

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: «Підвищення енергоефективності функціонування  
систем енергозабезпечення приватного будинку»

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

Виконавець роботи Олішевський М.С.  
(прізвище та 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)

Сотник М.І.  
(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ, д.т.н.  
(наукова ступінь, звання або посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

Секретар комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 55с., 9 рис., 16 табл., 8 використаних джерел.

Об'єкт дослідження: системи тепло-, водо- та електропостачання та освітлення приватної будівлі, розташована за адресою: 42334, Сумська обл., село Токарі, вул. Горького, буд.11.

Метою роботи є розробка організаційних та технічних заходів із енергозбереження та їх фінансова оцінка.

Графічні матеріали: план житлової будівлі (1 ф. А3), діаграми розподілу споживання енергоносіїв (1 ф. А3), економічний аналіз енергозберігаючих заходів (1 ф. А3) – всього 3 аркуші формату А3.

Наведено опис систем теплопостачання, електропостачання, водопостачання та водовідведення, опис необхідного обладнання для проведення енергетичного обстеження, необхідні теплові розрахунки, фінансова оцінка та обґрунтування заходів із енергозбереження.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення приватного будинку».

## ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН	
РЕФЕРАТ	
ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	6
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	6
1.2 Опис дійсного стану будівлі .....	7
1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та газу.....	12
1.4 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	14
1.5 Попередні заходи з енергозбереження .....	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	16
2.1 Розрахунок теплової потужності будівлі .....	16
2.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій .....	16
2.1.2 Визначення видів тепловтрат будівлі .....	18
2.1.3 Визначення видів теплонадходжень будівлі .....	23
2.2 Тепловий розрахунок будівлі .....	24
2.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій.....	25
2.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі .....	27
2.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі.....	31
3. РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	33
3.1 Опис можливих енергозбережних заходів .....	33
3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів .....	33
3.2.1 Утеплення даху.....	33
3.2.2 Встановлення рекуперації на вентиляцію.....	36
3.2.3 Заміна ламп розжарення на світлодіодні.....	40
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	42
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	55
ДОДАТКИ	

					<b>6.050601.03 БР 03 ПЗ</b>					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення приватного будинку</i>			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Олішевський							3	55	
Перевір.	Сотник							<b>СумДУ, ЕМз-51с</b>		
Н. контр.										
Затв.										

## ВСТУП

Віднедавна країни всього світу вийшли на курс максимального скорочення витрат паливно – енергетичних ресурсів. Це пов'язано з помітним зростанням CO<sub>2</sub> в повітрі та його негативними наслідками для планети. Такими як глобальне потепління.

Задля цього було розроблено чимало програм на державних рівнях більшості країн світу. Найбільш помітно у цьому напрямку рухаються Європейські країни.

Одним з запропонованих шляхів подолання майбутньої екологічної катастрофи, було скорочення витрат ПЕР за рахунок зменшення тепловтрат у приватних будинках, державних установах, на підприємствах тощо.

Тепловтрати зазвичай виникають при обігріві будівлі, що має проблеми з теплопровідністю огорожувальних конструкцій. Такі проблеми пов'язані з тим, що тепло замість того, щоб обігрівати будівлю, виходить назовні. Як наслідок для «дігріву» до комфортної температури в будівлі використовують надлишкову кількість ресурсів, ніж це є раціонально обґрунтованим.

Якщо розглядати це питання більш детально, то ми обов'язково зіштовхнемося з поняттям опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та інфільтрації повітря. Це основні показники, які сигналізують про стан досліджуваного об'єкту. Існує декілька документів, які нормують ці та інші показники в питаннях енергоефективності, а також містять алгоритми їх розрахунку.

Серед них опорними є:

- ДБН В.2.6 – 31:2016;
- ДСТУ Б В.2.6-189:2013;
- ДСТУ Н Б В.1.1 – 27:2010.

Після обрахунку фактичних показників та порівняння їх з мінімально допустимими робиться висновок про стан огорожувальних конструкцій та

					6.050601 03 БР 03ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

аналізуються методи його покращення. Це може бути як усунення наявних недоліків, так і впровадження альтернативних джерел енергії для обігріву будівлі.

Інколи енергоефективні заходи виявляються дуже економічно доцільними. Деякі – ні. Важливо виконувати економічний аналіз та порівнювати можливі альтернативи.

Передує цьому всьому енергетичний аудит. Він дозволяє зібрати всю необхідну інформацію, на основі якої виконується аналіз.

В своїй роботі, я взяв на меті провести енергетичне обстеження та проаналізувати можливі методи підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення приватного будинку.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		5

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

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

Об'єктом енергетичного обстеження виступає будівля, що знаходиться в приватній власності за адресою: 42334, Сумська обл., село Токарі, вул. Горького, буд.11.

Площа присадибної ділянки під будівлями складає 102 м<sup>2</sup>, з них жилі приміщення – 42 м<sup>2</sup>, нежилі – 60 м<sup>2</sup>. Площа під подвір'ям – 111 м<sup>2</sup>.

Загальне призначення об'єктів на території ділянки: житловий будинок, сарай-кухня, сарай, навіс, погріб, вбиральня та огороження.

Рік спорудження: житловий будинок – 1962р., сарай – кухня 1978р., сарай – 1983 р., навіс – 1985 р., погріб – до 1941 року.

Об'єктом дослідження є житловий будинок на території подвір'я. Будинок є одноповерховим. З іншими будівлями не має суміжних стін. Горище неутеплене (шифер), підвал відсутній. Дах скатний. Житлова площа поділена на 2 жилі зони по 13,5 м<sup>2</sup> кожна, коридор – 2,8 м<sup>2</sup> та комору – 2,4 м<sup>2</sup>.

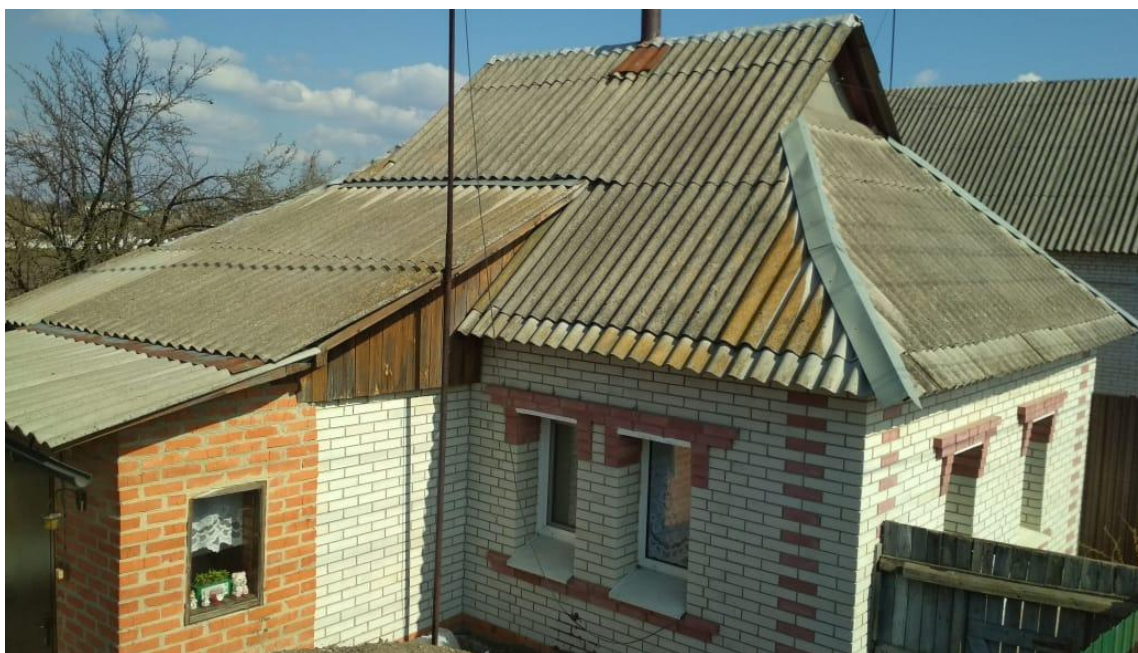


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд будівлі

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта

В будівлі проживає 4-о дорослих та 1 дитина.

Дорослі члени родини працюють з 8:00 до 17:00 та мають два вихідних на тиждень.

Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний схід.

В таблиці 1.1 наведено технічну характеристику житлової будівлі.

Рік побудови	1962 р.
Загальна кількість поверхів будівлі	1
Опалювальна площа об'єкту	27 м <sup>2</sup>
Площа забудови за зовнішніми обмірами	40,8 м <sup>2</sup>
Опалювальний об'єм будівлі	66,6 м <sup>3</sup>
Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами	102,5 м <sup>3</sup>
Загальна площа скління	4,62 м <sup>2</sup>
Загальна площа дверних проємів	2,46 м <sup>2</sup>

Загальна площа зовнішніх стін об'єкту без урахування віконних та дверних проємів складає 75,3 м<sup>2</sup>, площа скління 4,62 м<sup>2</sup>, площа дверей 2,46 м<sup>2</sup>, площа підлоги становить 32,2 м<sup>2</sup>. Дах скатний вальмовий, площею 48,6 м<sup>2</sup>. У будівлі налічується 6 вікон, розміром 0,7х1,1 м. Вікна металопластикові з двохкамерним склопакетом. Вхідні двері металеві, розміром 1,2х2,05 м. Аварійний вихід відсутній. Також у приміщенні 3-є міжкімнатних дверей.

Матеріали конструкції будівлі у якій розташований об'єкт представлені у таблиці 1.2.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

Таблиця 1.2 – Коротка характеристика огорожувальних конструкцій будівлі

Найменування частин будинку	Коротка технічна характеристика
Фундамент	Стовпчастий дерев'яний з дубових балок, монолітний бетон
Зовнішні стіни	Штукатурка, цегла, скловата, дерево, штукатурка
Підлога	Балки, лаги, дерев'яний настіл
Міжповерхові перекриття	Дерев'яна дошка
Вхідні двері	Металеві
Вікна	Металопластикові з подвійним склінням
Перегородки	Штукатурка, дерево, гіпсокартон, штукатурка

Загальний стан огорожуючих конструкцій задовільний. Температура у приміщеннях підтримується на оптимальному рівні. Тамбур відсутній, але є неопалюваний коридор, що може слугувати у якості тамбура.

Забезпечення об'єкту тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від власного двоконтурного котла, який працює на газу, теплоносій – вода 80/40 °С. Котел марки Veretta CITY 24 C.S.I., потужністю у межах 8,2-24 кВт. Приклад котла зображено на рис. 1.2.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		8





Рисунок 1.2 - Котел марки Boreta CITY 24 C.S.I.

Джерелом газозабезпечення є газові мережі ( $P_{\text{факт.}} 760 \text{ мм рт ст}$ ), які надає ПАТ «Сумигаз Збут».

Подача холодної води для підігріву на опалення, господарських потреб (поливу насаджень) та на власні потреби здійснюється від свердловини глибиною 20 м. Використання води на побутові потреби в середньому за рік приблизно становить  $1 \text{ м}^3/\text{добу}$ . Облік питної води за допомогою лічильника не ведеться.

Водозабезпечення всієї присадибної ділянки з забудовами, відбувається подачею води шнековим глибинним насосом Sprut 3SQGD 1-30-0,37 (рис. 1.3). Висота підйому до 20м, продуктивність до 1,8 м. куб, потужність 0,45 кВт, вага 7 кг. Двигун насосу асинхронний двухполюсний з короткозамкнутим ротором зі ступенем захисту IPX8.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9



Рисунок 1.3 - Шнековий глибинний насос Sprut 3SQGD 1-30-0,37

Централізована подача гарячої води відсутня. Підігрів відбувається завдяки встановленому бойлеру Atlantic VM 080 D400 – 2 – BC. Об'єм 80 л, час нагрівання 165 хв до +65 °С, потужність 1500 Вт.

Система опалення в приміщенні – двотрубна. Теплоносій (70°С / 50°С) подається по трубопроводу в систему опалення від власного газового котла. Як опалювальні прилади використовуються чавунні в гарному стані. Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно [ГОСТ 10704 -91](#) [9] .

Досліджувана система опалення об'єкту включає таке устаткування:

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

Під час обстеження було виявлено, що у деяких приміщеннях опалювальні прилади були загороджені меблями, а це в свою чергу негативно впливає на процес повітрообміну.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

Облік теплової енергії здійснюється опосередковано шляхом реєстрації кількості спожитого природного газу, яка вимірюється за допомогою газового лічильника марки GMS-G100-80-1,0-U31-НЧ.

Зняття показників лічильника виконується з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

Результатом обстеження вказаних приміщень є висновок, що експлуатація даної системи опалення задовільна.

У будинку використовується система природної вентиляції.

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між Олішевською Надією Олександрівною та ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показів приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (основний розрахунковий період – місяць). На об'єкті встановлено однофазний лічильник електроенергії марки ЛЕБ – Д1 – Б5 – PR6. Лічильник зображено нижче на рис. 1.4.

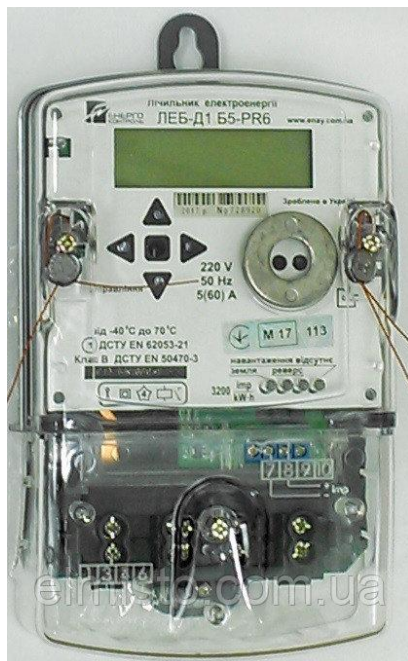


Рисунок 1.4 - Однофазний лічильник електроенергії марки ЛЕБ – Д1 – Б5 – PR6

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. У будівлі встановлено 8 ламп розжарювання, потужністю 75 Вт. Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня.

З огляду приміщень було варто зауважити, що стіни в усіх приміщеннях мають світлі кольори. Всі освітлювальні прилади знаходилися в робочому стані. Скло віконних заповнень чисте. Всі світильники знаходилися також в чистому стані.

### 1.3. Аналіз споживання енергоносіїв та газу

Варто зауважити, що облік води не ведеться на об'єкті. Обсяг використання електроенергії та газу ведеться загалом на житлову будівлю та кухню. Нижче в табл. 1.3 наведені обсяги споживання електричної енергії та газу за 2017-2019рр.

Таблиця 1.3 – Обсяги споживання енергоносіїв і води за 2017-2019 роки

Енергоносій/вода	2017	2018	2019
Електрична енергія, кВт·год	4236	3903	3409
Природний газ, м <sup>3</sup>	1879	1615,66	1330,21

Помісячне споживання електроенергії і газу за 3 роки наведено у таблицях 1.4, 1.5 та на рисунках 1.5, та 1.6.

Таблиця 1.4 – Величина споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

	2017	2018	2019
Місяць	кВт*год	кВт*год	кВт*год
Січень	306	268	241
Лютий	607	430	330
Березень	311	376	428
Квітень	358	320	415
Травень	348	408	428
Червень	381	250	130

Липень	284	266	308
Серпень	324	330	328
Вересень	278	269	124
Жовтень	320	350	153
Листопад	335	266	175
Грудень	384	370	349

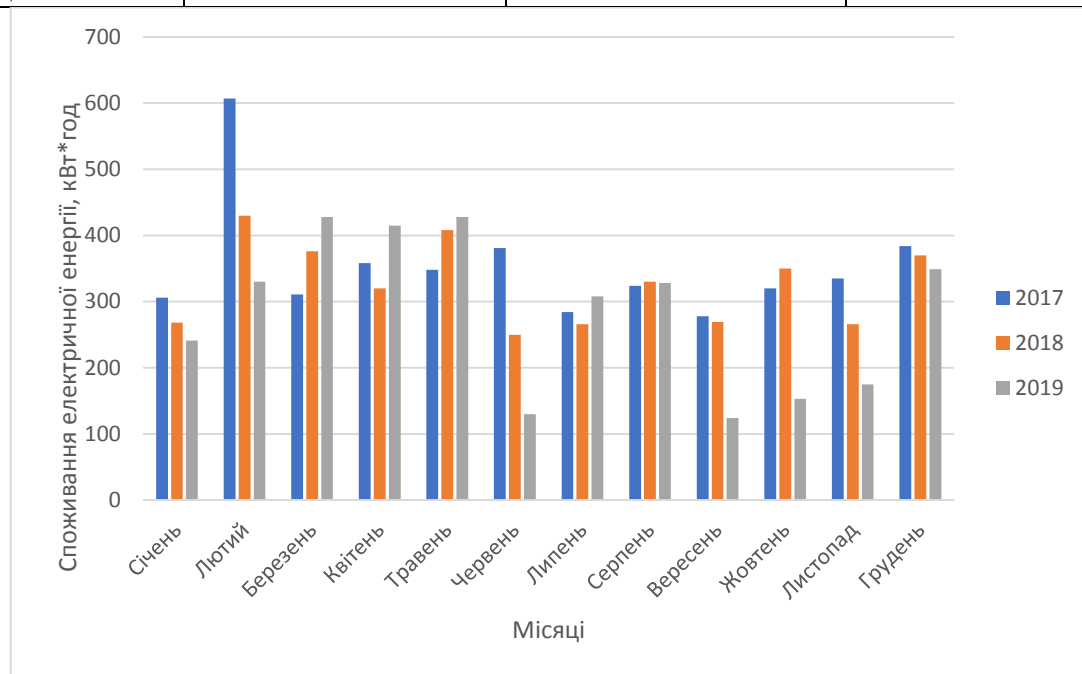


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання електричної енергії

Річне споживання електричної енергії майже рівномірне, але все ж таки є слабо помітне збільшення споживання в зимовий період. Швидше за все це спричинено тим, що на нагрівання води у бойлері витрачається більше електроенергії (при більших потребах у теплій воді), а також через коротший світловий день на освітлення, комп'ютерну техніку, електрочайник тощо.

Таблиця 1.5 – Величина споживання природного газу за 2017-2019 роки

	2017	2018	2019
Місяць	м3	м3	м3
Січень	464	323	220,00
Лютий	218	250	236,25
Березень	154	167	189,52
Квітень	131	123	105,00
Травень	26	22	15,00
Червень	26	21	17,00

Липень	27	15	14,85
Серпень	29	17	15,50
Вересень	56	22	21,72
Жовтень	167	154	71,71
Листопад	280	239	175,10
Грудень	301	262,66	248,56

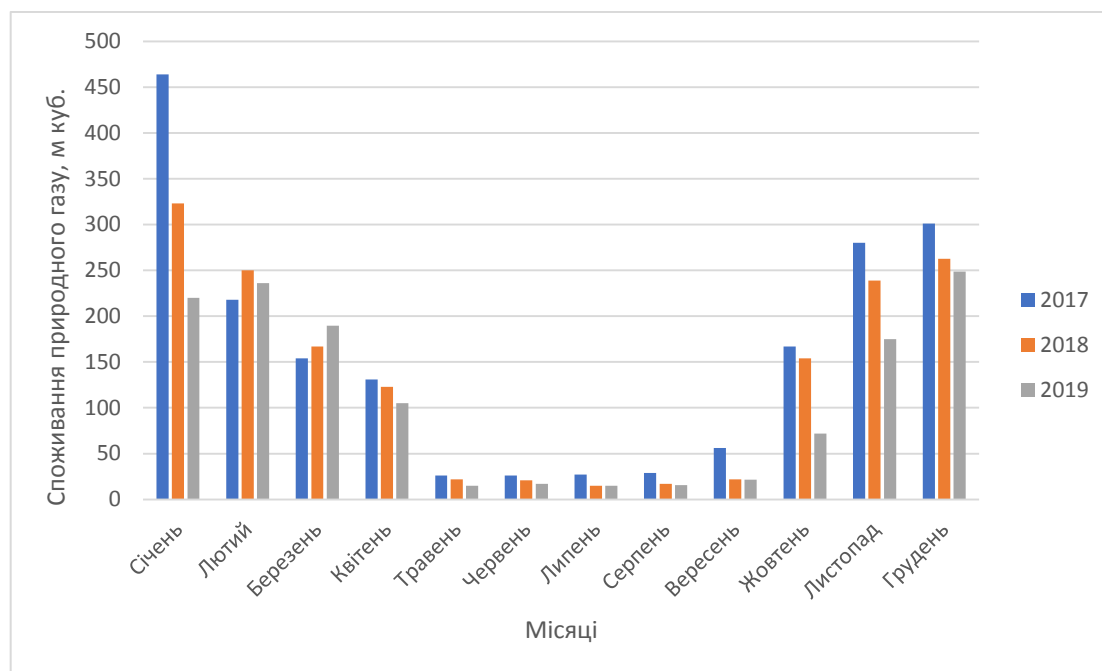


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання природного газу

З діаграми видно, що споживання природного газу відбувається в основному під час опалювального сезону, в інший час воно не настільки суттєве. Найбільша кількість теплової енергії використовується в зимові місяці в найхолодніший час. Також природний газ використовується на потреби домогосподарства (близько 15-30 м<sup>3</sup>/місяць або близько 10 % від загального споживання) та залежить від витрат на кухні для газової плити. Це пояснює споживання цього виду енергетичного ресурсу влітку.

Як вже було сказано раніше, обрахувати місячну потребу у воді доволі складно за відсутності лічильника.

#### 1.4 Існуючі тарифи на енергоносії та газу

Так як тарифи газопостачання дещо відрізняються помісячно, нижче наведено середньорічні тарифи.

2017 рік:

- електрична енергія (тариф для понад 100 кВт·год): 1,68 грн/(кВт·год);
- природний газ: 6,958 грн/м<sup>3</sup>.

2018 рік

- електрична енергія: 1,68 грн/(кВт·год);
- природний газ: 6,958 грн/ м<sup>3</sup>.

2019 рік

- електрична енергія: 1,68 грн/(кВт·год);
- природний газ: 7,59 грн/м<sup>3</sup>.

#### 1.5 Попередні заходи з енергозбереження

Попередньо було проведено утеплення дерев'яних стін будинку скловатою та обкладено цеглою для зменшення тепловтрат будинку та підвищення міцності його конструкції. Також були замінені дерев'яні вікна на металопластикові з подвійним склопакетом. Вхідні двері також були замінені та встановлені металеві.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		15

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

### 2.1. Розрахунок теплової потужності будівлі

#### 2.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma пр}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$ , повинен бути не меншим від потрібних значень  $R_{q min}$ , що визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних і комфортних умов та умов енергозбереження. Теплотехнічний розрахунок внутрішніх огорожувальних конструкцій будівлі проводиться за умови, що різниця температур між приміщеннями не більше  $3 \text{ }^{\circ}C$ .

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруді внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на  $3 \text{ }^{\circ}C$  та більше, обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (2.1)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

$R_{q min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{q min}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей громадських будинків встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 3 [1] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16



Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma np}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, непрозорої огороджуючої конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (2.2)$$

де  $\alpha_в$ ,  $\alpha_з$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К), які приймаються згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 9, [1];

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 8, Вт/(м · К), [1];

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

$R_i$  – термічний опір і-го шару конструкції, згідно формули (2.3), м<sup>2</sup> · К/Вт.

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті  $R_{nz}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт визначається за формулами:

$$\begin{aligned} \text{I зона} - R_{nz}^I &= R_0^I + \sum R_n; \\ \text{II зона} - R_{nz}^{II} &= R_0^{II} + \sum R_n; \\ \text{III зона} - R_{nz}^{III} &= R_0^{III} + \sum R_n; \\ \text{IV зона} - R_{nz}^{IV} &= R_0^{IV} + \sum R_n; \end{aligned} \quad (2.3)$$

де  $R_0^I$ ,  $R_0^{II}$ ,  $R_0^{III}$ ,  $R_0^{IV}$  – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$  – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт.

Величина  $\sum R_n$  розраховується по рівнянню:

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		17

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.4)$$

де  $n$  – кількість шарів підлоги на ґрунті;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го прошарку, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го прошарку, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт.

### 2.1.2 Визначення видів тепловтрат будівлі

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень, Вт

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}}, \quad (2.5)$$

де  $\sum Q_0$  – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

$\sum Q_{\text{д}}$  – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

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

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги), Вт:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_0} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.6)$$

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

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

$R_0$  – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків  $R_{qmin}$ ),  $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ ;

$t_6, t_3$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», таблиця 12, [1].

Відповідно до (2.6), основні тепловтрати крізь підлоги  $Q_{ndл}$  розраховуються по формулі, Вт:

$$Q_{ndл} = \left( \frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{zp}), \quad (2.7)$$

де  $R_{n2}^I, R_{n2}^{II}, R_{n2}^{III}, R_{n2}^{IV}$  - термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $(m^2 \cdot ^\circ C) / Wt$ ;

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

$t_6, t_{zp}$  – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту  $t_{zp} = +6^\circ C$ ).

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою, Вт:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{cm} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ndл}, \quad (2.8)$$

де  $\Sigma Q_{cm}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

$\Sigma Q_{вкн}$  – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{з.д}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\Sigma Q_{подл}$  – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, Вт.

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

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, Вт

$$Q_{op}^{\partial} = Q_{ст} \cdot \beta_{op}, \quad (2.9)$$

де  $Q_{ст}$  – тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщень, Вт;

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

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

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (2.10)$$

де:  $Q_{з.д}$  - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), Вт;

$\beta_{відкр}$  – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, що має значення:

- для одинарних дверей для громадських будинків  $\beta_{откр}=3$ .

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

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

$$Q_{ндл}^{\circ} = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (2.11)$$

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

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт

$$\sum Q_{ндл}^{\circ} = \sum_i^n Q_{i.ндл}^{\circ}, \quad (2.12)$$

де  $Q_{i.ндл}^{\circ}$  – втрати теплоти через неутеплені підлоги по кожному приміщенню, Вт;

$n$  – кількість приміщень де є неутеплені підлоги, для яких розраховано значення  $Q_{i.ндл}^{\circ}$ .

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, Вт:

$$\sum Q_{\circ} = \sum Q_{op}^{\circ} + \sum Q_{з.д}^{\circ} + \sum Q_{ндл}^{\circ}, \quad (2.13)$$

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

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

$\sum Q_{ндл}^{\circ}$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, Вт

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		21

$$Q_{3,\partial}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,\partial} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (2.14)$$

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

$t_6, t_3$  – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{3,\partial}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, кг/год

$$G_{3,\partial} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де  $b_{н.д}$  – ширина встановленої дверної нещільності (приймається  $0,005$  м);

$L_{н.д}$  – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м;

$v_{ср.н.д}$  – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається  $0,5$  м/с);

$m_n$  – маса  $1$  м<sup>3</sup> повітря, рівна  $1,3$  кг.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт

$$\sum Q_{inf} = \sum Q_{вкн}^{inf} + \sum Q_{3,\partial}^{inf}, \quad (2.16)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат  $\sum Q_{втр}$  по формулі (2.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою, Вт

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		22

$$Q_6 = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_6 - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (2.17)$$

де  $c$ ,  $t_6$ ,  $t_3$  те саме, що у формулі (2.18);

$V_n$  – об'єм приміщення;

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

$n_k$  – кратність повітрообміну,  $\text{м}^3 / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$ ;

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

### 2.1.3 Визначення видів теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей, Вт

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (2.18)$$

де  $q_l$  – явні теплонадходження від людей, Вт;

$n_l$  – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, Вт

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (2.19)$$

де  $N_{ел}$  – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

$k_{II}$  – коефіцієнт завантаження ( $k_{II}=0,9$ );

$\eta$  – ККД електроустаткування (приймаємо 0,9);

$k_T$  – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ( $k_T=0,9$ );

$k_c$  – коефіцієнт попиту на електроенергію ( $k_c=0,15$ ).

Теплонадходження від джерел освітлення, Вт

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \quad (2.20)$$

де  $N_{л}$  – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (люмінісцентні лампи –  $k_{осв} = 0,4$ );

$k_{з}$  – коефіцієнт завантаження освітлення;

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

Сумарні теплонадходження, Вт

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (2.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, Вт

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (2.22)$$

де  $\Sigma Q_{втр}$  – сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{тн}$  – сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_{г}^{cp} - t_{cp.on}}{t_{г}^{cp} - t_{з}} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (2.23)$$

де  $t_{г}^{cp}$  – середня температура у опалювальному приміщенні;

$t_{cp.on}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період за даними гідрометцентру згідно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*», [2];

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		24



$t_3$  – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно ДБН В.2.6-31:2006. «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [1, табл.10, додаток Б];

$n_{оп}$  – кількість днів опалювального періоду.

## 2.2. Тепловий розрахунок будівлі

### 2.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Термічний опір зовнішньої стіни розраховуємо за формулою (2.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,1}{0,044} + \frac{0,15}{0,23} + \frac{1}{23} = 3,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору з нормованим згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл.7,[1]:

$$R_{\Sigma np} = 3,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Так як фактичне значення опору більше за нормоване, то використання заходів для збільшення термічного опору не є раціональним.

Розрахунок термічного опору перекриття

Термічний опір перекриття розраховуємо за формулою (2.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,18} + \frac{0,0075}{0,52} + \frac{1}{23} = 0,45 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,45 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		25

Термічний опір металевих з утеплювачем (піноплістирол) дверей розраховуємо формулою (2.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{53} + \frac{0,05}{0,055} + \frac{1}{23} = 0,91 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

$$R_{\Sigma np} = 0,91 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} > R_{q \min} = 0,6 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Термічний опір вікон

Для металопластикових вікон з подвійним склінням величину  $R_{\Sigma np}$  приймаємо із таблиць

$$R_{\Sigma np} = 0,55 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Для вікон величину  $R_{\Sigma np}$  приймаємо із таблиць згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [1]

$$R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \text{ тоді}$$

$$R_{\Sigma np} = 0,55 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} < R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Розрахунок термічного опору підлоги

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (2.4):

$$R_{\Sigma np} = \frac{0,15}{0,23} + \frac{0,04}{0,23} = 0,83 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (2.3):

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

$$\text{I зона} - R_{не}^I = 2,2 + 0,83 = 3,03 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{II зона} - R_{не}^{II} = 4,3 + 0,83 = 5,13 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{III зона} - R_{не}^{III} = 8,6 + 0,83 = 9,43 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{IV зона} - R_{не}^{VI} = 14,2 + 0,83 = 15,03 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Теплопровідність $\lambda_i$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma пр}$ , $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \min}$ , $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Цегла на цементно-піщаному розчині	0,3	0,81	3,4	3,3
		Штукатурка цементно-піщана	0,03	0,81		
		Штукатурка цементно-піщана	0,03	0,81		
		Скловата	0,1	0,044		
		Дерево	0,15	0,23		
2	Дах	Дерев'яна обрешітка	0,05	0,18	0,45	4,95
		Шифер	0,0075	0,52		
3	Вікно	Металопластикові вікна з подвійним склінням	–	–	0,55	0,75
4	Вхідні двері	Металеві з утеплювачем (пінополістирол)	0,05	0,055	0,91	0,6
5	Підлога	Балки	0,15	0,23	0,83	–
		Доцата підлога	0,04	0,23		

З таблиці 2.1 можемо зробити висновок, що фактичний опір вікон не є задовільним, так як фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально

допустиме значення. Стіни та двері знаходяться у доброму стані та показники термічного опору в нормі. Стосовно даху тут термічний опір фактичний менший ніж мінімально допустимий. Також чималі тепловтрати будуть здійснюватися через підлогу Тому рекомендується утеплити дах та підлогу для зменшення тепловтрат будівлі.

### 2.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

#### Тепловтрати через зовнішні стіни

Тепловтрати через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (2.6):

$$Q_{ст} = \frac{75,3}{3,4} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 930,18 \text{ Вт.}$$

#### Тепловтрати через вікна

У будівлі всього налічується 6 вікон розміром 0,7x1,1 м, площа скління 4,62 м<sup>2</sup>.

Тепловтрати через вікна розраховуємо за формулою (2.6):

$$Q_{вкн} = \frac{4,62}{0,55} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 352,8 \text{ Вт.}$$

#### Тепловтрати через

$$Q_{ох} = \frac{48,6}{0,45} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 4536 \text{ Вт.}$$

#### Тепловтрати через підлогу

Визначимо площі підлоги, відповідно першої, другої зони:

$$F_I = 33,52 \text{ м}^2; F_{II} = 7,3 \text{ м}^2.$$

Тепловтрати через підлогу знаходимо за формулою (2.7):

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		28

$$Q_{\text{одл}} = \left( \frac{33,52}{3,03} + \frac{7,3}{5,13} \right) \cdot (20 - 6) = 174,8 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через вхідні двері

$$Q_{\text{ex}} = \frac{2,46}{0,91} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 113,5 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (2.8):

$$\sum Q_0 = 113,5 + 174,8 + 4536 + 352,8 + 930,18 = 6107,3 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни зумовлені орієнтацією будівель розраховуємо по формулі (2.9):

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = 930,18 \cdot 0,13 = 120,92 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 174,8 = 8,74 \text{ Вт.}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_{\text{д}} = 8,74 + 120,92 = 129,66 \text{ Вт.}$$

Втрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи відсутні тому що усі вікна у об'єкті є металопластиковими.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{\text{дв}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 76,05 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) = 898,82 \text{ Вт.};$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		29

$$G_{\text{дв}} = 0,005 \cdot 2 \cdot (1,2 + 2,05) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 76,05 \text{ кг/год.}$$

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{\text{інф}} = \sum Q_{\text{ВКН}}^{\text{інф}} + Q_{\text{дв}}^{\text{інф}} = 898,82 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на відкривання дверей

$$Q_{\text{дв}}^{\text{д}} = 113,5 \cdot 3 = 340,5 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою

$$Q_v = 0,28 \cdot 66,6 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1,43 \cdot 0,9 = 1316,95 \text{ Вт;}$$

$$n_k = \frac{3 \cdot 27}{0,85 \cdot 66,6} = 1,43,$$

де  $V_n = 66,6 \text{ м}^3$  – опалюваний площа об'єкту.

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

$$n_k = \frac{3 \cdot F_{\text{жс}}}{v_V \cdot V_{\text{п}}}, \quad (2.24)$$

де  $F_{\text{жс}}$  – площа (опалювальна площа) житлового будинку,  $\text{м}^2$ , що визначається згідно з [1; 13 (додаток В)];

$V_{\text{п}}$  – внутрішній опалювальний об'єм приміщення у житловому будинку,  $\text{м}^3$ ;

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

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{втр} = 1316,95 + 129,66 + 340,5 + 898,82 + 6107,3 = 8793,23 \text{ Вт.}$$

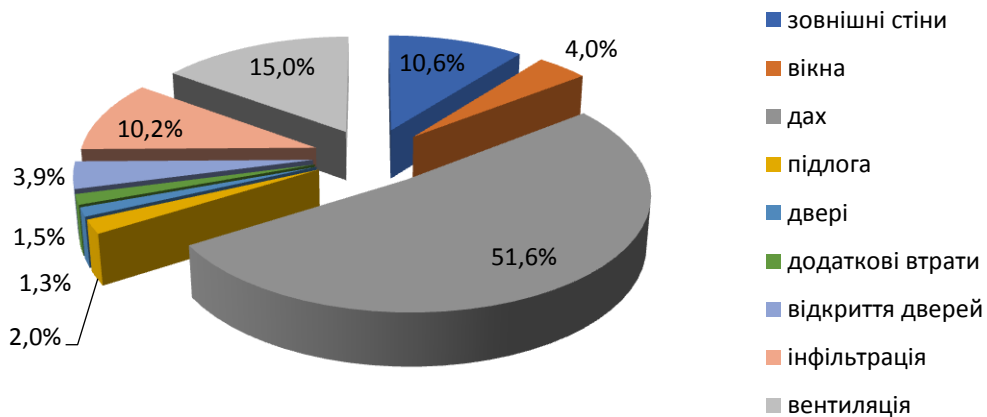


Рисунок 2.1 – Діаграма втрат теплоти у об'єкті

З діаграми (рис. 2.1) видно, що основні втрати тепла приходяться на дах, втрати через вентиляцію, двері та інфільтрацію. Тому основні енергозберігаючі заходи будемо реалізовувати з метою зменшення саме цих втрат.

### 2.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (2.18):

$$Q_l = 3 \cdot 104 = 312 \text{ Вт,}$$

де  $n = 3 \text{ чел}$  – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (2.19)

$$Q_{ел} = 750 (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 89,72 \text{ Вт,}$$

де  $N_{ел} = 750 \text{ Вт}$  – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (2.20)

$$Q_{осв} = 75 \cdot 0,95 \cdot 8 \cdot 0,72 = 410,4 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 312 + 89,72 + 410,4 = 812,12 \text{ Вт.}$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (2.22)

$$\Delta Q = 8793,23 - 812,12 = 7981,11 \text{ Вт.}$$

Розрахункове значення використовуваного тепла системою тепла за рік становить (2.23):

$$\Delta Q_{оп} = 7981,11 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} = 15,69 \text{ Гкал.}$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		32



## 3 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 3.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) утеплення даху;
- 2) встановлення рекуперації на вентиляцію;
- 3) заміна ламп розжарення на світлодіодні.

### 3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

#### 3.2.1 Утеплення даху

У зв'язку з тим, що отримані результати ( $R_{\Sigma np} \ll R_{qmin}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам, необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей суміщеного перекриття. Виведення показника опору теплопередачі суміщеного перекриття 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  $R_{\Sigma np} \geq R_{qmin}$ .

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару  $\delta_{ym}$  для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [2]

$$\delta_{ym} = [R_{qmin} - R_{\Sigma np}] \cdot \lambda_{ym} \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{ym}$  – теплопровідність матеріалу теплоізоляції, Вт/(м · К) [1, 2];

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		33

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

$R_{q min}$  – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $м^2 \cdot К/Вт$  [2].

Необхідно накласти теплоізоляцію зсередини, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня даху, попереджує передчасне руйнування даху, простіше в монтажі.

Для утеплення даху будівлі пропонується мінеральна вата, теплопровідність якої складає  $\lambda=0,037 Вт/(м \cdot К)$ .

Необхідна товщина теплоізоляції згідно (3.1):

$$\delta_{ум} = (4,95 - 0,45) \cdot 0,037 = 0,17 м,$$

де  $R_{q min} = 4,95 \frac{м^2 К}{Вт}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі;

Приймаємо товщину мінвати 0,2 м.

Вартість 1  $м^2$  мінеральної вати товщиною 100 см з монтажем складає 320 грн/ $м^2$  [3].

Термічний опір утеплювача знаходимо за формулою 3.2:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (3.2)$$

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

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-того шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації,  $Вт/(м \cdot К)$ .

$$R_i = \frac{0,2}{0,037} = 5,4 м^2 \cdot К/Вт$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Перерахуємо приведенний опір теплопередачі стелі з утепленням:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + (0,47 + 5,4) + \frac{1}{23} = 6,03 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі  $R_{q \min} = 4,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$ .

Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу складе:

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{г.і.}} + K_{\text{п.і.}} \quad (3.3)$$

де  $K_{\text{осн}}$  – вартість монтажу та придбання теплоізоляційного матеріалу, грн.;

$K_{\text{г.і.}}$  – вартість гідроізоляційного захисного покриття, грн,

$K_{\text{п.і.}}$  – вартість пароізоляційного захисного покриття, грн.

$$K_{\text{дах}} = 48,6 \cdot 320 \cdot 2 + 375 + 791 = 32270 \text{ грн.}$$

Втрати тепла після утеплення даху згідно формули (3.4)

$$Q_{\text{ум}} = \frac{48,6}{6,03} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 338,5 \text{ Вт}$$

Економія згідно формули (2.22)

$$\Delta Q = 4536 - 338,5 = 4197,5 \text{ Вт,}$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		35

або за опалюваний період у тепловому еквіваленті згідно (2.23) економія складе

$$\Delta Q = 4197,5 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} = 8,25 \text{ Гкал/рік.}$$

Необхідна кількість газу за опалювальний період для підігрівання теплоносія котлом визначалася за формулою:

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{\Delta Q \cdot 10^{-3}}{\eta \cdot Q_n^p} \cdot \frac{t_6^{cp} - t_{cp.on}}{t_6^{cp} - t_3} \cdot n_{оп}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta Q$  – економія теплового навантаження системи опалення, *Вт*;

$Q_n^p$  – нижча робоча теплота згоряння газу, яка дорівнює 35914 *кДж/м<sup>3</sup>*;

$\eta$  – ККД котла;

$10^{-3}$  – коефіцієнт, що враховує перетворення з 1 *Вт* у 1 *кВт*;

$n_{оп}$  – тривалість опалюваного періоду.

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot \frac{4,198}{0,92 \cdot 35914} \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} = 1045,95 \text{ м}^3.$$

З урахуванням, що вартість газу складає  $\Pi_{\text{газ}} = 4,47$  грн/м<sup>3</sup> станом на 2020 рік для приватних домогосподарств з урахуванням ПДВ, можемо розрахувати річні експлуатаційні затрати на опалення з використанням котла:

$$E_{\text{кот}} = \Pi_{\text{газ}} \cdot V_{\text{газ}} = 1045,95 \cdot 4,47 = 4675,4 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності теплоізоляції даху:

$$T_{ок} = \frac{32270}{4675,4} = 6,9 \text{ роки.}$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		36

### 3.2.2 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі

Аналіз балансу теплової енергії показує, що велика частка тепловтрат припадає на витрати системою витяжної вентиляції. Тому встановлення рекуператора теплоти здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожитий газ для опалення. Пропонується встановити пластинчастий рекуператор VENTS – ПР 150, який зображено на рис. 3.1

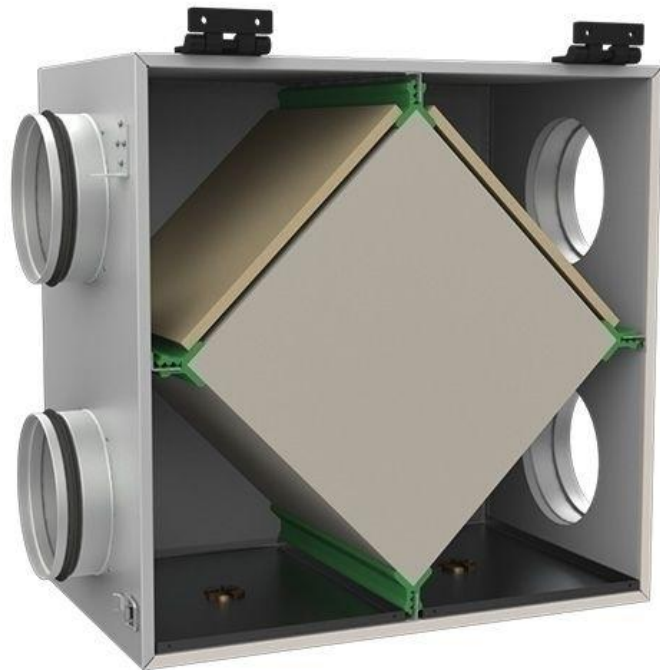


Рисунок 3.1 – Пластинчастий рекуператор VENTS – ПР 150

Схематично принцип роботи такого рекуператора можна представити таким чином (рис.3.2):

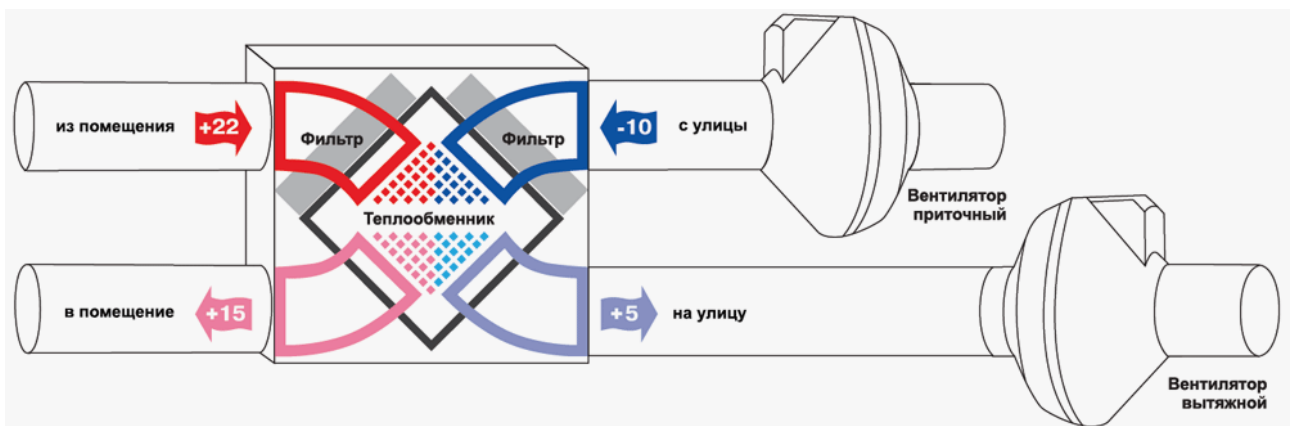


Рисунок 3.2 - Схема роботи пластинчастого рекуператора VENTS – ПР 150

Масова витрата повітря, яке проходить через рекуператор визначається за формулою:

$$G_{рекуп} = V_n \cdot \rho_c \cdot k_q, \text{ кг/с}, \quad (3.5)$$

де  $V_n$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

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

$k_q$  – коефіцієнт витрати, приймаємо  $k_q = 0,4$ .

Тоді за формулою (3.5):

$$G_{рекуп} = 66,6 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 34,63 \text{ кг/с}.$$

Масова витрата повітря, яке проходить через вентиляцію визначається за формулою:

$$G_{вент} = V_n \cdot \rho_c \cdot q, \text{ кг/с}, \quad (3.6)$$

де  $V_n$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

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

$q$  – коефіцієнт відносної витрати повітря, приймаємо  $k_q = 0,35$ .

Тоді за формулою (3.6):

$$G_{вент} = 66,6 \cdot 1,3 \cdot 0,35 = 30,3 \text{ кг/с}.$$

Середню температуру повітря розрахуємо за формулою:

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		38

$$t_{cp} = \frac{G_{рекуп} \cdot t_{ср оп} + G_{вент} \cdot t_{в}}{G_{рекуп} + G_{вент}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.7)$$

$G_{рекуп}$  — масова витрата повітря, яке проходить через рекуператор, кг/с;

$G_{вент}$  — масова витрата повітря, яке проходить через рекуператор, кг/с.

Тоді за формулою (3.7):

$$t_{cp} = \frac{34,63 \cdot (-1,4) + 30,3 \cdot 20}{34,63 + 30,3} = 8,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахуємо втрати теплоти на вентиляцію, після встановлення рекуператора за формулою (2.17)

$$Q_{рекуп} = 0,28 \cdot 66,6 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 - 8,6) \cdot 1,43 \cdot 0,9 = 357,46 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами через вентиляцію і встановленим рекуператором теплоти знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{вент} = Q_{вент} - Q_{рекуп}, \text{ Вт}$$

$$\Delta Q_{вент} = 1316,95 - 357,46 = 959,49 \text{ Вт.}$$

За формулою (2.23) знайдемо річну економію теплової енергії після впровадженн заходу:

$$Q_{рекуп}^{ек.рік} = 959,49 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} = 1,89 \text{ Гкал/рік.}$$

Необхідна кількість газу за опалювальний період для підігрівання теплоносія котлом визначалася за формулою (3.4)

$$V_{газ} = 24 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot \frac{0,96}{0,92 \cdot 35914} \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} = 239,19 \text{ м}^3.$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У грошовому еквіваленті ця економія складе:

$$E_{\text{кот}} = C_{\text{газ}} \cdot V_{\text{газ}} = 4,47 \cdot 239,19 = 1069,18 \text{ грн.}$$

Вартість придбання пластинчастого рекуператора VENTS – ПР 150, згідно [4] становить 10120 грн.

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу:

$$K_{\text{осн}} = 10120 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{супр}} = 1000 \text{ грн.}$$

$$K = 10120 + 1000 = 11120 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{11120}{1069,18} = 10,4 \text{ років.}$$

### 3.2.2 Заміна ламп застарілої конструкції на світлодіодні

Розрахунок економії у споживанні електричної енергії проводився для заміни ламп розжарювання 75W (6шт) на світлодіодні лампи 10 Вт

Середня тривалість роботи освітлювальних приладів на добу (за умови належного керування системою освітлення) – 6 годин.

Тривалість використання освітлення за рік:  $365 \times 6 = 2190$  годин/рік.

Річне зменшення витрати електричної енергії після заміни ламп :

$$Q_{\text{лампаТ8}}^{\text{Ек,рік1}} = 6 \cdot (75 - 10) \cdot 2190 \cdot 10^{-3} = 854,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік.}$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



У грошовому еквіваленті економія складе :

$$E_{\text{кот}} = C_{\text{ел.ен}} \cdot V_{\text{ел.ен}} = 854,1 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік} \cdot 1,68 \text{ грн} = 1434,9 \text{ грн.}$$

Вартість придбання лампи світлодіодної Maxus 10 Вт, згідно [5] становить 34,3 грн.

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу:

$$K_{\text{осн}} = 6 \cdot 34,3 = 205,8 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{205,8}{1434,9} = 0,14 \text{ років.}$$

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		41

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі енергоменеджера буде залежати від об'єкту на якому працює спеціаліст. Це може бути як виробництво, так і дитячий садок, або ж приватний будинок. У будь-якому випадку найбільш небезпечно працювати на виробничих об'єктах. Так як для ефективної роботи енергоменеджер повинен знаходитися на об'єкті доволі довго, то під час роботи він повинен виконувати всі правила охорони праці на досліджуваному об'єкті. Окрім того спеціаліст зазвичай має справу з усім виробничим та електричним обладнанням що також є небезпечним.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» небезпечні та шкідливі фактори на виробництві поділяються на:

### *Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори*

- машини і механізми, що рухаються; рухливі частини виробничого
- обладнання; вироби, заготовки та матеріали, що пересуваються,;
- конструкції, що руйнуються; гірські породи, що обриваються;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвукових коливань;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений або знижений барометричний тиск в робочій зоні і його різка зміна;

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		42

- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань в робочій зоні;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена напруженість магнітного поля;
- відсутність або нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- пряма і відбита блискучість;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- гострі краї, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі(пола).

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори підрозділяються за характером дії на організм людини і шляхом проникнення в організм людини.

Хімічні фактори за характером дії на організм людини підрозділяються на:

- токсичні;
- дратівливі;
- сенсibiliзуючі;
- канцерогенні;

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		43

- мутагенні;
- такі, що впливають на репродуктивну функцію.

Хімічні фактори можуть проникати в організм людини через:

- органи дихання;
- шлунково-кишковий тракт;
- шкірні покриви і слизові оболонки.

Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори включають наступні біологічні об'єкти:

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, найпростіші і інші), а також продукти їх життєдіяльності;
- макроорганізми, що негативно впливають на людину.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії підрозділяються на наступні:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження.

Фізичні перевантаження підрозділяються на:

- статичні;
- динамічні.

Нервово-психічні перевантаження підрозділяються на:

- розумове перенапруження;
- перенапруження аналізаторів;
- монотонність праці;
- емоційні перевантаження.

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може відноситися одночасно до різних перелічених вище груп. Крім того, характер впливу фактора на людину залежить від кількісної оцінки цього фактора (наприклад, концентрація шкідливої речовини або рівень шуму). Тому практично кожен фактор може бути шкідливим або небезпечним [6].

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44

Нижче наведено таблиці впливу хімічних та фізичних факторів на організм людини для всіх типів робочих приміщень від допустимих рівнів до небезпечних (шкідливих).

Таблиця 1 – Оптимальні норми параметрів мікроклімату робочої зони виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88)

Період року	Категорія праці	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний	Ia	22–24	40–60	0,1
	Iб	21–23		0,1
	IIa	18–20		0,2
	IIб	17–19		0,2
	III	16–18		0,3
Теплий	Ia	23–25		0,1
	Iб	22–24		0,2
	IIa	21–23		0,3
	IIб	20–22		0,3
	III	18–20		0,4

Таблиця 2 – Допустимі значення температури повітря робочої зони (ДСН 3.3.6.042–99)

Період року	Категорія праці	Температура повітря, °С	
		Постійні робочі місця	Тимчасові робочі місця
Холодний період	Ia	21–25	18–26
	Iб	20–24	17–25
	IIa	17–23	15–24
	IIб	15–21	13–23
	III	13–19	12–20
Теплий період	Ia	22–28	20–30
	Iб	21–28	19–30
	IIa	18–27	17–29
	IIб	15–27	15–29
	III	15–26	13–28

Таблиця 3 – Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005–88)

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Азоту діоксид	5	3
Алюміній та його сплави	2	3
Аміак	20	4
Ацетон	200	4
Бензол	15	2
Бенз(α)пірен	0,000 15	1
Вапняк	6	4
Водню хлорид	5	2
Вуглецею оксид	20	4
Вуглецю пил із вмістом вільного діоксиду кремнію до 5%	6	4
Вуглецю пил із вмістом вільного діоксиду кремнію від 5% до 10%	4	3
Гас (в переліку на С)	300	4
Діетиловий ефір	300	4
Залізний агломерат	4	3
Кремнію діоксид кристалічний при вмісті пилу від 10 до 70 %	2	3

Речовина	ГДК <sub>3</sub> мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Луги	0,5	2
Марганець у зварювальних аерозолях при його вмісті до 20 %	0,2	2
Мідь	1	2
Молібден металічний	3	3
Натрію гідрокарбонат	5	3
Нікель, сполуки нікелю	0,05	1
Нітробензол	3	2
Озон	0,1	1
Олії мінеральні нафтові	5	3
Пил з домішками діоксида кремнію від 2 до 10 %	4	4
Свинець і його неорганічні сполуки (по свинцю)	0,01	1
Сірка елементарна	6	4
Сірководень	10	2
Спирт етиловий	1000	4
Толуол	50	3
Хлор	1	2
Хрому оксид (III)	1	3
Цинку оксид	0,5	2

Таблиця 4 – Нормування інтенсивності теплового випромінювання (ДСН 3.3.6.042–99)

Вид джерела	Площа опромінення, %	Інтенсивність випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>
Нагріті поверхні обладнання, прилади освітлення	Більше 50	35
	25–50	70
	Менше 25	100
Відкриті джерела випромінювання	Менше 25 (при обов'язковому використанні ЗІЗ)	140

Таблиця 5 – Залежність допустимого рівня шуму від характеристики приміщення (ГОСТ 12.1.003–89, ДСН 3.3.6.037–99)

Характеристика приміщення	Рівні звуку, дБ
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних та дослідних робіт	50
Приміщення керування, робочі кімнати	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування:	
- без мовного зв'язку	80
- з мовним зв'язком по телефону	65
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	80

Таблиця 6 – Допустимі кориговані рівні віброшвидкості загальної вібрації (ДСН 3.3.6.039–99)

Тип вібрації	Еквівалентний рівень, дБ, у напрямі	
	вертикальному (Z)	горизонтальному (X, Y)
Транспортна	107	116
Транспортно–технологічна	101	
Технологічна типу «а»	92	
Технологічна типу «б»	84	
Технологічна типу «в»	75	

Примітка. Тип « а » – постійні робочі місця виробничих приміщень підприємств; тип « б » – робочі місця складів, столових, побутових, чергових і інших виробничих приміщень, де немає джерел вібрації; тип « в » – робочі місця заводууправління, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат і інших приміщень для працівників розумової праці.



Таблиця 7 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (ЕМП) (ДСН 3.3.6.096–2002)

Характеристика ЕМП, одиниці виміру	Діапазон	ГДР
Напруженість електричного поля, В/м	60 кГц–3 МГц	50
	3 МГц–30 МГц	20
	30 МГц–50 МГц	10
	50 МГц–300 МГц	5
Напруженість магнітного поля, А/м	60 кГц–1,5 МГц	5
	30 МГц–50 МГц	0,3
Щільність потоку енергії, Вт/м <sup>2</sup>	300 МГц–300 ГГц	0,1
Енергетичне навантаження, (Вт·год)/м <sup>2</sup>	300 МГц–300 ГГц	2

Таблиця 8 – Нормування іонізуючого випромінювання

Гранично допустима доза	Група критичних органів		
	I	II	III
ГДД для персоналу категорії А, бер/рік	5	15	30
ГДД для персоналу категорії Б, бер/рік	0,5	1,5	3,0
ГДД для персоналу (категорія А і Б), мЗв/рік	Не більше 20 мЗв/рік, допускається збільшення до 50 мЗв/рік за умови, що середньорічна доза за 5 років поспіль не перевищує 50 мЗв/рік		
ГДД для населення (категорія В), мЗв/рік (бер/рік)	1 (0,01)		

Таблиця 9 – Порогові значення сили струму

Вид порога	Сила струму, мА	
	Змінний струм	Постійний струм
Пороговий відчутний струм	0,6–1,5	5–7
Пороговий невідпускаючий струм	10–15	50–80
Пороговий фібриляційний струм	100	300

Таблиця 10 – Характер впливу електричного струму на організм людини

Струм, мА	Характер впливу	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6–1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук	Не відчувається
2–3	Сильне тремтіння пальців рук	–«–
5–7	Судоми в руках	Свербіж. Відчуття нагріву
8–10	Руки важко, але ще можна відірвати від електродів, сильні болі в пальцях і кистях рук	Посилений нагрів
20–25	Параліч рук, відірвати їх від електродів неможливо. Дуже сильні болі. Дихання ускладнене	Дуже сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук
50–80	Зупинка дихання. Початок фібриляції дихання	Скорочення м'язів. Судоми, утруднення дихання

#### 4.2 Правила виконання робіт на висоті

Для створення безпечних умов під час виконання робіт на висоті необхідно:

- забезпечити наявність, міцність і стійкість огорожень, риштувань, настилів, драбин тощо;
- забезпечити працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх за призначенням;
- виконувати у повному обсязі організаційні та технічні заходи;
- застосовувати технічно справні машини, механізми і пристрої, укомплектовані необхідною технічною документацією;
- забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;
- уживати заходи щодо усунення або зменшення впливу шкідливих та/або небезпечних факторів;
- ураховувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботи на висоті.

Працівники, які організують та готують робочі місця, виконують заходи:

- спорудження риштувань, помостів або інших пристосувань для безпечного виконання робіт на висоті;

- перевірку справності та наявності документів (записів), що підтверджують своєчасне проведення технічних оглядів, випробувань машин, механізмів, пристосувань і засобів захисту, що використовуються у роботі;
- створення необхідних умов праці (встановлення освітлювальних приладів, засобів захисту від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, заземлення металевих риштувань, наявність і міцність огорожень тощо);
- перевірки наявності та стану засобів індивідуального та колективного захисту;
- виконання інших заходів безпеки, що визначаються конкретними умовами роботи.

Засоби підмоцнення, тара, вантажозахоплювальні пристрої, пристосування для вивірення та тимчасового закріплення конструкцій, ферм тощо (далі-технологічна оснастка), огороження, захисні сітки, перекриття та інші засоби запобігання падінню працівників, матеріалів, предметів тощо з висоти, засоби захисту від ураження електричним струмом, від дії машин, обладнання, впливу шуму, вібрації, шкідливих речовин тощо (далі - засоби індивідуального та колективного захисту), які застосовують під час виконання робіт на висоті, мають відповідати вимогам чинного законодавства.

Працівники, які виконують роботу на висоті, зобов'язані:

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів та інструкцій з охорони праці, що стосуються їх робіт чи професій;
- дбати про особисту безпеку, а також про безпеку оточуючих людей під час виконання будь-яких робіт;
- виконувати роботи із застосуванням касок, запобіжних поясів, інших засобів індивідуального та колективного захисту;
- проходити в установленому порядку медичний огляд.

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		51

видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35 град.С або нижче мінус 20 град.С. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо) виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам.

Під час виконання робіт на висоті для запобігання можливого падінню інструменту, матеріалів тощо слід використовувати спеціальні сумки або пристрої для їх надійного зберігання (тримання).

Огородження, що встановлюються на робочих місцях, і проходи до них на висоті мають відповідати вимогам ГОСТ 12.4.059-89.

Драбини чи скоби, що використовуються для підймання або опускання працівників на робочі місця, розташовані на висоті більше 5 м, мають бути обладнані пристосуваннями для закріплення стропа запобіжного пояса (канат з уловлювачем та ін.).

У разі одночасного виконання робіт по одній вертикалі робочі місця, що розташовані нижче, обладнуються зверху відповідними захисними пристроями (настилами, сітками, козирками тощо), які встановлюються на відстані не більше 6 м по вертикалі від вищерозташованого робочого місця [7].

#### 4.3 Порядок евакуації відвідувачів із спортивної споруди під час виникнення пожежі

У разі виникнення пожежі евакуація людей із загрозованої зони здійснюється тільки визначеними (вказаними) шляхами евакуації.

Використовувати, як засіб евакуації, наявні ліфти категорично забороняється (у разі пожежі ліфти опускаються на перший поверх, відкриваються та відключаються від електричної мережі в електрощитових).

Забезпечення організованої (швидкої) евакуації людей покладається на керівників підрозділів та працівників чергових змін структур, що забезпечують охорону та комендантську службу.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		52

Маршрут руху при евакуації людей проходить від виходу зі службового приміщення на сходову клітку, далі по сходах до виходу з адміністративних будинків.

Під час виконання робіт щодо евакуації людей першочергову евакуацію необхідно проводити з приміщень (секторів), де виникла пожежа, а також з приміщень (секторів), яким загрожує небезпека поширення вогню і диму. Організація евакуації людей влаштовується таким чином, щоб шляхи евакуації глядачів не перетиналися зі шляхами пересування учасників спортивних заходів.

В подальшому евакуйовуються працівники, службові приміщення яких розміщуються на верхніх поверхах будинків (у послідовності з вищих поверхів до нижчих).

Останніми залишають будинки працівники охоронних структур.

Належний порядок евакуації людей у разі виникнення пожежі забезпечується:

- розміщенням на шляхах евакуації та виходах з поверхів і будинків світлових покажчиків «Вихід» та схематичних планів евакуації;
- своєчасним відкриттям дверей на шляхах евакуації (двері повинні відкриватися в напрямку виходу з будинків та приміщень) та встановленням турнікетів у фойє будинків у відкритому положенні (без стопорів);
- періодичними тренуваннями працівників, організацій орендарів, охоронних структур щодо евакуації людей у разі виникнення пожежі [8]

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		53

## ВИСНОВКИ

У випускній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була приватна житлова будівля, що знаходиться за адресою: 42334, Сумська обл., село Токарі, вул. Горького, буд.11.

Після ознайомлення з проектною документацією по заданому об'єкту, було проведене візуальне та інструментальне обстеження споруди, систем опалення.

Обстеження будівлі та результати вимірювань показали неефективність теплової ізоляції будівлі. Через великі тепловтрати через дах температура у приміщеннях інколи знижується нижче нормованих значень.

Тепловий баланс приміщень був розрахований при фактичному значенні опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі (капітальні затрати на впровадження заходу – 11120 грн, економія – 1069,18 грн, термін окупності – 10,4 років);
- утеплення даху (капітальні затрати на впровадження заходу – 32270 грн, економія – 4675,4 грн, термін окупності – 6,9 роки);
- заміна ламп застарілої конструкції на світлодіодні (капітальні затрати на впровадження заходу – 205,8 грн, економія – 1434,9 грн, термін окупності – 0,14 років).

Загалом, найбільш ефективно використовувати енергозберігаючі заходи строком окупності до 5 років, але на жаль економічна ситуація ринку України продукує збільшення строку окупності, через високі ціни на матеріали.

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		54

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. –72 с.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
3. Прайс послуг по утепленню компанії «Теплокомфорт» [електронний ресурс]. Режим доступу:  
<http://teplokomfort.kiev.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B9%D1%81/%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B2-%D0%B8-%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%80>.
4. Пластинчатий рекуператор для круглих каналів ВЕНТС ПР 150 G4 [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ventbazar.ua/rekuperator-plastinchatyi-dlya-kruglykh-kanalov-vents-pr-150-g4.html>.
5. Лампа світлодіодна maxus [електронний ресурс]. Режим доступу: [https://epicentrk.ua/ua/shop/lampa-svetodiodnaya-maxus-1-led-561-01-10-vt-a60-matovaya-e27-220-v-3000-k.html?gclid=Cj0KCQjwrIf3BRD1ARIsAMuugNvjrr1XCIXNRk4YRfYD2gwG2ympwcxoROnow2olKa55wldwkb5GoYQaAnriEALw\\_wcB](https://epicentrk.ua/ua/shop/lampa-svetodiodnaya-maxus-1-led-561-01-10-vt-a60-matovaya-e27-220-v-3000-k.html?gclid=Cj0KCQjwrIf3BRD1ARIsAMuugNvjrr1XCIXNRk4YRfYD2gwG2ympwcxoROnow2olKa55wldwkb5GoYQaAnriEALw_wcB).
6. Охорона праці [електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.dgma.donetsk.ua/metod/chemist/oto\\_tech/dp/7.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/metod/chemist/oto_tech/dp/7.pdf).
7. Наказ Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07>.
8. Програма № 14 - ПБ навчання з питань пожежної безпеки посадових осіб НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»[https://zp.edu.ua/uploads/whs/no14-pb-programa\\_2019.pdf](https://zp.edu.ua/uploads/whs/no14-pb-programa_2019.pdf).
9. ГОСТ 10704 -91 <http://metallo-baza.ru/assets/files/gost/gost-10704-91-truby-elektrosvarnye-pryamoshovnye.pdf>

					6.050601 03 БР 03 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55