

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня магістр  
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему Розробка енергозберіжних заходів за результатами енергетичного  
обстеження виробничої будівлі

Здобувача групи ЕМ.м-22 Петракова Євгенія Сергійовича  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

*Кваліфікаційна робота містить  
результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і  
текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело.*

\_\_\_\_\_ (підпис)

Євгеній ПЕТРАКОВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент кафедри ПГМ, к.т.н. Сергій АНТОНЕНКО  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки  
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

« » \_\_\_\_\_ 20 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Здобувача \_\_\_\_\_ Петраков Євгеній Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Розробка енергозбережних заходів за результатами енергетичного обстеження виробничої будівлі

затверджена наказом по університету № 1314-VI від «11» листопада 2023 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 16.12.2023 р

3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, що їх належить розробити):

**Вступ** (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика кваліфікаційної роботи. Надання аргументованих висновків щодо доцільності та актуальності виконання випускної роботи за обраною темою).

**Розділ 1 – Характеристика об'єкта енергетичного обстеження** (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних: аналіз результатів вимірювання; аналіз споживання енергоносіїв та води; визначення питомих величин рівня енергоефективності; аналіз енергетичного балансу. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними. Висновки).

**Розділ 2 – Розрахунковий аналіз умов запровадження енергозбережних заходів** (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним енергозбережним заходом. Аналіз отриманих результатів з розробки заходів або напрямів з удосконалення енергетичної ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження. Висновки).

**Розділ 3 – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.** (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз. Висновки)

**Загальні висновки.**

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 06.11 до 03.12.2023	
2	Захист переддипломної практики	до 08.12.2023	
3	Виконання 1-го розділу	до 26.11.2023	
4	Виконання 2-го розділу	до 10.12.2023	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2023	
6	Представлення виконаної роботи	до 16.12.2023	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2023	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12.2023 до 30.12.23	
9			
10			

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис, прізвище і ініціали)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис, прізвище і ініціали)

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

### РЕФЕРАТ

### ВСТУП

1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	7
1.1	Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	7
1.2	Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	7
1.3	Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта ....	7
1.3.1	Система опалення .....	7
1.3.2	Система електропостачання.....	8
1.3.3	Система водопостачання.....	8
1.3.4	Система вентиляції.....	8
2	РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	9
2.1	Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	9
2.2	Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	10
2.2.1	Розрахункові параметри.....	10
2.2.2	Визначення питомих величин рівня енергоефективності .....	11
2.3	Опис можливих енергозберіжних заходів .....	18
2.4	Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів .....	19
2.4.1	Утеплення огорожувальної конструкції (покрівля).....	19
2.4.2	Заміна вікон.....	24
2.4.3	Встановлення сонячних панелей.....	26
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	30
3.1	Характеристика досліджуваного об'єкту.....	30
3.2	Розрахунок показників факторів небезпеки.....	31
	ВИСНОВКИ.....	35
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	36

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 37 с., 10 таблиць, 3 рисунки, 13 літературних джерел.

*Мета роботи:* енергетичне обстеження систем теплопостачання, електропостачання, гарячого та холодного водопостачання, надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів з урахуванням альтернативної енергетики.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження
- розрахунковий аналіз умов запровадження енергозберігальних заходів

*Предметом дослідження* є системи енергопостачання.

*Об'єктом дослідження* є процес енергопостачання та енергоспоживання виробничої будівлі.

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

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНІ ЗАХОДИ

**Тема роботи – «Розробка енергозберігальних заходів за результатами енергетичного обстеження виробничої будівлі»**

## ВСТУП

Енергетичний менеджмент - це діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів і базується на отриманні енерготехнологічної інформації за допомогою обліку, проведенні типового енерготехнологічного вимірювання та перевіряння, аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження енергозберігаючих заходів [1].

Енергоаудит - це складова частина енергоменеджменту, зорієнтована на обстеження об'єкта з погляду його енерговикористання, виявлення фактів нераціонального використання енергії, визначення заходів для енергозбереження, оцінки технічних та економічних можливостей щодо їх реалізації. Це вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання з їх ініціативи за рахунок підвищення ефективності використання енергії [1].

Об'єтком енергетичного аудиту є виробнича будівля, яка розташована за адресою м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 162.

Під час енергоаудиту в даній будівлі було виявлено нераціональне споживання енергії, після чого були запропоновані енергозберіжні заходи.

# **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ**

## **1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження**

Виробнича будівля яка задіяна для ремонту та обслуговування гідравлічних насосів. Об'єкт розташований за адресою: м.Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 162.

У закладі працює 10 працівників. Будівля площею забудови 370 м<sup>2</sup>.

Встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Режим роботи з 8:00 години до 17:00 години.

## **1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження**

Загальний стан будівлі є задовільним. Стіни будівлі не мають явних пошкоджень. Старі дерев'яні вікна замінені на однокамерні металопластикові. Вентиляційна системи не працює, провітрювання у приміщеннях здійснюється лише за наявності нещільності в огорожувальних конструкціях. Через, що відбувається втрата корисної теплової енергії.

Підтримання комфортних температур внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії.

## **1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта**

### **1.3.1 Система опалення**

У виробничій будівлі відсутнє централізоване опалення, але в холодну пору року об'єкт обігрівають за допомогою двох автоматичних вентеляторів Volcano VR2 з потужністю 8-50 кВт.

Опалювальна площа будівлі закладу – 301 м<sup>2</sup>.

Опалювальний об'єм закладу – 1806 м<sup>3</sup>.

### **1.3.2 Система електропостачання**

Постачальником виробничої будівлі є ТОВ «Сумиобленерго». Електроспоживання в заклад йде на систему освітлення. З енергозатратного устаткування використовується автоматичні тепловентилятори у разі низької температури повітря навколишнього середовища. Для підігріву води використовується бойлер потужністю 1500 Вт.

### **1.3.3 Система водопостачання**

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано комунальним підприємством КП «Міськводоканал» СМР. Станом на сьогодні заклад отримує тільки холодне водопостачання.

### **1.3.4 Система вентиляції**

У закладі не працює вентиляційна система. Природна вентиляція відбувається лише за наявності нещільності в огорожувальних конструкціях. Провітрювання здійснюється за допомогою відкривання дверей та вікон.



## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

На рисунках 2.1 та 2.2 приведена динаміка споживання електроенергії та холодної води за 2021–2023 роки.

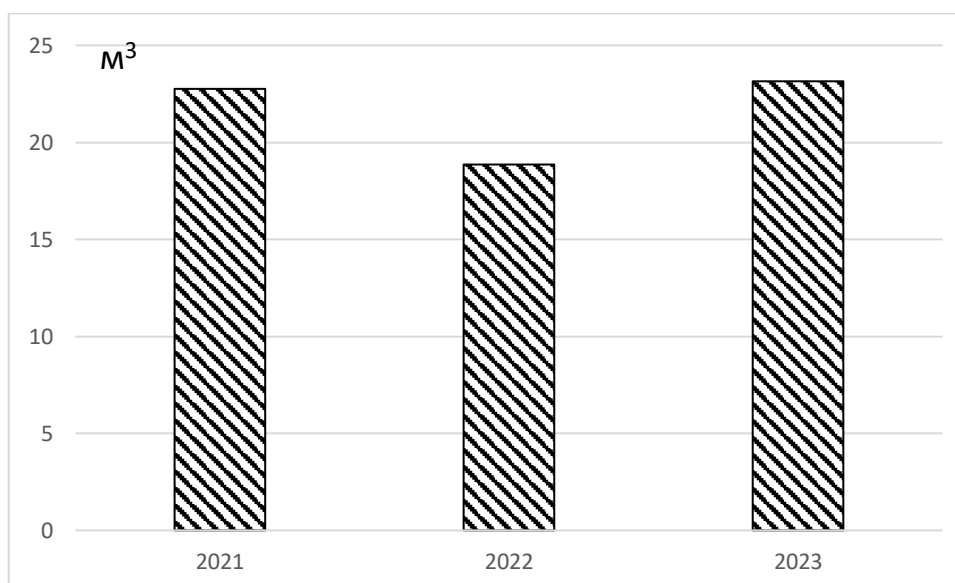


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання води будівлею за 2021–2023 роки

На даній гістограмі зображено споживання води за 2021-2023 роки, проаналізувавши, спостерігаємо зменшення потреби у 2022 році, що пояснюється обмеженням функціонування виробничої будівлі через вторгнення російської федерації на територію України.

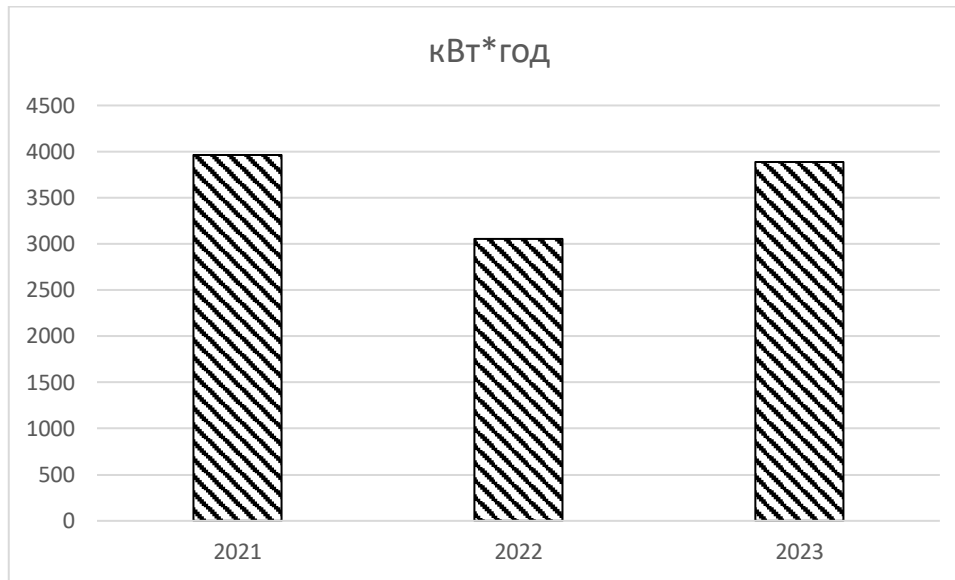


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання електричної енергії будівлею за 2021–2023 роки

На даній гістограмі зображено споживання електроенергії за 2021-2023 роки. Проаналізувавши, спостерігаємо зменшення потреби у 2022 році, що пояснюється обмеженням функціонування виробничої будівлі через вторгнення російської федерації на територію України.

## 2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

Мета розрахунку – оцінка балансу тепловрат через огорожувальні конструкції будівлі на момент обстеження, та економічна доцільність запровадження енергозберіжних заходів.

### 2.2.1 Розрахункові параметри

Кліматичні умови для м. Суми наведено у Таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Кліматичні умови для м. Суми

Розрахункова температура внутрішнього повітря [1, Додаток В];	$t_{в}$	+18°C
Відносна вологість	$\varphi_{в}$	55%
Вологісний режим приміщень	нормальний	
Температурна зона	I	
Середня температура повітря протягом опалювального періоду	$t_{з,сеп.}$	-1,0°C
Температура зовнішня в найхолоднішу п'ятиденку	$t_{з}$	-25 °C
Кількість градусо-днів опалювального періоду для першої температурної зони		3501°C-днів
Тривалість опалювального періоду [2, табл.2]	$n_{оп}$	187 днів
Вологісні умови експлуатації матеріалів огороджувальних конструкцій		Б

### 2.2.2 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних конструкцій  $R_{\Sigma пр}$ , м<sup>2</sup> · К/Вт повинний бути не менше за вимогами значень  $R_{q_{min}}$  які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 4°C та більше, обов'язкове виконання умови [2]:

$$R_{\Sigma пр} < R_{q_{min}} \quad , \quad (1.1)$$

де  $R_{\Sigma np}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{q_{\min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{q_{\min}}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [2].

Термічний опір  $i$ -го шару конструкції, розраховується за формулою [2]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} \quad (1.2)$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [2].

Приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma np}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , для непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (1.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1.3)$$

де  $\alpha_B$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [2];

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

$n$  – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (1.2), м<sup>2</sup>·К/Вт.

Якщо  $R_{\Sigma pp} < R_{q_{min}}$  – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

В таблиці 2.2 наведенні дані про конструктивні елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій виробничої будівлі для I температурної зони, які потрібні для подальших розрахунків.

Таблиця 2.2 – Дані про конструктивні елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій виробничої будівлі

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Теплопровідність $\lambda_i$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma pp}$ , $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q_{min}}$ , $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Керамзитобетон	0,2	0,26	3,6	1,70
		Мінеральна вата	0,1	0,035		
		Профнастіл	0,45	15		
2	Суміщене покриття	Залізобетон	0,15	1,92	0,7	1,70
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,76		
		Руберойд	0,006	0,17		
3	Вікна	Металопластикові	-	-	0,2	0,45
4	Підлога	Залізобетон	0,2	1,92	0,3	1,90

Отримані результати ( $R_{\Sigma pp} < R_{q_{min}}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі суміщеного покриття, вікон, підлоги нормативним вимогам [3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні

властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані [2]:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

де  $F_{\text{огр}}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$R_{\Sigma \text{пр}}$  - приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$t_B$ ,  $t_3$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків [2]:

$$Q_{\text{ор}}^{\partial} = Q_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

де  $Q_{\text{ст}}$  – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{\text{ор}}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу. Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати  $\beta_{\text{ор}}=0,13$  – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами [2]:

$$Q_{\text{пдл}}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{\text{пдл}}, \text{Вт} \quad (1.6)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи [2]:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_B - t_3), \text{Вт} \quad (1.7)$$

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

$t_B$  ,  $t_3$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$G_{\text{н.вкн}}$  - кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, для світлопрозорих конструкцій житлових та громадських будинків, виробничих будинків із кондиціонуванням  $G_{\text{н.вкн}} = 6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

$F_{\text{вкн}}$  - площа віконних прорізів,  $\text{м}^2$ .

Виконання розрахунків:

При проведенні вимірювань універсальним вимірювачем температури у середині приміщення було визначено, що температура у виробничій будівлі дорівнює  $14^{\circ}\text{C}$  , така температура не відповідає вимогам температурного режиму [2, табл.В.2].

Тому приймаємо наступні розрахункові величини температур:

- внутрішня температура приміщень  $t_B = 18^{\circ}\text{C}$
- температура зовнішнього повітря  $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$  [4] (дані беруться для м. Суми, яке розташоване в I температурній зоні).

Розрахунок тепловтрат через зовнішні стіни при їх дійсному стані без урахування площі віконних та дверних прорізів:

$F_{ст}=314 \text{ м}^2$ ;  $R_{\Sigma ПР} = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $t_{в}= 18^{\circ}\text{C}$ ;  $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$ ;  $n=1$  [2],  
тоді за формулою (1.4):

$$Q_{ст} = \frac{314}{3,6} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 3750 \text{ Вт.}$$

Розрахунок тепловтрат через вікна при їх дійсному стані:

$F_{вкн}=25 \text{ м}^2$ ;  $R_{\Sigma ПР} = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $t_{в}= 18^{\circ}\text{C}$ ;  $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$ ;  $n=1$  [2], тоді  
за формулою (1.4):

$$Q_{вкн} = \frac{25}{0,2} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 5375 \text{ Вт.}$$

Розрахунок тепловтрат через підлогу при її дійсному стані:

$F_{пдл}= 301 \text{ м}^2$ ;  $R_{\Sigma ПР} = 0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $t_{в}= 18^{\circ}\text{C}$ ;  $t_3 = 6^{\circ}\text{C}$ ;  $n = 0,4$  [2]:

$$Q_{пдл} = \frac{301}{0,3} \cdot (18 - 6) \cdot 0,4 = 4816 \text{ Вт.}$$

Розрахунок тепловтрат стелі при її дійсному стані:

$F_{см}=301 \text{ м}^2$ ;  $R_{\Sigma ПР} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $t_{в}=18^{\circ}\text{C}$ ;  $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$ ;  $n=1$ [2], тоді  
за формулою (1.4):

$$Q_{см} = \frac{301}{0,7} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 18490 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через стіни, обумовлені орієнтацією будинків визначаємо за формулою (1.5) :

$$Q_{op}^{\partial} = 3750 \cdot 0,13 = 488 \text{ Вт.}$$



Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами визначаємо за формулою (1.6):

$$Q_{\text{пдл}}^{\partial} = 0,05 \cdot 4816 = 240 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через нещільності світлових прорізів (1.7):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-25)) = 65 \text{ Вт.}$$

Проаналізувавши отримані дані вносимо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Структура теплових втрат будівельних конструкцій

Складова теплових втрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	3,75	11,4
Вікна	5,8	17,62
Підлога	4,8	14,58
Інфільтрація	0,065	0,2
Стеля	18,5	56,2
<b>Разом</b>	<b>32,915</b>	<b>100</b>

Представлення балансу теплових втрат у графічному вигляді на рис. 2.3

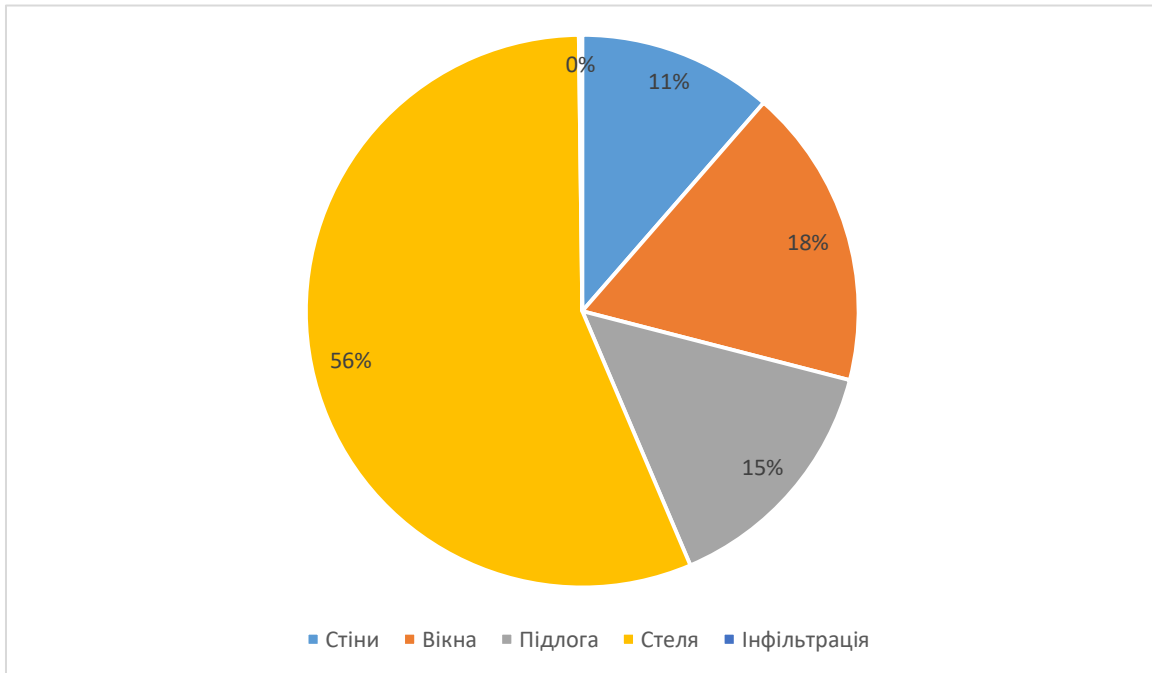


Рисунок 2.3 – Приведена діаграма теплових втрат будівлі через огороджувальні конструкції

На даній діаграмі наочно представлено, що найбільші теплові втрати відбуваються через стелю, що говорить про незадовільний стан покрівлі та необхідність впровадження енергозберіжних заходів з її утеплення. До цього ж встановлені у будівлі вікна з однокамерним склопакетом, також не забезпечують значного збереження тепла.

### 2.3 Опис можливих енергозберіжних заходів

За результатами розрахунків по обстежуваній будівлі були зроблено наступні висновки.

По-перше, в даній будівлі повністю відсутнє централізоване теплоспоживання, що говорить про велику енергозалежність від електроенергії в процесі експлуатації будівлі. Під час холодного періоду даний об'єкт опалюється за рахунок двох автоматизованих вентиляторів, які є дуже енергозатратними. Тому пропонується встановлення сонячних панелей для зменшення споживання електричної енергії з загальної мережи та таким чином з економити кошти на дану потребу.

По-друге, після розрахунків теплових втрат виробничої будівлі, найбільший відсоток припав на покрівлю, що говорить про доцільність її утеплення. Також проаналізувавши діаграму по втратах, на якій було наглядно видно, що через застарілі однокамерні вікна втрачається багато тепла. У такому випадку вікна потребують термінової заміни на більш нові та сучасні.

Отже, пропонуються наступні енергозберіжні заходи для виробничої будівлі:

- Утеплення огорожувальної конструкції (покрівля)
- Заміна вікон
- Встановлення сонячних панелей

## **2.4 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів**

### **2.4.1 Утеплення огорожувальної конструкції (покрівля)**

Отримані результати з опору теплопередачі огорожувальних конструкцій ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{qmin}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій з нормативними вимогами (див. табл. 2.2), необхідно провести відповідні розрахунки щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей покрівлі виробничої будівлі.

Збільшення показника опору теплопередачі покрівлі до 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  $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ .

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару дут для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [5]:

$$\delta_{\text{ут}} = [R_{qmin} - R_{\Sigma\text{пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{\text{ут}}$  – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м·К) [5];

$R_{\Sigma\text{пр}}$  – 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 [2].

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності  $\lambda_{\text{ут}} = 0,037$  Вт/(м·К):

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для перекриття суміщеного покриття будівлі:

$$\delta_{\text{ут}} = [1,70 - 0,7] \cdot 0,037 = 0,037 \text{ м}$$

Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки MONROCK MAX E [6].

Тепловтрати через огорожувальну конструкцію будівлі, Вт, що потрібно утеплити, визначають за загальною формулою [2]:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma\text{пр}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де:  $F_{\text{огр}}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup> ;

$R_{\Sigma \text{пр}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [2];

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  [2];

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [2].

Тепловтрати через покрівлю виробничої будівлі до утеплення:

$$Q_{\text{пкр1}} = \frac{301}{0,7} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 18,5 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через покрівлю виробничої будівлі після утеплення:

$$Q_{\text{пкр2}} = \frac{301}{1,70} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 7,6 \text{ кВт}$$

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції розраховується за формулою [2]:

$$\Delta Q_{\text{пкр}} = Q_{\text{пкр}}^1 - Q_{\text{пкр}}^2, \quad (3.3)$$

де  $Q_{\text{пкр}}^1$  і  $Q_{\text{пкр}}^2$  – тепловтрати крізь огорожувальну конструкцію відповідно до утеплення та після утеплення, кВт.

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції, кВт:

$$\Delta Q_{\text{пкр}} = (18,5 - 7,6) = 10,9 \text{ кВт}$$

Визначення річної економії теплової енергії після впровадження заходу [5]:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = \Delta Q_{\text{огр}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \quad (3.4)$$

де  $t_{\text{ср.оп}} = (-1,4^{\circ}\text{C})$  середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для Сумської області [7]

$n_{\text{оп}}$  – тривалість опалювального періоду, 187 діб.

Річна економія теплової енергії після теплоізоляції:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 10,9 \cdot \frac{(18 - (-1,4))}{(18 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 22071 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 22071 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} \cdot 4,49 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 99098,79 \text{ грн};$$

Для утеплення вибираємо базальтові плити розміром  $2020 \times 1200 \times 50$  мм вартість якого складає  $320 \text{ грн}/\text{м}^2$  [6]. Загальна площа суміщеного перекриття  $301 \text{ м}^2$ .

Отже для утеплення суміщеного перекриття необхідно  $149 \text{ м}^2$  утеплювача, тобто вартість складатиме  $149 \cdot 320 = 47680 \text{ грн}$ .

Вартість монтажних робіт складає приймаємо 40% від загальних витрат на матеріали.

Загальні витрати на утеплення покрівлі:

$$K = 47680 + (47680 \cdot 40\%) = 66752 \text{ грн}$$

При розрахунках терміну окупності використовувалася норма дисконтування в 22%. Розрахунки наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності.

Грошові потоки	Роки						
	1	2	3	4	5	6	7
Витрати, тис. грн.	-66,7	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-54,672	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	0	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	0,00	86,17	86,17	86,17	86,17	86,17	86,17
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-54,67	-54,67	31,50	117,68	203,85	290,02	376,20
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	0	86,17	86,17	86,17	86,17	86,17	86,17
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-54,672	31,5	117,68	203,85	290,02	376,20	462,37

З таблиці видно, що з третього року різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями +31,5 тис. гривень, з цього випливає, що дисконтний період окупності більше 3 років.

Розрахунок здійснюємо таким чином:

$$DPP = 3 + 31,5/86,17 = 3,4 \text{ року.}$$

### 2.4.2 Заміна вікон

Для виробничої будівлі необхідна заміна застарілих однокамерних віконних блоків на нові та більш сучасні з кращими тепловими властивостями вікна.

Для зменшення теплових втрат пропонується заміна однокамерних склопакетів на більш сучасні та енергоефективні двокамерні вікна.

Таблиця 2.5 – Вартість придбання вікон

Модель вікна	Кортка характеристика	Кількість,шт.	Ціна за одиницю, грн	Сумма, грн
Вікно глухе Aluplast IDEAL 4000 70 [9]	800x1000 мм без відкривання	4	3236	12944
Вікно поворотно-відкидне Aluplast IDEAL 4000 70 [9]	1200x1400	1	8406	8406
Окно металлопластиковое Сучасний Світ WDS 5s [10]	1430 x 1760 мм	4	10618	42472
Всього		9		63822

Втрати теплової енергії через вікна до впровадження заходу складали  $Q_{\text{вікн}} = 5375 \text{ Вт}$ .

Втрати теплової енергії через вікна після впровадження заходу за формулою (2.4):

$$Q_{\text{вікн}}^1 = \frac{25}{0,45} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 2389 \text{ Вт.}$$

Економія витрат теплоти після встановлення нових вікон знаходимо через різницю :

$$\Delta Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}} - Q_{\text{ст}}^1, \text{ Вт} \quad (2.8)$$



$$\Delta Q_{\text{ст}} = 5375 - 2389 = 2986 \approx 3 \text{ кВт}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу [5]:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} = \Delta Q_{\text{ст}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \quad (2.9)$$

де  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для Сумської області [7].

$n_{\text{оп}} = 187$  – тривалість опалювального періоду, діб.

$$Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} = 3 \cdot \frac{(18 + 1,4)}{18 + 25} \cdot 24 \cdot 187 = 6327 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складе [5] :

$$E_{\text{річ}} = Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} \cdot C_{\text{теп}}, \text{ грн} \quad (2.10)$$

де  $C_{\text{теп}}$  – вартість 1 кВт·год.

$$E_{\text{річ}} = 6327 \cdot 4,49 = 28408 \text{ грн}$$

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу становитиме [5]:

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{суп}}, \text{ грн} \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{осн}}$  – вартість придбання віконних блоків, та супутних матеріалів, грн (табл.2.2);

$K_{\text{суп}}$  – величина монтажу (візьмемо 50% від вартості матеріалу) [5]:

$$K_{\text{суп}} = 0,5 \cdot K_{\text{осн}}, \text{ грн} \quad (2.11)$$

$$K_{\text{осн}} = 63822 \text{ грн};$$

$$K_{\text{суп}} = 0,5 \cdot 63822 = 31911 \text{ грн};$$

$$K = 63822 + 31911 = 95733 \text{ грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначимо за формулою [5]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_{\text{річ}}}, \text{ років} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{95733}{28408} = 3,4 \text{ року.}$$

### 2.4.3 Встановлення сонячних панелей

У виробничій будівлі повністю відсутнє централізоване теплопостачання, що говорить про великі енергозатрати на електроенергію.

Враховуючи вищезазначене є доцільним впровадження енергозбережного заходу - встановлення сонячних панелей, що надає змогу скоротити витрати на електроенергію. Також, сонячні панелі відносяться до альтернативної енергетики, що говорить про екологічне видобування енергії, а саме отримання енергії з сонця.

Для повної енергонезалежності було розроблена система сонячної генерації для споживання освітлення та обігріву будівлі.

Сумарна потужність споживання електроенергії з сонячних генераторів для виробничої будівлі представлена на таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Сумарне середньодобове енергоспоживання електричної енергії виробничої будівлі для використання сонячної енергії

Споживач	Потужність споживання, Вт/год	Час роботи, год	Сума, Вт
Система освітлення	120	8	960
Бойлер	1500	4	6 000
Автоматичні вентилятори Volcano VR2	20 000	8	160 000
Загальна сума, кВт			167

Відповідно до таблиці максимальне споживання електроенергії в холодну пору року становить в середньому 167 кВт на добу, тому пропонується встановлення сонячних панелей для покриття частини споживання електричної енергії, особливо у літній час коли світловий день більше, але будівля під час літнього періоду споживає менше через не використання тепловентиляторів, тому отримавши у великій кількості електроенергію від сонячних панелей, надлишок можна продавати в мережу, що дає змогу компенсувати малу роботу системи під час холодного періоду, коли сонячних днів у рази менше ніж влітку.

Для накопичення заряду використовуємо комплект енергонезалежності Ecoflow Power Get Set Kit 15 kWh [8]. Вартість монтажних робіт приймаємо 40% від загальних витрат.

Розрахуємо економію від «зеленого тарифу» для виробничої будівлі під час теплого періоду:

Оскільки в літній період система споживатиме сонячного світла більше, беремо середню кількість годин роботи сонячної системи

12 год·день, та кількість виробленої енергії сонячною системою 15 кВт·год.

Розрахуємо максимальну кількість енергії за добу:

$$12 \cdot 15 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{доб}$$

Розрахуємо кількість енергії на місяць:

$$180 \cdot 31 = 5580 \text{ кВт}$$

Розрахуємо надлишок електричної енергії за місяць:

$$5580 - 3370 = 2210 \text{ кВт}$$

У грошовому еквіваленті економія за місяць складе:

Тариф за електроенергію по «зеленому тарифу» - 6,37 грн/кВт·год

$$E = 6,37 \cdot 2210 = 14077,7 \text{ грн};$$

Економія за пів року під час теплого періоду складе:

$$E = 2075 + 2210 + 2178 + 2278 + 2124 + 1582 = 12447 \cdot 6,37 = 79287,4 \text{ грн}$$

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу становитиме [5]:

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{суп}}, \text{ грн} \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{осн}}$  – вартість придбання сонячної системи, грн (табл.2.2);

$K_{\text{суп}}$  – величина монтажу (візьмемо 40% від вартості системи) [5]:

$$K_{\text{суп}} = 0,4 \cdot K_{\text{осн}}, \text{ грн} \quad (2.11)$$

$$K_{\text{осн}} = 325999 \text{ грн};$$

$$K_{\text{суп}} = 0,4 \cdot 325999 = 130\,399,6 \text{ грн};$$

$$K = 325999 + 130399,6 = 456388,6 \text{ грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначимо за формулою [5]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_{\text{річ}}}, \text{ років} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{456388,6}{79287,4} = 5,7 \text{ років.}$$

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **3.1. Характеристика досліджуваного об'єкту**

Для запобігання імовірності виробничих аварій та травм на підприємстві, необхідно подбати про створення належних і безпечних умов праці, через те, що охорона праці має велике значення для працюючих на виробництві.

Основні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть вплинути на фізичний або психологічний стан працівників на виробництві є такі:

- небезпека ураження електричним струмом, уразі недотримання правил безпеки або вихід з ладу електроприладів;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму або вібрацій;
- не закріплені елементи машин і виробничого обладнання;
- нестача або взагалі відсутність природного світла;
- недостатньо освітлена робоча зона;
- негативний вплив на працівників через погані показники внутрішнього повітря, внаслідок незадовільної роботи вентиляції;
- перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці) [14].

Отже, для забезпечення працівників від вищезазначених небезпечних та шкідливих факторів керівник та робітники виробництва повинні дотримуватися встановлених санітарних норм, правил і нормативно-технічної документації.

На виробництві проводяться заходи безпеки, які насамперед захищають працівників від шкідливого впливу даних факторів. Один з

таких заходів це обов'язкове проведення інструктажу безпеки. Усі інструктажі фіксуються в спеціальному журналі, а саме: дата проведення, зміст та підписи усіх хто прослухав інструктаж та той, хто його провів.

### 3.2 Розрахунок показників факторів небезпеки

#### Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища приміщень, який визначається діючими на організм працюючих та учнів поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Вибираємо для виробничої будівлі категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – середньої важкості Пб [11].

Відповідно допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 3.1 – Допустимі показники мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період	Середньої важкості Пб	17-19	40-60	0,2
Теплий період	Середньої важкості Пб	20-22	40-60	0,3

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони та підлягає систематичному контролю з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких наведено в таблиці 3.2 [12].

Таблиця 3.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>2</sup>	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

Для встановлення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено такі заходи:

- 1) у будівлі повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого періоду і опалення для холодного періодів року;
- 2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

### **Освітлення**

Для отримання та забезпечення якісної інформації під час робочих процесів потрібно добре освітлення робочої поверхні. Оскільки 80% інформації зовнішнього світу людина сприймає через очі, правильна організована система освітлення на робочих місцях може призвести до зниження травматизму на виробництві.

З точки зору задач зорової роботи в приміщеннях, в яких проводяться виробничі роботи, знаходимо, що вони відповідають IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт В [13].

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 3.3.



Таблиця 3.3 – Нормовані значення КПО і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розгляд зорової роботи	Підрозгляд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						Комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	V	середній	середній	400	200	200	2,4	0,9

Для забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено наступні заходи:

- 1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою світлодіодних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;
- 2) застосування загального штучного освітлення в темну пору доби.

### **Віброакустичні коливання**

Під час експлуатації технологічного обладнання, енергетичного устаткування, машин та механізмів відбувається генерація шуму на виробництві.

Шум може погіршувати самопочуття людини та знижувати її продуктивність на 10-15%, що може призвести до професійних захворювань. Тому для зменшення травмування працюючих шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів згідно ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, що приведені у таблиці 3.4 [13].

Таблиця 3.4 – Нормовані рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц								Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для встановлення нормованих показників шуму в приміщенні треба раз на рік проводити контроль рівня шуму.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було проведене енергетичне обстеження систем енергопостачання виробничої будівлі за адресою: м.Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 162.

Під час енергетичного аудиту було здійснено обстеження дійсного стану будівлі, її систем електро- та водопостачання, також аналіз обсягів споживання енергоресурсів.

Після проведення енергетичного аудиту були виявлені проблеми у системі тепlopостачання будівлі, а саме, були підраховані усі основні види теплових втрат даного об'єкту, які показали, що найбільше втрачається теплової енергії через огорожуючі конструкції, а найбільше через покрівлю. На основі розрахунків були запропоновані наступні енергозбережні заходи:

- Утеплення огорожувальної конструкції (покрівля)
- Заміна вікон
- Встановлення сонячних панелей

Дані енергозбережні заходи допоможуть скоротити споживання енергоресурсів, підвищити енергоефективність будівлі, покращити стан довкілля завдяки впровадженню сонячних панелей та поліпшити фінансово-економічний стан.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С.В. Сапожніков – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 163с.
2. 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».
3. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К. :Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2022. – 23 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
5. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозбережних заходів» з дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд»/ укладачі: С.С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. - Суми: Сумський державний університет, 2015 – 50 с. (9)
6. [Електронний ресурс]: <https://www.rockwool.com/ua/products-and-applications/products/ua-roof/monrock-max-e-ua/#%D0%94%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B8>
7. [Електронний ресурс]: [http://rp5.ua/Архив\\_погоды\\_в\\_Сумах](http://rp5.ua/Архив_погоды_в_Сумах).
8. [Електронний ресурс]: <https://ecoflowukraine.com/komplekt-energonezalezhnosti-ecoflow-power-get-set-kit-15-kwh/>
9. [Електронний ресурс]: <https://epicentrk.ua/ua/shop/vikno-hlukhe-aluplast-ideal-4000-70-800x1000-mm-bez-vidkryvannia-90216250.html>
10. [Електронний ресурс]: [https://rozetka.com.ua/suchasnij\\_sv\\_t\\_00000092/p350686017/](https://rozetka.com.ua/suchasnij_sv_t_00000092/p350686017/)

11. [Електронний ресурс]: <https://buklib.net/books/35225/>.
12. [Електронний ресурс]: <https://buklib.net/books/35228/>.
13. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення, 2006.
14. [Електронний ресурс]: <https://oppb.com.ua/news/minimizuvaty-nebezpechni-ta-shkidlyvi-vyrobnychi-factory-zavdannya-robotodavcya>