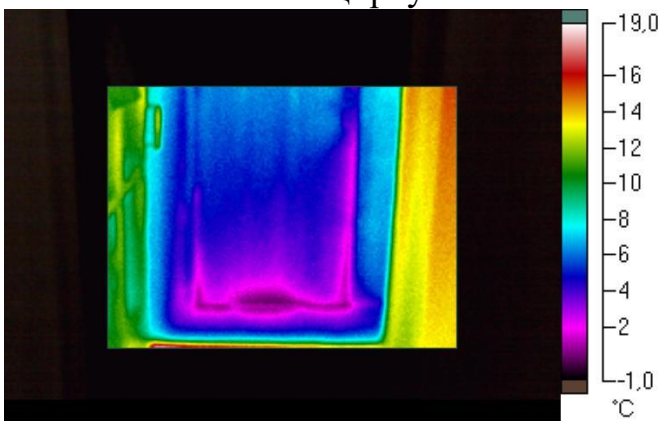
Світлі плями свідчать про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей



Незадовільний стан роботи опалювальних приладів, теплоносій майже не циркулює



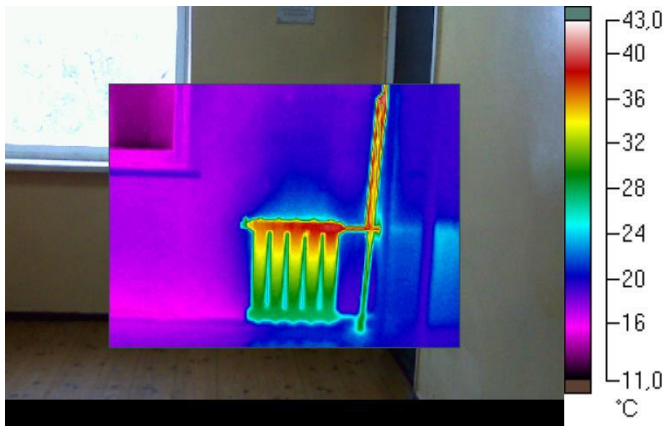
Погане прилягання віконної рами до стіни-неякісний монтаж вікна



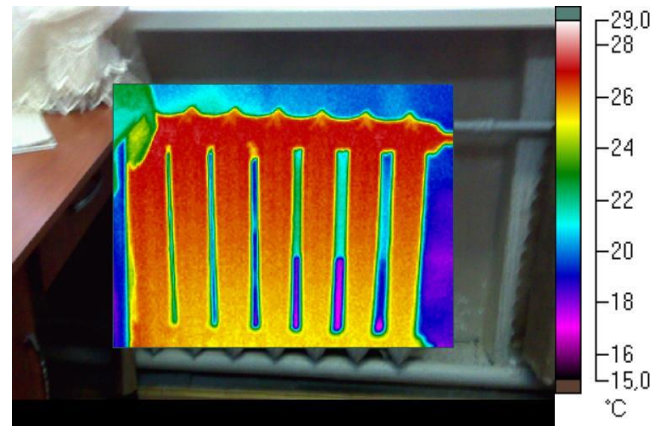
Двері запасного виходу зовсім не тримають тепло, дверні прорізи не утепленні, що забезпечує гарне проникнення холодного повітря в навчальні аудиторії та коридор



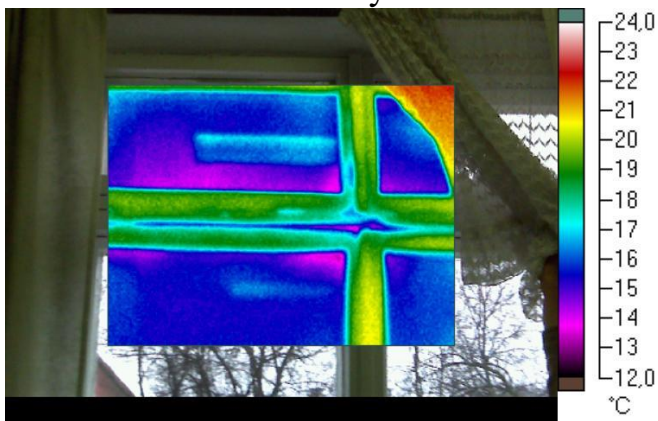
Потрапляння вологи в приміщення через нещільності кутового з'єднання стіни та перекриттям



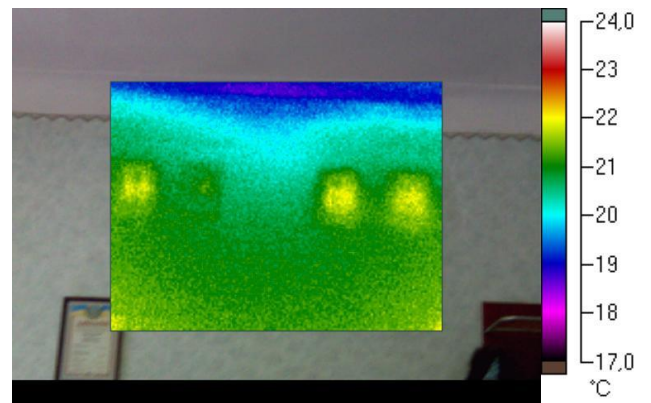
Незадовільний циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах в системі опалення музичної школи



Задовільна робота опалювального приладу



Відсутність якісного ущільнення елементів віконної конструкції призводить до потрапляння у приміщення холодного повітря



Несправність роботи вентиляційних каналів

Додаток В

Таблиця В.1 – Результати вимірювання параметрів повітря всередині приміщень

| Дитяча музична школа №1 | Температура усередині, °С | Вологість, % | Точка роси, °С | Температура стін в приміщенні, °С |
|-------------------------|---------------------------|--------------|----------------|-----------------------------------|
| 1                       | 2                         | 3            | 4              | 5                                 |
| Викладацька             | 21,3                      | 37,1         | 6,4            | 20,5                              |
|                         | 21,1                      | 38,1         | 6,4            | 20,5                              |
|                         | 20,9                      | 38,5         | 6,3            | 20,5                              |
|                         | 20,9                      | 39           | 6,5            | 20,5                              |
| Навчальна аудиторія №1  | 20,9                      | 37,1         | 6              | 24,5                              |
|                         | 21,4                      | 37           | 6              | 21                                |
|                         | 21,8                      | 35,9         | 5,9            | 23,5                              |
|                         | 22,1                      | 35           | 5,9            | 22                                |
| Навчальна аудиторія №2  | 21,2                      | 38,5         | 6,5            | 22                                |
|                         | 21,4                      | 38,1         | 6,6            | 23,5                              |
|                         | 21,5                      | 38,4         | 6,7            | 22,5                              |
|                         | 21,7                      | 38,4         | 7,1            | 23                                |
| Навчальна аудиторія №4  | 22,4                      | 28,9         | 3,4            | 24,5                              |
|                         | 22,5                      | 28,5         | 3,3            | 23,5                              |
|                         | 22,6                      | 27,6         | 3,4            | -                                 |
|                         | 22,6                      | 28,4         | 3,5            | -                                 |
| Навчальна аудиторія №7  | 21,9                      | 44,4         | 9,6            | 24,5                              |
|                         | 22,2                      | 45,5         | 9,9            | 24                                |
|                         | 22,5                      | 45,4         | 10,1           | 23,5                              |
|                         | -                         | -            | -              | 22                                |
| Навчальна аудиторія №8  | 23,7                      | 41,4         | 10             | 23                                |
|                         | 23,7                      | 42           | 10,1           | 21,5                              |
|                         | 23,7                      | 42,1         | 10,2           | 23,5                              |
|                         | 23,8                      | 41,8         | 9,7            | 23                                |
| Навчальна аудиторія №13 | 22,9                      | 43,3         | 10             | 24,5                              |
|                         | 23,3                      | 43,4         | 10             | 25                                |
|                         | 23,8                      | 42,4         | 10,3           | 24,5                              |
|                         | 24                        | 41,9         | 10,1           |                                   |
| Навчальна аудиторія №18 | 21,8                      | 31,8         | 4,3            | 22                                |
|                         | 21,6                      | 32,8         | 4,4            | 19                                |
|                         | 21,4                      | 33,2         | 4,7            | 20,5                              |
|                         | 21,4                      | 34           | 4,9            |                                   |

## Продовження таблиці Г.1

| 1                       | 2    | 3    | 4   | 5    |
|-------------------------|------|------|-----|------|
| Навчальна аудиторія №19 | 23,7 | 30,5 | 5,6 | 24   |
|                         | 23,7 | 30,7 | 5,1 | 22   |
|                         | 23,8 | 29,1 | 4,8 | 23,5 |
|                         | 23,8 | 29,4 | 4,9 | 24   |
| Навчальна аудиторія №24 | 22,6 | 36,7 | 7,1 | 22,5 |
|                         | 22,4 | 36,7 | 6,9 | 20,5 |
|                         | 22,5 | 35,9 | 6,7 | 21,5 |