

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: «Підвищення рівня ефективності енерговикористання

виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.»»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Лосятинський Данило Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(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)

Сапожніков С. В.

(прізвище і ініціали)

к.т.н., доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Секретар комісії \_\_\_\_\_

(підпис)

Суми 2022

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 92 с., 13 рис., 18 табл., 25 літературних джерел, 2 додатки.

Об'єкт дослідження: системи тепло-, водо-, газо- та електропостачання, освітлення і вентиляції, каналізації виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.», що розташована за адресою: 40007, Сумська область, м. Суми, вул. Харківська, 122.

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

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту (1 ф. А3), план виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.» (1 ф. А3), заходи з енергозбереження (1 ф. А3), зведені дані термічних опорів і тепловтрат досліджуваного об'єкту (1 ф. А3) – всього 4 аркуші формату А3.

Наведено опис систем теплопостачання, електропостачання, вентиляції, 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, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

Тема роботи «Підвищення рівня ефективності енерговикористання виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.»».

## ЗМІСТ

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

### РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	7
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	7
1.2 Опис дійсного стану будівлі .....	8
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта..	12
1.3.1 Система опалення.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	17
1.3.3 Система водопостачання.....	20
1.3.4 Система каналізації.....	20
1.3.5 Система вентиляції.....	21
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	21
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	21
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	24
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	24
2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження.....	28
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	29
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	29
3.2 Тепловий розрахунок будівлі.....	39
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	51
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	51
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	51

					6.144.02 БР 00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Підвищення рівня ефективності енерговикористання виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.». ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Лосятинський					3	92
Перевір.		Сапожніков						
Н. контр.		Сапожніков						
Затв.						СумДУ, ЕМз-83-0с		

4.2.1 Утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (дах).....	51
4.2.2 Встановлення теплової завіси на цехові ворота.....	58
4.2.3 Утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (зовнішні стіни)....	67
4.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	75
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	80
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
ДОДАТОК А.....	93
ДОДАТОК Б.....	94

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в Україні характеризується відносно невисокою ефективністю.

Питання підвищення енергоефективності на підприємствах та установах України становиться все більш актуальним. Вони виявилися не підготовленими до роботи в нових економічних умовах ускладнених економічною кризою та загальним спадом виробництва. Особливо ситуація погіршилась у зв'язку з переходом на світові ціни на енергоносії.

Витрати енергії на одиницю валового внутрішнього продукту значно перевищують відповідні показники економічно розвинених країн.

Більшість підприємств, установ і організацій України має значний потенціал економії енергії. Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності і реалізації потенціалу енергозбереження в Україні полягають в структурно-технологічній перебудові економії країни та створенні адміністративних, нормативно-правових, економічних механізмів, які б сприяли підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки України в цілому, її окремих галузей, підприємств та технологічних процесів передбачає виведення з експлуатації морально застарілого і фізично зношеного обладнання, припинення випуску неефективної (з точки зору використання енергії) продукції, впровадження новітніх конкурентоспроможних технологій, обладнання та побутових приладів. [2]

Здійснення цих заходів передбачає енергетичне обстеження підприємств, економічне обґрунтування заходів з енергозбереження, що пропонуються, врахування технологічних і технічних можливостей підприємства.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Метою роботи є аналіз використання первинних енергоресурсів і води, розроблення енергозберігаючих заходів з їх економії у виробничій будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.», що знаходиться за адресою: 40007, Сумська область, м. Суми, вул. Харківська, 122.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі: визначити тепловий баланс будівлі; виявити недоліки в роботі систем опалення, освітлення, вентиляції та водопостачання; запропонувати перелік енергозберігаючих заходів для проєктованих систем; зробити економічне обґрунтування ефективності роботи систем.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є виробнича будівля, яку орендує ФОП «Кругляк Ю. Г.»

Призначення будівлі – промислове виробництво тротуарної плитки, а також інших будівельних матеріалів.

Об'єкт побудовано у 1989 році. Подальшої модернізації не виконувалося.

Режим роботи об'єкту – 5-денний з 8:00 до 17:00. Вихідні: субота, неділя.

Адреса об'єкту: 40007, Сумська область, м. Суми, вул. Харківська, 122.

Телефон: (050) 307-26-48.

Сайт: відсутній.

Директор: Кругляк Юрій Григорович.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд виробничої будівлі ФОП «Кругляк Ю. Г.»

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

З самого початку будівля була спроектована для ведення промислового виробництва, тобто складається з одного суцільного приміщення виробничого призначення. Адміністративна частина у будівлі відсутня.

Будівля побудована у типовому стилі, характерному для сучасних промислових об'єктів, тобто має класичні правильні прямолінійні форми, а самі елементи будівлі є досить практичними і функціональними (рис. 1.1). Особливістю досліджуваної будівлі є її простий і швидкий монтаж, що зумовлено застосуванням технології блокового будівництва, який встановлюється із використанням стандартних залізобетонних блоків, які з'єднувалися методом зварювання та перекладалися цементно-піщаним розчином. Такий тип конструкції дозволяє отримати швидкий монтаж, однак така конструкція зовсім не задовольняє вимогам енергоефективності.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Будівля розташована на території м. Суми.

Склад людей (приблизний):

загальна кількість працівників на підприємстві 15 осіб;

кількість працівників, що постійно працюють у об'єкті 15 осіб;

Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний схід.

Технічні характеристики будинку такі:

рік побудови .....1989;

загальна кількість поверхів будівлі.....1;

опалювана площа об'єкту.....360 м<sup>2</sup>;

площа забудови за зовнішніми обмірами.....465,3 м<sup>2</sup>;

опалювальний об'єм будівлі.....1810 м<sup>3</sup>;

опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами.....2160 м<sup>3</sup>;

загальна площа скління.....19,2 м<sup>2</sup>;

загальна площа воріт.....10,5 м<sup>2</sup>

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Об'єкт розміщений у типовій одноповерховій будівлі, яка спроектована для ведення промислового виробництва. Об'єкт складається з однієї будівлі усередині якої знаходяться утеплений об'єм, що слугує як адміністративна частина, де знаходяться робочі місця директора та інженерів.

Зовнішні стіни об'єкта виконані із використанням застарілих, але швидких методів будівництва і матеріалів, а саме – залізобетонних плит та блоків, а також частина зовнішньої плити збудована з піноблоків. У будівлі відсутнє використання будь-яких теплоізоляційних матеріалів. Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 2,04 Вт/(м·К) [3]. Зовні стіни не мають обшивки, а всередині мають шар штукатурки на цементно-піщаному розчині (рис. 1.1). Зовнішніх дефектів стін не виявлено.

Будівля має застарілі однокамерні вікна у дерев'яних сплетіннях. Усі вікна глухі, а вентиляція здійснюється переважно за рахунок інфільтрації повітря через нещільності, яка є шкідливою. У результаті огляду світлопрозорих отворів виявлено незначні зовнішні дефекти, такі як нещільності, деякі шибки мають тріщини.

Розрахунковий термічний опір конструкції вікон – 0,42 м<sup>2</sup>·°C/Вт [3].

Фундамент будівлі виконаний із залізобетонних конструкцій на цементно-піщаній стяжці.

Підлога будівлі виконана з бетонної плити товщиною 380 мм, покритою шаром цементно-піщаної стяжці.

Переkritтя будівлі виконане з монолітної залізобетонної плити 220 мм.

Зовнішні двері будівлі відсутні. Ворота будівлі виготовлені з металевого листа, без утеплення. Виявлено нещільності у воротах. Розмір воріт 3х3,5 м.

Будівля не має балконів.

Загальний стан огорожуючих конструкцій будівлі задовільний.

Будівля не має безпосереднього контакту із іншими будівлями.

Аварійний вхід до об'єкту відсутній.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Об'єкт має автономну систему холодного водопостачання.

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з таких елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані з пластикових труб  $D_y$  40, 25 мм та  $D_y$  15 мм;
- запірно-регулююча (засувки, вентилі) та запобіжна арматура (клапани).

Основні споживачі холодної води – співробітники підприємства, а саме: змішувачі, крани, змивні бачки, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душових, а також вода витрачається на забезпечення технологічного процесу виробництва цементних розчинів для виготовлення бруківки.

Визначення споживання холодної води не виконується.

Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання. Гаряча вода використовується на об'єкті у душовій кімнаті для працівників підприємства.

Система каналізації на досліджуваному об'єкті автономна. Господарчо-побутові стоки відводяться у власні каналізаційні мережі. Вони не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується. Вигрібна каналізаційна яма розміщена на периферії об'єкту та періодично очищується по мірі заповнення. Вивезення каналізаційних стоків здійснює спеціалізований автотранспорт Сумського відділення КП «Міськводоканал» СМР, з яким у підприємства існує договір.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром  $\varnothing 100$ .

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Будинок не обладнано системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря надходить через відкриття світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішніх воріт або за рахунок інфільтрації через нещільності.

Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам. Також було встановлено, що у будівлі штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/2x18 FORA [4] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 36 Вт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього освітлення 4320 Вт. Річна тривалість роботи системи освітлення – 1600 год.

Система зовнішнього освітлення відсутня.

Система електропостачання будівлі розрахована на одночасне ввімкнення всіх електроспоживаючих приладів. Електропроводка будівлі відповідає вимогам експлуатації.

Споживачі електричної енергії:

- офісна техніка (комп'ютер, принтер, аудіосистема);
- мікрохвильова піч;
- електрочайник;
- електробойлер;
- електроосвітлення;
- насос системи опалення;
- промислові установки (вібропрес, вібростіл, бетонозмішувач тощо).

Споживач природного газу – система опалення. Газопостачання об'єкту здійснюється газопроводом низького тиску умовним діаметром  $d_y40$ . Постачальник природного газу – Сумське відділення ПАТ «СумиГаз».

Під час енергоаудиту розглядалися такі шляхи економії енергоресурсів і води:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

- скорочення споживання теплової енергії на потреби опалення;
- скорочення споживання електроенергії внутрішнього і зовнішнього освітлення;
- споживання води на санітарно-гігієнічні і технологічні потреби.

Поліпшення екологічних характеристик досягалося за рахунок: непрямого екологічного ефекту, спричиненого зменшенням споживання первинних енергоносіїв (електричної енергії) і води, а також пов'язаного з цим скороченням викидів забруднюючих речовин у довкілля.

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

У результаті енергетичного обстеження було здійснено візуальний огляд систем електро-, тепло- та водопостачання, вентиляції і каналізації.

#### 1.3.1 Система опалення

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення з використанням одноконтурного водяного газового котла «Богдан-35» номінальною потужністю 35 кВт.

Трубопроводи тепломережі сталеві, частково ізольовані.

Система опалення об'єкту однотрубна з верхньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, зі штучною циркуляцією теплоносія.

Система опалення регулюється автоматикою котла залежно від обраної температури на подавальному трубопроводі. Жорсткого контролю за споживанням теплової енергії немає. Наявні манометр і термометри, що вимірюють температуру води на подачі та зворотної води у системі подачі теплоносія.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Як опалювальні прилади використовуються конвекційні чавунні секційні радіатори. Опалювальні прилади розташовані по периметру будівлі. Доступ до опалювальних приладів не обмежений.

Як опалювальні прилади використовуються чавунні секційні радіатори, що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової теплової потужності. Всі нагрівальні прилади обладнуються автоматичними терморегуляторами.

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704-91. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику. Однак на об'єкті вона частково відсутня.

Характеристики чавунного секційного радіатора МС-140 подані у табл. 1.1 [5].

Таблиця 1.1 – Характеристики чавунного секційного радіатора МС-140

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °С	+110
Тиск, бар	9
Критичний тиск, бар	12
Потужність секції, Вт	120 – 160
Об'єм, л	1,11 – 1,45
Габаритні розміри , мм	
висота секції	588
глибина секції	93
ширина секції	140
Маса секції, кг	5,7 – 7,1

Зображення чавунного секційного радіатора подане рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Чавунний секційний радіатор МС-140

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

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

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення з використанням водяного одноконтурного газового котла «Богдан-35». Котел виготовлено у листопаді 2012 року. Фірма виробник «Укрінтерм». [6] (рис. 1.3), запірна арматура по воді – засувки діаметром 100 мм, фільтр тонкого очищення, гідровирівнювач, розширювальний мембранний бак, рециркуляційна насосна система. Наявність власного джерела тепла дозволяє досить гнучко регулювати температуру у приміщеннях підприємства залежно від температури зовнішнього повітря, що не спричиняє надлишкової подачі теплоти на потреби і перевикористання природнього газу.

Технічні характеристики котла:

- номінальна теплова потужність – 35 кВт;
- номінальна теплопродуктивність – 30,8 кВт;
- номінальний тиск газу – 1,96 кПа;
- коефіцієнт корисної дії, не менше – 92 %;
- максимальна температура теплоносія – 95 °С;

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- діапазон регулювання температури теплоносія на виході з котла, не менше – 50...90 °С;
- температура продуктів згоряння на виході з котла, не менше – 110 °С;
- споживання електричної енергії, не більше – 110 Вт;
- характеристика електроживлення (напруга/частота) – 220 В/50 Гц;
- маса апарату – 140 кг.



Рисунок 1.3 – Котел газовий водогрійний «Богдан-35»

Температура теплоносія може змінюватися залежно від температури доквілля. Після підігрівання вода подається за допомогою циркуляційного насосу у систему опалення. Система опалення в приміщенні – однотрубна з верхнім розведенням магістралей. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади.

Досліджувана система опалення об'єкту включає таке устаткування:

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

Підчас обстеження були виявлені деякі порушення, а саме: у деяких приміщеннях опалювальні прилади були загороджені, що негативно впливає

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

на процес повітрообміну; вікна у деяких приміщеннях мають не якісні відкоси, що спричиняє надмірні втрати тепла, що на період опалювального сезону не доцільно з точки зору енергозбереження, деякі приміщення мають занижену температуру відносно нормованих показників, при невеликій площі та достатній кількості радіаторів, тому можна зробити висновок, що радіатори або засмічені або мають недостатню площу теплообміну.

Облік теплової енергії здійснюється опосередковано шляхом реєстрації кількості спожитого природного газу, яка вимірюється за допомогою марки «Самгаз» G6 [7] (рис. 1.4), який має такі основні характеристики:

- діаметр умовного проходу Ду 32 мм;
- циклічний об'єм 2,4 дм<sup>3</sup>;
- діапазон об'ємних витрат газу  $Q_{\min}=0,025 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;  $Q_{\text{ном}}= 6,0 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;  $Q_{\max}=10,0 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;
- межі допустимої відносної похибки не перевищують в діапазоні витрат  $Q_{\min}<Q<0,1Q_{\max} \pm 3,0\%$  та при  $0,1Q_{\max}<Q<Q_{\max} \pm 1,5\%$ ;
- втрата тиску при  $Q_{\max}$ , не більше – 200 Па;
- діапазон робочих температур – мінус 30...+55 °С;
- габаритні розміри (довжина x ширина x висота) – 342 x 169 x 247 мм.



Рисунок 1.4 – Лічильник природного газу мембранний «Самгаз» G6 [7]

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Лічильники марки «Самгаз» вирізняються високою точністю та стабільністю вимірювань, довговічністю, широким діапазоном робочих температур, високою стійкістю до несанкціонованих втручань, наявністю датчика низької частоти та гнізда для встановлення коректора об'єму газу за температурою. Тому такий тип лічильника знайшов широке застосування як у промисловості, так і у побуті.

### 1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між ФОП Кругляк Ю. Г. та Сумським відділенням ПАТ «Сумиобленерго».

Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показів приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (основний розрахунковий період – місяць).

Постачальником електричної енергії є Сумське відділення ПАТ «Сумиобленерго», відбувається від окремої трансформаторної підстанції, яка знаходиться на території об'єкту. Живлення електричною енергією будівлі здійснюється кабельними лініями 0,4 кВ марки ВВГ.

Електрощитова з розподілом на 220/380 В, від якої живиться електроенергією силове обладнання та освітлювальна мережа об'єкта, знаходиться в будівлі. Вона є спільною для всього об'єкту.

Комерційний облік спожитої у об'єкті активної електричної енергії здійснюється за допомогою трифазного одностарифного лічильника активної енергії типу НІК 2102-02.М2В [8] (рис. 1.6, табл. 2.2), який входить до складу автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) [9]. Вона являє собою сукупність об'єднаних в єдину систему локального устаткування збору і обробки даних (ЛУЗОД) засобів обліку, каналів передачі інформації та пристроїв приймання, обробки, відображення та

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

реєстрації інформації. Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ поданий на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ [9]

Лічильник типу НІК 2102-02.М2В відповідає вимогам ГОСТ 30207 та ДСТУ ІЕС 61036, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 і ТУ У 33.2-33401202-004:2005 та має підвищений захист від впливу змінних та сталих магнітних полів. Технічні характеристики лічильника наведені у табл. 1.2.



Рисунок 1.6 – Трифазний однотарифний лічильник активної енергії типу НІК 2102-02.М2В [8]

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника НІК 2102-02.М2В

Параметр	Значення
Клас точності	1,0
Номінальна сила струму	5,0 А
Максимальна сила струму	60 А
Номінальна напруга	220 В
Максимальна напруга	253 В
Мінімальна напруга	143 В
Номінальна частота	50 Гц
Чутливість	12,5 мА
Тип індикатора	електромеханічний
Міжповірочний інтервал	5 років
Робочий діапазон температур	-40 °С – +50 °С

Лічильники реактивної потужності на об'єкті відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам. Також було встановлено, що у будівлі штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/2x18 FORA [4] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього освітлення 4320 Вт. Річна тривалість роботи системи освітлення – 1600 год.

З візуального огляду приміщень було встановлено, що стіни в усіх приміщеннях мають світлий колір. Майже всі освітлювальні прилади на момент обстеження знаходилися в робочому стані (225 робочих ламп і 15 неробочих, що складає близько 6 %). Скло віконних заповнень більшості

приміщень забруднене. Всі світильники знаходилися в працездатному стані, але їх очищення не періодичне.

### 1.3.3 Система водопостачання

Основні споживачі холодної води – співробітники підприємства, а саме: змішувачі, крани, змивні бачки, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душовій, а також вода витрачається на забезпечення технологічного процесу виробництва цементних розчинів для виготовлення бруківки.

Визначення споживання холодної води не виконується.

Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання. Гаряча вода використовується на об'єкті у душовій кімнаті для працівників підприємства.

### 1.3.4 Система каналізації

Система каналізації на досліджуваному об'єкті автономна. Господарчо-побутові стоки відводяться у власні каналізаційні мережі. Вони не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується. Вигрібна каналізаційна яма розміщена на периферії об'єкту та періодично очищується по мірі заповнення. Вивезення каналізаційних стоків здійснює спеціалізований автотранспорт Сумського відділення КП «Міськводоканал» СМР, з яким у підприємства існує договір.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø100.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.3.5 Система вентиляції

Будинок не обладнано окремими системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря надходить до об'єкту через нещільності у воротах або світлопрозорих конструкціях.

Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду [10, 11]

Електрична енергія (з ПДВ): 3,53 грн/(кВт·год).

Природний газ (з ПДВ): 29,46 грн/ м<sup>3</sup>.

### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Подамо загальну картину споживання енергоресурсів і води по об'єкту.

Річне споживання енергоносіїв за останні 3 роки наведено у таблиці 1.3 та додатках А і Б.

Таблиця 1.3 – Споживання енергоносіїв і води за 2019–2021 р.р.

Найменування	Од. вим.	Обсяги споживання за роками		
		2019	2020	2021
Природний газ	м <sup>3</sup> (кВт·год*)	9750 (90791)	9430 (87811)	9270 (86321)
Холодна вода	м <sup>3</sup>	–	–	–
Електроенергія	тис. кВт·год	608,7	628,6	615,7
Загальні витрати теплової (природний газ) і електричної енергії	тис. кВт·год	699,5	716,4	702,0

\* за умови спалювання газу з нижньою теплотою згоряння 8000 ккал/м<sup>3</sup>

Кількість спожитої електричної енергії об'єктом по місяцям за 2019–2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті, наведені на рис. 1.7.

Максимуми споживання енергії відсутні, що пов'язано із використанням електричної енергії переважно для роботи технологічного обладнання.

Незначне коливання споживання електричної енергії пов'язане зі зміною кількості замовлень.

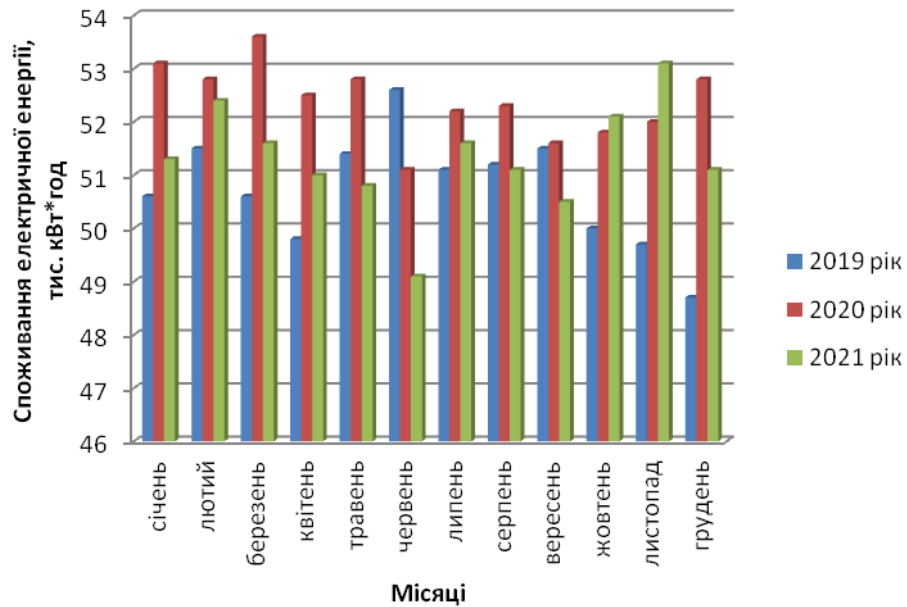


Рисунок 1.7 – Динаміка споживання електроенергії об'єктом в 2019 – 2021 роках

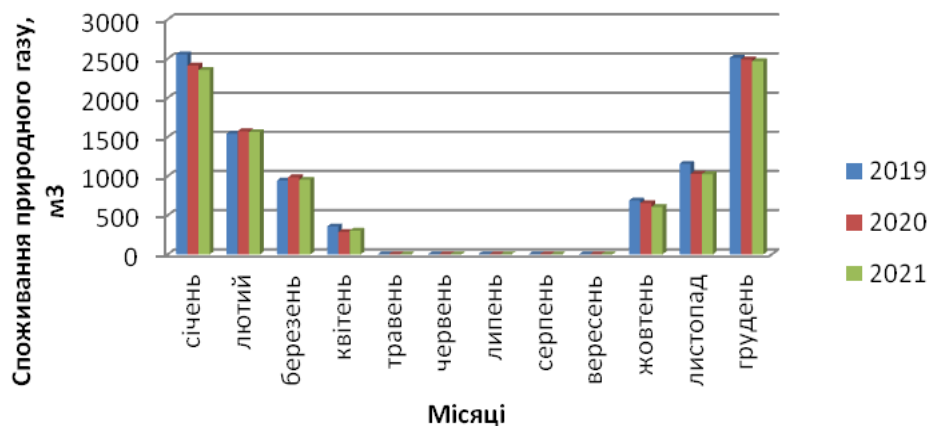


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання природного газу в 2019 – 2021 роках

Максимуми споживання природного газу припадають на листопад – лютий місяць, що видно з рис. 1.8, причиною чого є досить несприятливі кліматичні умови. Загалом, споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку опалювального періоду, і починає плавно спадати в кінці зимових місяців.

У різні роки, на початку опалювального періоду спостерігається невелика різниця споживання природного газу. Це пов'язано з різною середньомісячною температурою навколишнього середовища.

У 2021 році в об'єкті за даними журналу обліку було спожито:

- природного газу – 9270 м<sup>3</sup> (0,273 млн. грн);
- електричної енергії – 615,7 тис. кВт·год (2,173 млн. грн).

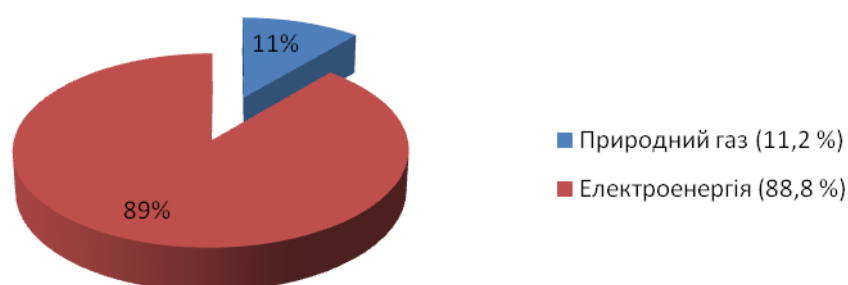


Рисунок 1.9 – Кругова діаграма обсягів споживання енергоресурсів об'єктом за 2021 рік

З кругової діаграми (рис. 1.9) видно, що більшу фінансову частину енергоспоживання складає електрична енергія (88,8 %), що пов'язано із роботою потужного технологічного обладнання. Однак для економії енергоресурсів також доцільно впроваджувати заходи з економії природного газу.

## 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

При проведенні енергетичного аудиту системи енергопостачання основними вимірюваними параметрами є температура, лінійні розміри будівлі та мереж. Найчастіше на практиці для вимірювання температури використовуються термометри та пірометри, а для вимірювання лінійних розмірів – рулетка та штангенциркуль.

### 2.1 Опис методів та приладів вимірювання

#### 2.1.1 Пірометри [12]

Пірометри застосовуються для вимірювання температури тіл у діапазоні від мінус 30 до плюс 6000°C. Дія цих приладів заснована на залежності теплового випромінювання нагрітих тілі від їх температури і фізико-хімічних властивостей. На відміну від термометрів первинний перетворювач пірометра не підпадає під вплив високої температури і не змінює температурне поле, тому що перебуває поза вимірювальним середовищем.

При аудиті системи опалення, зокрема вимірюванні температури теплоносія та робочих поверхонь приміщення, був використаний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek.

Технічні характеристики лазерного пірометра приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра MiniTemp

Параметр	Значення
1	2
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Точковий цілевказівник
Збереження інформації на дисплеї	7 с



Продовження табл. 2.1

Параметр	Значення
Підсвічування екрану	Автоматичне
Оптичне розрішення D:S	1:6
Допустима відстань	До 100 см
Діапазон вимірювань	Від -18 °C до +275 °C
Точність, %	±2
Час спрацювання, мсек	500
Робоча температура, °C	0...50
Живлення	9 В (батарея або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

Зображення лазерного пірометра MiniTemp подане на рис. 2.1



Рисунок 2.1 – Лазерний пірометр MiniTemp

Сфери застосування лазерного пірометра MiniTemp:

- обслуговування автомобілів: несправність мотора, діагностика системи охолодження;
- система опалювання, вентиляції і кондиціонування: температурний баланс приміщення, обстеження подаючих і поворотних регістрів, робота систем опалювання, енергоаудит і ізоляція вікон;
- обслуговування електромереж і щитів: виявлення перегріву кабелів і з'єднань дротів;
- харчова промисловість: визначення температури зберігання, транспортування і продажу продуктів харчування, профілактика і діагностика холодильних камер, духових печей, кухонних плит і посудомийних машин.

Пірометр дуже простий в використанні завдяки лазерному прицілу та дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта.

### 2.1.2 Термоанімометр [13]

Термоанімометр – прилад для вимірювання температури та вологості повітря, температури точки роси.

Принцип дії універсального вимірювача засновано на залежності опору його термочутливого елемента від концентрації пари води у повітрі, а також на реєстрації температури, при якій повітря досягає стану насичення при постійному тиску. Основні характеристики вимірювача Testo 605-N1 наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Основні технічні характеристики вимірювача Testo 605-N1

Діапазон вимірювань	Від-20 до+70 °C
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °C
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)

Зображення термогігрометра Testo 605-N1 представлено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2– Термоанімометр Testo 605-Н1

### 2.1.3 Вимірювальна рулетка [14]

Вимірювальна рулетка служить для визначення геометричних розмірів приміщень. Являє собою металеву стрічку з поділками, яка намотана на катушку, що знаходиться в корпусі. Корпус має механізм для змотування. Границя виміру приладу складає 5 м, похибка  $\pm 1$  мм. Вимірювальна рулетка зображена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Вимірювальна рулетка

Рулетки зі зворотною пружиною зазвичай оснащені стопором, який запобігає самовільному змотуванню стрічки. На вільному кінці стрічки такі

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

рулетки містять міцно закріплений зачіп, який не дозволяє кінця стрічки безповоротно піти в середину корпусу і служить для точного суміщення початку стрічки і ребра обміряє предмета.

## 2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження

В результаті проведеного пірометричного обстеження було знайдено ряд проблемних місць у обстежуваній будівлі з найбільшими тепловими втратами. В першу чергу, це стосується зовнішніх стін, вентиляції, а також даху. Через зовнішні стіни, дах будівлі та вентиляцію відбувається значна частина тепловтрат, виявлених на основі отриманих вимірювань. Вимірювання температури вікон та підвіконь показали їх не зовсім задовільний стан: значні втрати тепла по периметру вікон, а також через саме скління. З урахуванням нещодавньої модернізації будівлі, можна сказати, що її якість була невисокою.

Результати вимірювань показали, що в місці стику зовнішніх і внутрішніх стін та перекриття відбуваються значні тепловтрати.

Вимірювання температури стелі досліджуваного об'єкту показали, що через стики стіни та перекриття відбуваються тепловтрати, це зумовлено утворенням, так званого, «містка холоду».

Інструментальне обстеження приладів опалення показало, що вони працюють ефективно та не потребують очищення.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [3, 15–18]

##### 3.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Зведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій,  $R_{\Sigma пр}$ ,  $m^2 \cdot K/Wm$ , повинний бути не менше за вимагаємих значень  $R_{qmin}$ , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

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:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin} \quad (3.1)$$

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

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

Мінімально допустиме значення,  $R_{qmin}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно з [3, табл. 4]. залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища і теплової інерції огорожувальних конструкцій  $D$ , що розраховується за формулою:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_i \quad (3.2)$$

де  $R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_n = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (3.3)$$

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

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К), що приймають згідно з [16, табл. Л.1];

$s_i$  – коефіцієнт теплосвоєння матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м<sup>2</sup>·К), що приймають згідно з [16, табл. Л.1];

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

Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma np}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (3.1) розраховується за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.4)$$

де  $\alpha_6, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К), які приймаються згідно з [16, табл. 9];

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з [16, додаток Е], Вт/(м · К);

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, м<sup>2</sup> · К/Вт;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 7, [16].

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

$$\text{I зона} - R_{nz}^I = R_0^I + \sum R_n;$$

$$\text{II зона} - R_{nz}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n;$$

$$\text{III зона} - R_{nz}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n; \quad (3.5)$$

$$\text{IV зона} - R_{nz}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n;$$

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.

### 3.1.2 Розрахунок основних тепловтрат

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

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень,  $Bm$

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_{\partial} + \sum Q_{инф}, \quad (3.6)$$

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

$\sum Q_{\partial}$  – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції,  $Bm$ ;

$\sum Q_{инф}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря,  $Bm$ .

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (3.7)$$

де  $F_{огр}$  – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції,  $m^2$ ;

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

$t_6, t_3$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ; [3, 17]

$n$  – 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» [16, таблиця 12].

Відповідно до (3.6), основні тепловтрати крізь підлоги  $Q_{пдл}$  розраховуються по формулі,  $Bm$

$$Q_{пдл} = \left( \frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{сп}), \quad (3.8)$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



де  $R_{n_2}^I, R_{n_2}^{II}, R_{n_2}^{III}, R_{n_2}^{IV}$  - термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$ ;

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

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

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою,  $Wm$

$$\sum Q_0 = \sum Q_{ст} + \sum Q_{вкн} + \sum Q_{з.д} + \sum Q_{ндл}, \quad (3.9)$$

де  $\sum Q_{ст}$  - сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню,  $Wm$ ;

$\sum Q_{вкн}$  - сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню,  $Wm$ ;

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

$\sum Q_{ндл}$  - сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами,  $Wm$ .

### 3.1.3 Розрахунок додаткових тепловтрат

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

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, Вт

$$Q_{op}^{\circ} = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \quad (3.10)$$

де  $Q_{cm}$  – 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

$$Q_{z.d}^{\circ} = Q_{z.d} \cdot \beta_{відкр}, \quad (3.11)$$

де  $Q_{z.d}$  - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), Вт;

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

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

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

$$Q_{ndl}^{\circ} = 0,05 \cdot Q_{ndl}, \quad (3.12)$$

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

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum Q_{ndл}^{\circ} = \sum_i^n Q_{i.ndл}^{\circ}, \quad (3.13)$$

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, *Вт*

$$\sum Q_{\delta}^{\circ} = \sum Q_{op}^{\circ} + \sum Q_{з.д}^{\circ} + \sum Q_{ndл}^{\circ}, \quad (3.14)$$

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*;

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, *Вт*

$$Q_{з.д}^{inf} = 0,28 \cdot G_{з.д} \cdot c \cdot (t_в - t_з), \quad (3.15)$$

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

$t_в, t_з$  – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$G_{з.д}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу,  $кг/год$

$$G_{з.д} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.16)$$

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  $1 м^3$  повітря, яка дорівнює  $1,3 кг$ .

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря,  $Вт$

$$\sum Q_{інф} = \sum Q_{вкн}^{інф} + \sum Q_{з.д}^{інф}, \quad (3.17)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат  $\sum Q_{втр}$  по формулі (3.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

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

$$Q_v = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_v - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (3.18)$$

де  $c, t_v, t_3$  те саме, що у формулі (3.15);

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$V_n$  – 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  $k_v = 0,85 - 1,0$ ).

### 3.1.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей,  $\text{Вт}$

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (3.19)$$

де  $q_l$  – явні теплонадходження від людей,  $\text{Вт}$ ;

$n_l$  – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування,  $\text{Вт}$

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.20)$$

де  $N_{el}$  – номінальна потужність електроустаткування,  $\text{Вт}$ ;

$k_{II}$  – 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,  $\text{Вт}$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \quad (3.21)$$

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*

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (3.22)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, *Вт*

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.23)$$

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

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

$$\Delta Q_{ОП} = \Delta Q \cdot \frac{t_{г}^{cp} - t_{cp.on}}{t_{г}^{cp} - t_{з}} \cdot n_{ОП} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.24)$$

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

$t_{cp.on}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період

за даними гідрометцентру згідно [17];

$t_{з}$  – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель [3, табл. В.4];

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

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 3.2 Тепловий розрахунок будівлі

### 3.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій

#### Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Будівля має непрозору конструкцію, що складається з двох видів конструкцій:

1) зовнішня стіна 1, що включає залізобетонну плиту товщиною 220 мм та шар штукатурки на цементно-піщаному розчині товщиною 10 мм;

2) зовнішня стіна 2, що включає пінобетонні блоки товщиною 220 мм та шару штукатурки на цементно-піщаній основі товщиною 10 мм.

Теплова інерція зовнішньої стіни 1 відповідно до формул (3.2) і (3.3):

$$D = \frac{0,22}{2,04} \cdot 18,95 + \frac{0,01}{0,81} \cdot 9,76 = 2,16 > 1,5.$$

Теплова інерція зовнішньої стіни 2 відповідно до формул (3.2) і (3.3):

$$D = \frac{0,22}{0,3} \cdot 4,51 + \frac{0,01}{0,81} \cdot 9,76 = 3,43 > 1,5.$$

#### Термічний опір зовнішньої стіни 1

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,28 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,28 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 1,7 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

#### Термічний опір зовнішньої стіни 2

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{0,3} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,9 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,9 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 1,7 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Як видно з результатів розрахунку, зовнішні стіни обох конструкцій потребують підвищення термічного опору за рахунок утеплення.

Розрахунок термічного опору даху

Дах будівлі має в основі залізобетонну плиту товщиною 220 мм та шару гідрозахисту – руберойд, промащений смолою товщиною 6 мм. Утеплення даху відсутнє.

Теплова інерція даху будівлі відповідно до формул (3.2) і (3.3):

$$D = \frac{0,22}{2,04} \cdot 18,95 + \frac{0,006}{0,17} \cdot 3,53 = 2,17 > 1,5.$$

Термічний опір даху розраховуємо за формулою (3.4):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 1,7 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Як видно з результатів розрахунку, дах також потребує утеплення.

Розрахунок термічного опору воріт

Ворота виконані з сталевго листа товщиною 5 мм. Без утеплювача.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Теплова інерція воріт будівлі відповідно до формул (3.2) і (3.3):

$$D = \frac{0,005}{58} \cdot 126,5 = 0,01 < 1,5.$$

Термічний опір воріт розраховуємо формулою (3.4):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{58} + \frac{1}{23} = 0,16 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, можемо записати

$$R_{\Sigma np} = 0,16 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,6 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Термічний опір воріт не задовольняє нормативу.

Термічний опір вікон

Термічний опір віконних прорізів для нашого випадку  $R_{\Sigma np} = 0,42 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$ ,

що відповідає однокамерному вікну у дерев'яному сплетінні.

Відповідно до таблиць ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і

споруд. Теплова ізоляція будівель» [16]  $R_{q \min} = 0,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$  тоді

$$R_{\Sigma np} = 0,42 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, термічний опір однокамерного вікна у дерев'яному сплетінні не відповідає нормованому значенню термічного опору для даного виду

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

огороджуючої конструкції. Значить, вікна також рекомендується замінити на енергоощадні металопластикові.

#### Розрахунок термічного опору підлоги

Підлога будівлі виконана із залізобетонних плит товщиною 380 мм, стяжки з цементно-піщаного розчину товщиною 50 мм. Без утеплювача.

Теплова інерція підлоги будівлі відповідно до формул (3.2) і (3.3):

$$D = \frac{0,38}{2,04} \cdot 18,95 + \frac{0,05}{0,81} \cdot 9,76 = 4,13 > 1,5.$$

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (3.4):

$$\sum R_n = \frac{0,38}{2,04} + \frac{0,05}{0,81} = 0,25 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Підлога розміщена на ґрунті. Тому тепловтрати будуть залежати від зони розміщення. Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$\text{I зона} - R_{nz}^I = 2,2 + 0,25 = 2,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$\text{II зона} - R_{nz}^{II} = 4,3 + 0,25 = 4,55 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$\text{III зона} - R_{nz}^{III} = 8,6 + 0,25 = 8,85 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$\text{IV зона} - R_{nz}^{IV} = 14,2 + 0,25 = 14,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту подані у таблиці 3.1.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	Теплозасвоєння, $s, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	Теплова інерція $D$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Зовнішні стіни 1	З/бетонна плита	0,22	2,04	18,95	0,28	2,16	1,7
		Розчин цементно-піщаний	0,01	0,81	9,76			
2	Зовнішні стіни 2	Пінобетон	0,22	0,3	4,51	0,9	3,43	1,7
		Розчин цементно-піщаний	0,01	0,81	9,76			
3	Ворота	Сталь	0,005	58	126,5	0,16	0,01	0,6
4	Дах	Руберойд, промащений смолою	0,006	0,17	3,53	0,3	2,17	1,7
		З/бетонна плита	0,22	2,04	18,95			
5	Вікна	Однокамерні у дерев'яному сплетінні				0,42	–	0,45
6	Підлога	З/бетонна плита	0,38	2,04	18,95	0,25	4,13	1,9
		Розчин цементно-піщаний	0,05	0,81	9,76			

З табл. 3.1 можемо зробити висновок, що фактичний опір зовнішніх світлопрозорих та непрозорих огорожуючих конструкцій і даху не є задовільним, тому що фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально допустиме значення згідно ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель [3].

Отже, рекомендується утеплити дах і зовнішні стіни, встановити теплову завісу на ворота з метою зменшення тепловтрат будівлі.

### 3.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові прорізи і ворота, стелі, неутеплені підлоги).

Тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{0z.c1} = \frac{465,3}{0,28} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 69795 \text{ Вт},$$

де  $F_{опз.c1} = 366,2 \text{ м}^2$  – площа зовнішніх стін із залізобетонних плит;  
 $n = 1$ ;

$$Q_{0z.c2} = \frac{9}{0,9} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 420 \text{ Вт},$$

де  $F_{опз.c2} = 9 \text{ м}^2$  – площа зовнішніх стін із пінобетонних блоків;  $n = 1$ .

Загальні тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{0z.c} = Q_{0z.c1} + Q_{0z.c2} = 69795 + 420 = 70215 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через дах

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{0\text{дах}} = \frac{360}{0,3} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 50400 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через вікна

$$Q_{0\text{вк}} = \frac{19,2}{0,42} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 1920 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через ворота

$$Q_{0\text{вор}} = \frac{10,5}{0,16} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 2756 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через неутеплену підлогу

$$Q_{\text{подл}} = \left( \frac{152}{2,45} + \frac{120}{4,55} + \frac{88}{8,85} \right) \cdot (20 - 6) = 1377 \text{ Вт},$$

де

$$F_I = 30 \cdot 12 - 26 \cdot 8 = 152 \text{ м}^2,$$

$$F_{II} = 26 \cdot 8 - 22 \cdot 4 = 120 \text{ м}^2,$$

$$F_{III} = 22 \cdot 4 = 88 \text{ м}^2,$$

$$F_{IV} = 0.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції становлять

$$\sum Q_0 = 70215 + 50400 + 1920 + 2756 + 1377 = 126668 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків розраховуємо за формулою:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{op}^{\partial} = 70215 \cdot 0,13 = 9128 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх воріт розраховуємо за формулою

$$Q_{з.д}^{\partial} = 2756 \cdot 3 = 8268 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті розраховуємо за формулою

$$Q_{ндл}^{\partial} = 0,05 \cdot 1377 = 69 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення

$$Q_{г}^{\partial} = 0,02 \cdot 70215 = 1404 \text{ Вт}.$$

Сумарні додаткові втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{\partial} = 9128 + 8268 + 69 + 1404 = 18869 \text{ Вт}.$$

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 19,2 \cdot 1,005 \cdot (20 + 22) = 1362 \text{ Вт},$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через ворота

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{вор}}^{\text{инф}} = 0,28 \cdot 308,9 \cdot 1,005 \cdot (20 + 22) = 3651 \text{ Вт},$$

де  $G_{\text{вор}} = 0,005 \cdot (3 \cdot 3,5 + 2 \cdot 3) \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 308,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$  – витрата повітря

за рахунок інфільтрації через ворота.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті ворота

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті ворота

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

$$= 3 \cdot 3,5 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 3,5 \cdot (1,3 - 1,25) / 1,3) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 2] \cdot 1,3 = 5,79 \text{ кг / с},$$

де  $\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_e + t_{\text{ср.он}})]} = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (20 + (-1,4))]} = 1,25 \text{ кг / м}^3$ .

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у ворота без повітряної завіси

$$Q_{\text{вр}}^{\text{инф}} = G_{\text{вр}} \cdot c \cdot (t_e - t_{\text{з.р}}) \cdot k_e = 5,79 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) \cdot \frac{5}{60} = 20,366 \text{ кВт}.$$

Сумарні додаткові втрати теплоти через інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{\text{инф}} = 1362 + 3651 + 20366 = 25379 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum Q_{втр} = 126668 + 18869 + 25379 = 170916 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У будівлі відсутня витяжна вентиляція, тому тепловтрати на вентиляцію не враховуємо

$$Q_в = 0,28 \cdot V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_в - t_{з.п}) \cdot n_k \cdot k_v = 0.$$

Розподіл розрахункових теплових втрат через будівельні конструкції будівлі та інфільтрацію та їх відсоткове співвідношення наведено у таблиці 3.2 та на рисунку 3.1.

Таблиця 3.2 – Структура теплових втрат будівельних конструкцій адміністративної частини будівлі

Складова тепловтрат	Втрати теплоти, Вт	%
Зовнішні стіни	70215	41,1
Вікна	1920	1,1
Ворота	2756	1,6
Дах	50400	29,5
Підлога	1377	0,8
Додаткові	18869	11,0
Інфільтрація	25379	14,9
<b>Разом</b>	<b>170916</b>	<b>100,0</b>



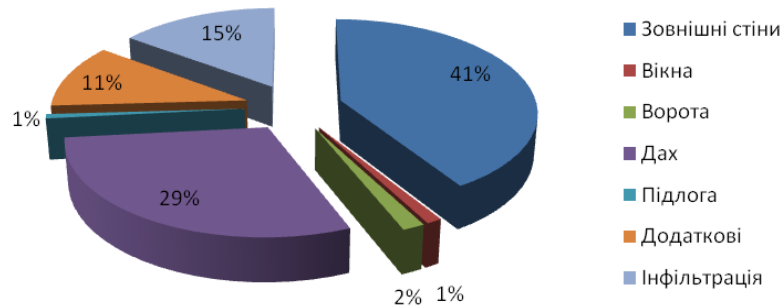


Рисунок 3.1 – Співвідношення теплових втрат будівлі

Як видно з результатів розрахунку, найбільші тепловтрати досліджуваної будівлі стосуються зовнішніх стін, даху, інфільтрації та додаткових тепловтрат, що пов'язані з основними тепловтратами через огорожуючі конструкції. Отже, майбутні енергозбережні заходи спрямовуємо на зменшення саме цих тепловтрат.

### 3.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.20):

$$Q_l = 15 \cdot 104 = 1560 \text{ Вт},$$

де  $n$ , чол – середня кількість людей (працівників), що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.21)

$$Q_{ел} = 77910 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 10740 \text{ Вт},$$

де  $N_{el} = 77910 \text{ Вт}$  – загальна потужність електроустаткування, що працює на об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.22)

$$Q_{осв} = 4320 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 691 \text{ Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{ти} = 1560 + 10740 + 691 = 12991 \text{ Вт}.$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.23)

$$\Delta Q = 170916 - 12991 = 157925 \text{ Вт}.$$

Розрахункове значення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період становить (3.24):

$$\Delta Q_{оп} = 157925 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 310,5 \text{ Гкал}.$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (дах);
- 2) встановлення теплової завіси на цехові ворота;
- 3) утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (зовнішні стіни).
- 4) заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.

### 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів [15]

#### 4.2.1 Утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (дах)

Утеплення даху пропонується виконувати пінополіуретаном (ППУ) методом наплення з подальшим оздобленням декоративним розчином по технології CEREZIT. Теплопровідність пінополіуретану –  $0,028 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ . [16]

Наплення пінополіуретану (spray foam) – це сучасна технологія утеплення та теплоізоляції, яка не має недоліків. Безшовне утеплення матеріалом (пінополіуретан), який не боїться вологи, це вирішення всіх проблем на будь-яких об'єктах. Крім цього пінополіуретан має цілу низку переваг і переваг перед усім відомими мінеральною ватою, пінопластом та іншими утеплювачами.

Переваги наплення утеплювача пінополіуретан:

- безшовність, ППУ не має стиків та швів;
- висока швидкість утеплення (до  $300 \text{ м}^2$  за зміну);
- після утеплення напленням ППУ збільшується жорсткість усієї конструкції.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- при напilenні пінополіуретану виключається утворення конденсату, тому що немає зазору між утеплювачем і поверхнею, що утеплюється;
- завдяки відсутності кріплення, немає містків холоду;
- ППУ паронепроникний (є пароізоляцією);
- ППУ не схильний до гниття і розкладання;
- ППУ екологічно нейтральний;
- ППУ не підтримує горіння;
- ППУ має відмінну адгезію майже до всіх будівельних матеріалів;
- ППУ є відмінним шумоізолятором;
- ППУ має тривалий термін експлуатації, понад 50 років. [5]

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару  $\delta_{ym}$  для утеплення огорожувальної конструкції, за формулою:

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

де  $R_{q\min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

$R_{\sum np}$  – розраховане значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

$\lambda_{ym}$  – коефіцієнт теплопровідності утеплювача.

$$\delta_{ym} = [1,7 - 0,3] \cdot 0,028 = 0,04 \text{ м.}$$

Нове розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції становитиме:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{розр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{0,04}{0,028} + \frac{1}{23} = 1,73 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Отримане значення задовольняє умові  $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min}$ .

Підрахуємо ефект від утеплення даху. Підставимо нове значення опору теплопередачі для даху у формули для розрахунків теплової потужності будівлі.

Теплові втрати через дах будівлі після утеплення даху при температурі зовнішнього повітря  $-22^\circ C$  [3] складуть

$$Q'_{0дах} = \frac{360}{1,73} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 8740 Вт.$$

Теплові втрати через дах до утеплення склали  $Q_{0дах} = 50400 Вт$ .

Зменшення теплових втрат будівлі за рахунок впровадження енергозберіжних заходів

$$\Delta Q_{0дах} = Q_{0дах} - Q'_{0дах} = 50400 - 8740 = 41660 Вт.$$

Так як розрахунки велись для найнижчої температури зовнішнього повітря за опалювальний сезон для нашого регіону ( $-22^\circ C$ ), то економічний ефект від утеплення огорожувальних конструкцій будемо розраховувати по середньорічному показнику температури за формулою,  $кВт \cdot год$ ,

$$\Delta Q^{рік} = \Delta Q \cdot \frac{(t_6^{cp} - t_{cp.on})}{(t_6^{cp} - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $\Delta Q$  – зменшення теплових втрат будівлі, розрахована за найменшою розрахунковою температурою зовнішнього повітря  $t_3$ , *Вт*;

$t_6$  – внутрішня (осереднена за приміщеннями) температура повітря;

$t_{cp.on}$  – середньорічна температура опалювального сезону;

$t_3$  – найменша розрахункова температура навколишнього повітря;

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

Економія від впровадження заходу з утеплення даху за рік складе:

$$\Delta Q_{0дах}^{рік} = 41660 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 95266 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Знайдемо кількість зекономленого природного газу. Враховуємо, що нижча робоча теплота згоряння природного газу складає  $33,52 \text{ МДж/м}^3$  ( $8000 \text{ ккал/м}^3$ ), а ККД газового водогрійного котла  $92 \%$ .

Економія природного газу буде дорівнювати:

$$\frac{95266 \cdot 3600}{33520 \cdot 0,92} = 1112 \text{ м}^3 / \text{рік.}$$

В грошовому еквіваленті (при ціні на природний газ  $29,46 \text{ грн/м}^3$ ):

$$E = 1112 \cdot 29,46 = 32763 \text{ грн.}$$

Вартість впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою

$$C_{вров} = F \cdot C_{тов}, \quad (4.3)$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $F$  – площа даху,  $m^2$ ;

$C_{тов}$  – вартість утеплювача з урахуванням роботи,  $600 \text{ грн}/m^2$ ; [19]

$$C_{вprov} = 360 \cdot 600 = 216000 \text{ грн.}$$

Розраховуємо простий термін окупності енергозберігаючого заходу

$$T = \frac{216000}{32763} = 6,6 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтний термін окупності енергозберігаючого заходу, використовуючи подану нижче методику.

Розрахунок оцінки економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів проводиться згідно методики [25].

Витрати на впровадження заходу становлять  $216000 \text{ грн}$ . Річна економія становить  $32763 \text{ грн}$ .

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

Для аналізу скористаємося табличною формою. Ставка дисконту складає  $10\%$  ( $r = 0,1$ ).

Термін впровадження заходу  $20\text{-}25$  днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт –  $6\text{-}8$  чоловік.

Тривалість життєвого циклу проєкту –  $20$  років.

Таблиця 4.1 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
-----	--	------------------------	-----------------------------------	--	---	-----

0	-216000	-216000		1		
1	0	32763	-183237	0,909	29785	-186215
2	0	32763	-150474	0,826	27077	-159139
3	0	32763	-117711	0,751	24615	-134523



Продовження таблиці 4.1 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
4	0	32763	-84948	0,683	22378	-112146
5	0	32763	-52185	0,621	20343	-91802
6	0	32763	-19422	0,564	18494	-73309
7	0	32763	13341	0,513	16813	-56496
8	0	32763	46104	0,467	15284	-41212
9	0	32763	78867	0,424	13895	-27317
10	0	32763	111630	0,386	12632	-14686
11	0	32763	144393	0,350	11483	-3202
12	0	32763	177156	0,319	10439	7237
13	0	32763	209919	0,290	9490	16727
14	0	32763	242682	0,263	8628	25355
15	0	32763	275445	0,239	7843	33198
16	0	32763	308208	0,218	7130	40328
17	0	32763	340971	0,198	6482	46810
18	0	32763	373734	0,180	5893	52703
19	0	32763	406497	0,164	5357	58060
20	0	32763	<b>439260</b>	0,149	4870	<b>62930</b>
	<b>IRR</b>	<b>14,1 %</b>			<b>278930</b>	

$$NPV = 278930 - 216000 = 62930 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є

ефективним. З великою вірогідністю проєкт може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.1 видно, що в абсолютних величинах, проєкт з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за 12 років. Чистий дохід проєкту складає 439260 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 62930 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{278930}{216000} = 1,29.$$

Так як,  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є ефективним. З великою вірогідністю проєкт може бути реалізований.

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR= 14,1 % (таблиця 4.1).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проєкту. Проєкт рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 11 + \frac{0 - (-3202)}{10439} = 11,31 \text{ року.}$$

Таблиця 4.2 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	216000
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	32763
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	62930
2.3	Індекс доходності	1,29
2.4	Внутрішня норма доходності, %	14,1
2.5	Дисконтований термін окупності, років	11,31

Даний енергозберігаючий захід є ефективним, тому що  $NPV > 0$ . Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проєкт може бути реалізований з великою вірогідністю.

#### 4.2.2 Встановлення теплової завіси на цехові ворота [15]

Повітряні теплові завіси призначені для захисту опалювальних приміщень від холодного повітря, що потрапляє всередину через відкриті двері, ворота, робочі вікна. Потужний вентилятор, встановлений усередині завіси, створює високошвидкісний потік повітря, який створює «невидиму перешкоду» і не дозволяє теплому повітрю виходити назовні, а холодному – проникати всередину приміщення. Завіси як правило встановлюються над дверима і створюють потік повітря, спрямований вниз.

Середня густина повітряних мас

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{в} + t_{ср.оп})]}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.4)$$

Середня густина повітряних мас

$$\Delta\rho = 1,3 - \rho_c \quad (4.5)$$

Масова витрата повітря, що уривається через відкриті ворота без повітряної завіси

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (4.6)$$

де  $B$  – ширина проєму (двері, ворота тощо);

$H$  – висота проєму;

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>;

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

Теплова потужність, яка необхідна для нагрівання повітря, яке вривається у ворота з працюючою повітряною завісою, знаходиться за формулою:

$$Q_{ep}^3 = G_{ep}^3 \cdot c \cdot (t_e - t_{cp}) \cdot k_e \quad (4.7)$$

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

$t_e$  – температура внутрішнього повітря приміщення, °С;

$k_e$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

$G_{ep}^3$  – масова витрата повітря, що вривається в приміщення при діючій завісі:

$$G_{ep}^3 = k_q^3 \cdot G_{ep} \quad (4.8)$$

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

$G_{ep}$  – масова витрата зовнішнього повітря, що надходить через ворота, кг/с;

$t_{cp}$  – середня температура повітря, °С, яка знаходиться за формулою:

$$t_{cp} = \frac{G_{ep}^3 \cdot t_{cp.on} + G_3 \cdot t_{звс}}{G_{ep}^3 + G_3} \quad (4.9)$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$t_{звс}$  – температура повітря, що подається завісою,  $^{\circ}\text{C}$  (якщо повітря забирається вентилятором з робочої зони, то  $t_{звс} = t_{в}$ );

$G_3$  – масова витрата повітря, що створюється завісою:

$$G_3 = q \cdot G_{вр} \quad (4.10)$$

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

Економія витрат теплоти на нагрівання повітря, яке вривається усередину приміщення при застосуванні повітряної завіси складе:

$$\Delta Q_{вр} = Q_{вр}^{инф} - Q_{вр}^з \quad (4.11)$$

де  $Q_{вр}^{инф}$  – теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у ворота без повітряної завіси,  $\text{кВт}$ .

Внаслідок впровадження повітряної завіси загальна теплова потужність для будівлі складе

$$\Delta Q' = \Delta Q - \Delta Q_{вр} \quad (4.12)$$

де  $\Delta Q$  – теплова потужність будівлі до встановлення повітряної завіси,  $\text{кВт}$ .

#### Розрахунок повітряної завіси

Виконаємо розрахунок економічного ефекту та простого терміну окупності від встановлення теплової завіси на ворота для завантаження і вивантаження товару, що знаходяться у будівлі.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розміри воріт – 3,5 x 3,0 м.

Середня тривалість відкриття воріт складає 5 хвилин на годину.

Середня густина повітряних мас

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{в} + t_{ср.оп})]} = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (20 + (-1,4))]} = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

Середня густина повітряних мас

$$\Delta\rho = 1,3 - \rho_c = 1,3 - 1,25 = 0,05 \text{ кг/м}^3.$$

Масова витрата повітря, що уривається через відкриті ворота без повітряної завіси

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c = \\ = 3 \cdot 3,5 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 3,5 \cdot (1,3 - 1,25) / 1,3) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 2] \cdot 1,3 = 5,79 \text{ кг/с}.$$

Теплова потужність, необхідна для нагрівання повітря, що вривається у ворота без повітряної завіси

$$Q_{вр}^{инф} = G_{вр} \cdot c \cdot (t_в - t_{з.р}) \cdot k_6 = 5,79 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) \cdot \frac{5}{60} = 20,366 \text{ кВт}.$$

Масова витрата повітря, що вривається у приміщення при діючій завісі

$$G_{вр}^з = k_q^з \cdot G_{вр} = 0,4 \cdot 5,79 = 2,32 \text{ кг/с}.$$

Масова витрата повітря, що створюється завісою

$$G_з = q \cdot G_{вр} = 0,35 \cdot 5,79 = 2,03 \text{ кг/с}.$$

Середня температура повітря, що проникає у приміщення при встановленій повітряній завісі

$$t_{ср} = \frac{G_{вр}^з \cdot t_{ср.оп} + G_з \cdot t_{звс}}{G_{вр}^з + G_з} = \frac{2,32 \cdot (-1,4) + 2,03 \cdot 20}{2,32 + 2,03} = 8,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплова потужність, що необхідна для нагрівання повітря, яке вривається у ворота з працюючою повітряною завісою

$$Q_{вр}^3 = G_{вр}^3 \cdot c \cdot (t_{в} - t_{ср}) \cdot k_{в} = 2,32 \cdot 1,005 \cdot (20 - 8,6) \cdot 5/60 = 2,215 \text{ кВт}$$

Економія витрат теплоти на нагрівання повітря, що вривається усередину приміщення під час застосування повітряної завіси, становитиме

$$\Delta Q_{вр}^3 = \Delta Q_{вр}^{інф} - Q_{вр}^3 = 20,366 - 2,215 = 18,151 \text{ кВт}.$$

Річна економія теплоти після встановлення теплової завіси

$$Q_{вр}^{ЕК.рік} = \Delta Q_{вр}^3 \cdot \frac{t_{г}^{ср} - t_{ср.он}}{t_{г}^{ср} - t_{з.р}} \cdot n_{р.н} \cdot n_{он} = 18,151 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 187 = 41507 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Визначення економії палива на котельні за опалювальний рік

$$\Delta B = \frac{3600 \cdot Q_{вр}^{ЕК.рік}}{Q_{н}^p \cdot \eta_{к}} = \frac{3600 \cdot 41507}{33520 \cdot 0,92} = 4845 \text{ м}^3 / \text{рік}.$$

При розрахунку повітряної завіси було визначено, що масова витрата повітря, яка повинна створюватися складає 2,03 кг/с або 7308 кг/год. Довжина теплової завіси повинна складати 3 м, або дві завіси по 1,5 м. Повітряна завіса встановлюється без підігрівання повітря. Повітряна завіса повинна мати ефективну довжину повітряного струменя 3,5 м. Грецька компанія «Neoclīma» виробляє повітряні завіси типу Neoclīma INTELLECT E 37 IOB, технічні характеристики якої приведені в табл. 4.3.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики повітряної завіси Neoclima INTELLECT E 37 IOB [20]

Параметр	Величина
Параметри електромережі, <i>В/Гц</i>	380/50
Ефективна довжина струменя, <i>м</i>	2
Габаритні розміри, <i>мм</i>	1852×277×205
Вага, <i>кг</i>	39
Потужність двигуна, <i>Вт</i>	660
Ступінь вологозахисту	IP20
Потужність нагрівання, <i>кВт</i>	18
Продуктивність, <i>м<sup>3</sup>/год</i>	4150
Швидкість вихідного потоку, <i>м/с</i>	11,5

Для утворення загальної теплової завіси на одні ворота потрібно встановити 2 окремі повітряні завіси. Одна тепла завіса коштує 30699 *грн.* Для встановлення теплових завіс на ворота необхідно витратити 61398 *грн.* Для впровадження заходу також необхідно придбати допоміжне обладнання та провести монтаж повітряних завіс, що складає 30 % від загальної вартості теплових завіс. Тоді витрати на впровадження заходу будуть дорівнювати:

$$K = 61398 + 0,3 \cdot 61398 = 79818 \text{ грн.}$$

Визначимо експлуатаційні витрати для роботи обладнання. Потужність теплових завіс складає  $2 \cdot (0,66 + 18) = 37,32 \text{ кВт}$ . В рік повітряні завіси працюють в середньому 760 годин (10 хв. за годину протягом опалювального сезону). Тому експлуатаційні витрати на електроенергію при вартості електроенергії – 3,53 *грн/кВт·год* буде складати:



$$B_{\text{експ}} = 3,53 \cdot 760 \cdot 37,32 = 100122 \text{ грн / рік}$$

В грошовому еквіваленті (при ціні на природний газ 29,46 грн/м<sup>3</sup>) економія природного газу

$$E' = 4845 \cdot 29,46 = 142734 \text{ грн / рік}$$

З урахуванням експлуатаційних затрат економія у грошовому еквіваленті складе

$$E = E' - B_{\text{експ}} = 142734 - 100122 = 42612 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності заходу

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E} = \frac{79818}{42612} = 1,87 \text{ року}$$

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною вище, для енергозберігаючого заходу: встановлення повітряної завіси на цехові ворота.

Витрати на впровадження заходу становлять 79818 грн. Річна економія становить 42612 грн.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

Для аналізу скористаємося табличною формою. Ставка дисконту складає – 10 % (r = 0,1).

Термін впровадження заходу 20-25 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт – 6-8 чоловік.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тривалість життєвого циклу проекту – 10 років (ресурс роботи теплової завіси, рекомендований виробником).

Таблиця 4.4 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
0	-79818	-79818		1		
1	0	42612	-37206	0,909	38738	-41080
2	0	42612	5406	0,826	35217	-5863
3	0	42612	48018	0,751	32015	26152
4	0	42612	90630	0,683	29105	55256
5	0	42612	133242	0,621	26459	81715
6	0	42612	175854	0,564	24053	105768
7	0	42612	218466	0,513	21867	127635
8	0	42612	261078	0,467	19879	147514
9	0	42612	303690	0,424	18072	165586
10	0	42612	<b>346302</b>	0,386	16429	<b>182014</b>
	<b>IRR</b>	<b>52,6 %</b>			<b>261832</b>	

$$NPV = 261832 - 79818 = 182014 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.4 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної

ставки окупається менше ніж за 3 роки. Чистий дохід проекту складає 346302 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 182014 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{261832}{79818} = 3,28.$$

Так як,  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізований.

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR=52,6 % (таблиця 4.4).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 2 + \frac{0 - (-5863)}{32015} = 2,18 \text{ року.}$$

Таблиця 4.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	79818
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	42612
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	182014
2.3	Індекс доходності	3,28
2.4	Внутрішня норма доходності, %	52,6
2.5	Дисконтований термін окупності, років	2,18

Даний енергозберігаючий захід є ефективним, тому що  $NPV > 0$ . Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проєкт може бути реалізований з великою вірогідністю.

#### 4.2.3 Утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (зовнішні стіни) [15]

##### *Поточний стан*

Аналіз балансу теплової енергії показує, що близько 41,1 % витрат тепла припадає на витрати через зовнішні стіни. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

##### *Опис можливостей енергозбереження*

Для забезпечення необхідного (нормованого) значення теплопередачі для об'єктів промислового призначення при  $D > 1,5$  дорівнює  $1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , тому пропонується наведений нижче теплоізоляційний матеріал.

Теплоізоляція на основі мінеральної вати «Технофас» [21] призначена для отримання теплоізоляційного покриття на поверхнях будь-якої форми, що вимагають теплового захисту. Матеріал складається з безпосередньо утеплювача (мінеральна вата «Технофас»), який фіксується на стіні за допомогою дюбелів. Зовні утеплювач армується з метою зменшення пошкоджень від зовнішніх чинників, наприклад, граду, вкривається шаром штукатурки та фарбується. Ціну і витрату матеріалу на утеплення зовнішніх стін з розрахунку на  $1 \text{ м}^2$  наведено у табл. 4.6.

Вихідні дані для розрахунку:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- мінімально-допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін

для I температурної зони  $R_{q\min}^{стн} = 1,7 \frac{\text{М}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$  [16];

- розраховане значення опору теплопередачі зовнішніх стін (з табл.

3.1): з залізобетонних плит  $R_{\Sigma пр} = 0,28 \frac{\text{М}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , з пінобетонних блоків

$$R_{\Sigma пр} = 0,9 \frac{\text{М}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

- коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати  $\lambda = 0,040 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Розрахунок енергозберігаючого заходу

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару для стін за формулою (3.1)

– для стін на основі залізобетонних плит

$$\delta_{ум1} = [1,7 - 0,28] \cdot 0,040 = 0,057 \approx 0,06 \text{ м};$$

– для стін на основі пінобетонних блоків

$$\delta_{ум2} = [1,7 - 0,9] \cdot 0,040 = 0,032 \approx 0,04 \text{ м}.$$

З метою підтримання естетичної складової будівництва остаточно задаємося товщиною шару утеплювача  $\delta_{ум} = 0,06 \text{ м}$  для всіх типів зовнішніх стін.

Нове розрахункове значення опору теплопередачі зовнішньої стіни становитиме:

– для стін на основі залізобетонних плит

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{розр1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{1}{23} = 1,78 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

– для стін на основі пінобетонних блоків

$$R_{розр2} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{0,9} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{1}{23} = 1,92 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отримані значення у обох випадках задовольняють умові  $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min}$ .

Підрахуємо ефект від утеплення зовнішніх стін.

Тепловтрати через зовнішні стіни після утеплення

$$Q'_{0з.с1} = \frac{465,3}{1,78} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 10979 Bm,$$

$$Q'_{0з.с2} = \frac{9}{1,92} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 196 Bm.$$

Загальні тепловтрати через зовнішні стіни після утеплення

$$Q'_{0з.с} = Q'_{0з.с1} + Q'_{0з.с2} = 10979 + 196 = 11175 Bm.$$

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішніх стін:

$$\Delta Q_{стн} = Q_{0з.с} - Q'_{0з.с}, \quad (4.13)$$

$$\Delta Q_{стн} = 70215 - 11175 = 59040 Bm.$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q^{pik} = \Delta Q_{стн} \cdot \frac{(t_в - t_{cp.on})}{(t_в - t_з)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4.14)$$

де  $t_в$  – внутрішня температура повітря;

$t_{cp.on}$  – середньорічна температура опалювального сезону – -1,4 [17] ;

$t_з$  – найменша розрахункова температура навколишнього повітря – -22 [3];

$n_{оп}$  – кількість днів опалювального сезону – 187 [17].

За формулою (3.3) знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_{стн}^{ек.pik} = 59040 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 135009 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 4.6 – Ціна і витрата матеріалу на утеплення зовнішніх стін з розрахунку на 1 м<sup>2</sup> [22]

№	Матеріали	Одиниці вим.	Кількість	Ціна за 1 м <sup>2</sup>
1	Грунтовка Ceresit СТ-17	кг	0,2	2,9
2	Утеплювач мінеральна вата Технофас (100 мм)	м <sup>2</sup>	1	157,7
3	Клей для мінеральної вати Ceresit СТ-190	кг	6	33,7
4	Дюбель для теплоізоляції 10/160 мм	шт	8	7,35
5	Штукатурна сітка Masternet 160 г/м	м <sup>2</sup>	1,1	11,55
6	Клей для армування Ceresit СТ-190	кг	4	22,5
7	Грунтуюча фарба Ceresit СТ-16	кг	0,3	6,4
8	Штукатурка фасадна Ceresit СТ-35, 2.5 мм	кг	3	21,7
9	Фарба фасадна Ceresit СТ-42	кг	0,35	11,2
РАЗОМ				275,0

Вартість монтажу: 250 грн/м<sup>2</sup> [22].

Вартість доставки: 5500 грн [22].

Термін впровадження заходу 20-25 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт – 6-8 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проєкту – 20 років.

На основі проведених розрахунків у розділі 3 робимо фінансовий аналіз утеплення зовнішніх стін будівлі.

Визначаємо річну економію коштів після впровадження заходу через визначення вартості зекономленого природного газу з нижньою теплоотою згоряння 8000 ккал/м<sup>3</sup> та його вартістю 29,46 грн/м<sup>3</sup>; ККД котла складає 0,92

$$\Delta E = \frac{135009 \cdot 3600}{33520 \cdot 0,92} = 1576 \text{ м}^3 / \text{рік}.$$

або у грошовому еквіваленті

$$\Delta E = 1576 \cdot 29,46 = 46431 \text{ м}^3 / \text{рік}.$$

Вартість утеплення стін:

$$C_{\text{ут}}^{\text{стін}} = (366,2 + 9) \cdot (250 + 275) + 5500 = 202408 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності заходу

$$T = \frac{C_{\text{ут}}^{\text{стін}}}{\Delta E} = \frac{202408}{46431} = 4,36 \text{ року}.$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною вище, для енергозберігаючого заходу: утеплення огорожуючих конструкцій будівлі (зовнішні стіни).

Витрати на впровадження заходу становлять 202408 грн. Річна економія становить 46431 грн.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

Для аналізу скористаємося табличною формою. Ставка дисконту складає – 10 % ( $r = 0,1$ ).

Термін впровадження заходу 20-25 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проект – 6-8 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проекту – 20 років.

Таблиця 4.7 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн	NPV
0	-202408	-202408		1		
1	0	46431	-155977	0,909	42210	-160198
2	0	46431	-109546	0,826	38373	-121825
3	0	46431	-63115	0,751	34884	-86941
4	0	46431	-16684	0,683	31713	-55228
5	0	46431	29747	0,621	28830	-26398
6	0	46431	76178	0,564	26209	-189
7	0	46431	122609	0,513	23826	23638
8	0	46431	169040	0,467	21660	45298
9	0	46431	215471	0,424	19691	64989

Продовження таблиці 4.7

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
10	0	46431	261902	0,386	17901	82890
11	0	46431	308333	0,350	16274	99164
12	0	46431	354764	0,319	14794	113959
13	0	46431	401195	0,290	13449	127408
14	0	46431	447626	0,263	12227	139635
15	0	46431	494057	0,239	11115	150750
16	0	46431	540488	0,218	10105	160855
17	0	46431	586919	0,198	9186	170041
18	0	46431	633350	0,180	8351	178392
19	0	46431	679781	0,164	7592	185984
20	0	46431	<b>726212</b>	0,149	6902	<b>192885</b>
	<b>IRR</b>	<b>22,5 %</b>			<b>395293</b>	

$$NPV = 395293 - 202408 = 192885 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.4 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за 7 років. Чистий дохід проекту складає 726212 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 192885 грн.

Розраховуємо індекс дохідності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{395293}{202408} = 1,95.$$

Так як,  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є ефективним. З великою вірогідністю проєкт може бути реалізований.

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR=22,5 % (таблиця 4.7).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проєкту. Проєкт рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 6 + \frac{0 - (-189)}{23826} = 6,08 \text{ року.}$$

Таблиця 4.8 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	202408
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	46431
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	192885
2.3	Індекс доходності	1,95
2.4	Внутрішня норма доходності, %	22,5
2.5	Дисконтований термін окупності, років	6,08

Даний енергозберігаючий захід є ефективним, тому що  $NPV > 0$ . Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу

підприємства та його ринкової вартості. Проєкт може бути реалізований з великою вірогідністю.

#### 4.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні [15]

##### Поточний стан

Штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/2x18 FORA [4] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт. Загальна кількість світильників у будівлі 60 шт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього освітлення 4320 Вт. Річна тривалість роботи системи освітлення – 1600 год.

Люмінесцентні лампи є одними з низькоекономних, мають обмежений термін служби, є токсичними та потребують спеціальних засобів з утилізації.

##### *Опис можливостей енергозбереження*

Необхідно провести заміну люмінесцентних ламп потужністю 18 Вт на енергозберігаючі світлодіодні лампи T8 с цоколем G13, робочою напругою 220 В, споживаною потужністю 9 Вт, яка складається з 87 світлодіодів SMD 3014 та має розсіяне світло [23].

Енергозберігаючі лампи мають ряд переваг: менше споживання потужності до 80% при тій же кількості світла; в 4 рази більший строк служби порівняно з люмінесцентними лампами (приблизно 10000 годин); низькі затрати на обслуговування; світло ідентичне світлу люмінесцентної лампи, компактний розмір та з багатьма формами; «тепле» світло; миттєве включення без мерехтіння; не сліплять очі.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## Розрахунок економічного ефекту та простого терміну окупності ЕЗЗ

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими лампами та лампами розжарювання знаходимо за формулою:

$$W = n \cdot P \cdot t, \quad (4.15)$$

де  $n$  – кількість ламп, *шт.*;

$P$  – потужність однієї лампи, *кВт*;

$t$  – тривалість роботи лампи за рік ( $t = 1600 \text{ год}$ ), *год*.

Річне споживання електроенергії люмінісцентними лампами потужністю  $18 \text{ Вт}$  (4.21):

$$W_p = 240 \cdot 0,018 \cdot 1600 = 6912 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

де  $n = 4 \cdot 60 = 240 \text{ шт.}$

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими LED лампами:

$$W_{л} = 240 \cdot 0,009 \cdot 1600 = 3456 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = (W_p - W_{л}) \cdot b, \quad (4.16)$$

де  $b$  – ціна за  $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  електроенергії, *грн./кВт·год*

$$\Delta E = (6912 - 3456) \cdot 3,53 = 12200 \text{ грн} / \text{рік}.$$

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Витрати на впровадження заходу:

$$K_{\text{Л}} = n \cdot Ц, \quad (4.17)$$

де  $Ц$  – вартість лампи

$$K_{\text{Л}} = 240 \cdot 80 = 19200 \text{ грн.}$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T = \frac{K_{\text{Л}}}{\Delta E}; \quad (4.18)$$

$$T = \frac{19200}{12200} = 1,6 \text{ року.}$$

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною вище, для енергозберігаючого заходу: встановлення повітряної завіси на цехові ворота.

Витрати на впровадження заходу становлять 19200 грн. Річна економія становить 12200 грн.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

Для аналізу скористаємося табличною формою. Ставка дисконту складає – 10 % ( $r = 0,1$ ).

Термін впровадження заходу 1-2 дні.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт – 1-2 чоловіки.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тривалість життєвого циклу проєкту –  $10000/1600= 6,25$  років (ресурс роботи LED лампи, рекомендований виробником (10000 год) з урахуванням її річної тривалості роботи (1600 год)).

Таблиця 4.9 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
0	-19200	-19200		1		
1	0	12200	-7000	0,909	11091	-8109
2	0	12200	5200	0,826	10083	1974
3	0	12200	17400	0,751	9166	11140
4	0	12200	29600	0,683	8333	19472
5	0	12200	41800	0,621	7575	27048
6	0	12200	<b>54000</b>	0,564	6887	<b>33934</b>
	<b>IRR</b>	<b>59,7 %</b>			<b>53134</b>	

$$NPV = 53134 - 19200 = 33934 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проєкту, в даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є ефективним. З великою вірогідністю проєкт може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.9 видно, що в абсолютних величинах, проєкт з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за 2 роки. Чистий дохід проєкту складає 54000 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 33934 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{53134}{19200} = 2,77.$$

Так як,  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізований.

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR=59,7 % (таблиця 4.9).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 1 + \frac{0 - (-8109)}{10083} = 1,80 \text{ року.}$$

Таблиця 4.10 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	19200
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	12200
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	33934
2.3	Індекс доходності	2,77
2.4	Внутрішня норма доходності, %	59,7
2.5	Дисконтований термін окупності, років	1,80

Даний енергозберігаючий захід є ефективним, тому що  $NPV > 0$ . Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований з великою вірогідністю.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Характеристика дії на організм людини шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Нормування вмісту у повітрі шкідливих речовин

Повітряне середовище характеризується складом та метеорологічними умовами. Для створення нормальних умов виробничої діяльності потрібно забезпечити необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть потрапляти різноманітні шкідливі речовини у вигляді газу, пилу, рідин.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони регламентується значенням гранично допустимих концентрацій (ГДК), мг/м<sup>3</sup>.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони – це концентрації, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин чи іншої тривалості, але не більше 41 години на тиждень, протягом усього робочого стажу не можуть викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які виявляються сучасними методами досліджень, у процесі роботи чи у віддалений термін життя нинішнього і наступного поколінь. За ступенем дії на організм шкідливі речовини відповідно до ГОСТ 12.1.007-88 поділяються на 4 класи небезпеки:

I клас – надзвичайно небезпечні (ртуть, свинець, фосген тощо);

II клас – високонебезпечні (оксиди азоту, бензол, йод, марганець, мідь, хлор тощо);

III клас – помірнонебезпечні (ацетон, сірчистий ангідрид, метиловий спирт та інші);

IV клас – малонебезпечні (аміак, бензин, етиловий спирт, оксид вуглецю тощо).

ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони є обов'язковими санітарними нормативами для використання при проектуванні технологічних процесів і вентиляції. ГДК встановлюються на підставі даних медико-

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

біологічних досліджень, що проводяться на тваринах. Для низьколетких, але активно проникаючих крізь шкіру шкідливих речовин мають встановлюватися тести експозиції.

На період, що передує проектуванню виробництва, мають тимчасово визначатися орієнтовні безпечні рівні впливу - ОБРВ. Вони мають переглядатися через 2 роки після їх затвердження чи замінитися

ГДК з урахуванням накопичених даних про співвідношення здоров'я працівників з умовами праці. ГДК шкідливих речовин, що найчастіше трапляються в технологічних процесах, подані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Граничнодопустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони

№ п/п	Найменування речовини	Значення ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
1	Азоту оксиди	5	III
2	Акриловий ефір етиленгліколю	0,5	II
3	Алюміній і його сплави	2	III
4	Аміак	20	IV
5	Амонію хлорид	10	III
6	Ацетон	200	IV
7	Бензин	100	IV
8	Бензол	15	II
9	Вінілацетат	10	III
10	Водень хлорид	5	II
11	Вольфрам	6	IV
12	Гексан	300	IV
13	Дихлоретан	10	II
14	Зола пальних сланців	4	III
15	Йод	1	II

Продовження таблиці 5.1

№ п/п	Найменування речовини	Значення ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
16	Капрон	5	III
17	Карбамід (сечовина)	10	III
18	Кислота азотна	2	III
19	Кислота ацетилсаліцилова	0,5	II
20	Кислота борна	10	III
21	Кислота сірчана	1	II
22	Кислота оцтова	5	III
23	Ксилол	50	III
24	Олії нафтові мінеральні	5	III
25	Миш'як	0,04	II

В санітарно-гігієнічній практиці прийнято поділяти шкідливі речовини на хімічні речовини та виробничий пил.

Виробничий пил – досить небезпечний та шкідливий виробничий фактор. Ступінь шкідливої дії пилу залежить від концентрації його у повітрі, а також від розміру, форми пилинок, від їх механічних, магнітних властивостей.

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах. Шкідливими вважаються речовини, що при контакті з організмом людини за умов порушення вимог безпеки можуть призвести до виробничої травми, професійного захворювання або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь

(ГОСТ 12.1.007-76). Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки.

Через дихальні шляхи потрапляють пари, газо- та пилоподібні речовини, через шкіру переважно рідкі речовини. Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини під час ковтання або при внесенні їх в рот забрудненими руками.

Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній (понад 90 м<sup>2</sup>) всмоктувальній поверхні легенів утворюються сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин у кров.

Шкідливі речовини, що потрапили тим чи іншим шляхом в організм, можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, сірководень). Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини, потрапивши в організм, розподіляються в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістках, фтору – в зубах, марганцю – в печінці. Такі речовини мають властивість утворювати в організмі так зване «депо» і затримуватись в ньому тривалий час.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не лише накопичуватись в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати «накопичення» функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

Хімічні речовини (шкідливі та небезпечні) відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 за характером впливу на організм людини поділяються на:

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						84
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- загальнотоксичні, що викликають отруєння всього організму (ртуть, оксид вуглецю, толуол, анілін);

- подразнювальні, що викликають подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок (хлор, аміак, сірководень, озон);

- сенсibiliзувальні, що діють як алергени (альдегіди, розчинники та лаки на основі нітросполук);

- канцерогенні, що викликають ракові захворювання (ароматичні вуглеводні, аміносполуки, азбест);

- мутагенні, що викликають зміни спадкової інформації (свинець, радіоактивні речовини, формальдегід);

- такі, що впливають на репродуктивну (відтворення потомства) функцію (бензол, свинець, марганець, нікотин).

Слід зазначити, що існують й інші різновиди класифікацій шкідливих речовин, наприклад, за переважною дією на певні органи чи системи людини (серцеві, кишково-шлункові, печінкові, (ниркові), за основною шкідливою дією (задушливі, подразнювальні, і нервові), за величиною середньосмертельної дози.

Виробничий пил досить розповсюджений, небезпечний та шкідливий виробничий фактор. З пилом стикаються робітники гірничодобувної промисловості, машинобудування, металургії, текстильної промисловості, сільського господарства.

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій в легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу.

Вражаюча дія пилу в основному визначається дисперсністю, розміром частинок пилу, їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

Шкідливість виробничого пилу обумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, в першу чергу пневмоконіози.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Необхідно враховувати, що у виробничих умовах працівники, як правило, зазнають одночасного впливу кількох шкідливих речовин, в тому числі й пилу. При цьому їхня спільна дія може бути взаємно підсиленою, взаємопослабленою чи «незалежною».

На дію шкідливих речовин впливають також інші шкідливі і небезпечні фактори. Наприклад, підвищена температура і вологість і значне м'язове напруження в більшості випадків підсилюють дію шкідливих речовин.

Суттєве значення мають індивідуальні особливості людини. З огляду на це для робітників, які працюють у шкідливих умовах, проводяться обов'язкові попередні (при вступі на роботу) та періодичні (1 раз на 3, 6, 12 та 24 місяці, залежно від токсичності речовин) медичні огляди.

#### Контроль за чистотою повітря у виробничому приміщенні

Відомі засоби санітарно-хімічного аналізу повітря можна розділити на три основні групи: лабораторні, експресні й автоматичні (останні забезпечують постійний контроль повітря виробничих приміщень). При розробці всіх типів засобів застосовують різні аналітичні методи: хімічні, фізичні, фізико-хімічні й біохімічні.

Аналітичні і лабораторні методи контролю шкідливих речовин включають відбір проб із подальшою доставкою й проведення їх аналізу у лабораторних умовах, що, буває, не дає змоги вчасно вжити дієвих заходів для забезпечення нормальних умов праці.

Лабораторні методи аналізу не завжди є досить оперативними, але вони забезпечують високу точність визначення наявних у повітрі хімічних речовин. До лабораторних належать фотохімічні, люмінесцентні, електрохімічні, хроматографічні, спектрофотометричні, полярографічні й інші методи.

Експресні методи визначення концентрацій у повітрі виробничих приміщень є простими та оперативними, крім того, не потребують джерел

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						86
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

електричної і теплової енергії. Найчастіше в практиці експресного аналізу застосовується індикаційний метод, що передбачає вимірювання концентрації шкідливих речовин індикаторними трубками. В основі індикаційного методу аналізу повітряного середовища лежать колометричні реакції, що відбуваються на твердих носіях (папірцях, крейдах, порошках), просочених індикаторними реактивами.

Експресні методи також полягають у застосуванні спеціальних приладів-газоаналізаторів різних конструкцій. Наприклад, газоаналізатор типу УГ-2 – універсальний переносний прилад, призначений для експресного кількісного визначення різних шкідливих речовин (аміаку, ацетилену, ацетону, бензину, бензолу, оксидів азоту й вуглецю, сірководню, вуглеводнів нафти, хлору та ін.) у повітрі виробничих приміщень.

Для експресного аналізу органічних і неорганічних речовин у різних галузях промисловості успішно застосовуються індикаторні трубки, що випускаються іноземними фірмами – «Drager» (Німеччина), «Kitagawa» (Японія), «Хігітест» (Болгарія).

В умовах сучасних виробництв різних галузей промисловості лабораторні методи і прилади з індикаторними трубками не завжди забезпечують ефективний контроль стану повітряного середовища, оскільки небезпечні концентрації газів і парів у повітрі робочої зони можуть створюватися за короткий час і процес виникнення небезпечної ситуації носить випадковий характер. Тому автоматичний контроль загазованості повітря за допомогою автоматичних газоаналізаторів стає необхідним елементом контролю й управління технологічним процесом.

Автоматичні газоаналізатори забезпечують: швидкість вимірювання і реєстрації концентрації шкідливої речовини в повітрі; звукову й світлову сигналізацію про перевищення санітарних норм вмісту шкідливих речовин у повітрі на місці вимірювання або у диспетчерських пунктах із включенням у необхідних випадках вентиляції; економію витрат робочого часу при

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

контролі стану повітряного середовища; можливість їх улаштування у важкодоступних і небезпечних місцях, а також у пересувних лабораторіях.

Промислові автоматичні газоаналізатори залежно від принципу дії (методу аналізу) підрозділяють на механічні, звукові, теплові, магнітні, електрохімічні, іонізаційні, оптичні, оптико-акустичні та ін.

Для встановлення концентрації сірководню, аміаку, фосгену застосовують фотоколориметричні автоматичні газоаналізатори «Сирена» у вибухозахисному виконанні. Широко використовуються електрохімічні автоматичні газоаналізатори типу «Атмосфера», «Мигдаль», «Палладій-М», призначені для визначення оксиду вуглецю, діоксиду сірки, сірководню, озону, синильної кислоти у великому діапазоні вимірювань.

За кордоном провідні приладобудівні фірми (в основному Японії і Німеччини) розробляють і випускають автоматичні газоаналізатори, сигналізатори й системи газового аналізу різних типів для контролю вмісту хімічних речовин у повітрі.

Для оцінки запиленості повітряного середовища визначають масову концентрацію пилу ( $\text{мг/м}^3$ ) прямим (гравіметричним) методом, а також його дисперсний склад, кількість порошин в одиниці об'єму повітря та їх форму рахунковим методом за допомогою мікроскопа.

Для встановлення вмісту пилу в повітрі часто використовують непрямі методи, що ґрунтуються на закономірності зміни фізичних властивостей запиленого повітря залежно від концентрації пилу – зміни значень поглинання світлових, теплових та іонізуючих випромінювань тощо. Найчастіше в цьому випадку застосовують радіоізотопні й оптичні методи. Наприклад, для експресного визначення масової концентрації пилу призначені: фотопиломіри Ф-1, Ф-2; вимірник концентрації пилу ІКП-3Д в іскробезпечному виконанні; радіоізотопні пиломіри ПРИЗ-2, ІЗВ-3, ПСАР тощо. [24]

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						88
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була виробнича будівля ФОП «Кругляк Ю. Г.», що знаходиться за адресою: 40007, Сумська область, м. Суми, вул. Харківська, 122. Призначення будівлі – промислове виробництво тротуарної плитки, а також інших будівельних матеріалів.

Після ознайомлення з проєктною документацією по заданому об'єкту, було проведене візуальне та інструментальне обстеження споруди, систем опалення, електро-, газо- та водопостачання, каналізації, освітлення та вентиляції.

Обстеження будівлі та результати вимірювань показали неефективність теплової ізоляції деяких огорожуючих конструкцій будівлі, а саме даху, зовнішніх стін та воріт, наявність низькоефективних і токсичних люмінесцентних ламп. Через значні тепловтрати через огорожуючі конструкції та за рахунок інфільтрації температура у будівлі інколи може знижуватися нижче нормованих значень та розподілена досить нерівномірно. Існуюча система освітлення у будівлі має низьку ефективність, тому що у будівлі застосовуються люмінесцентні лампи.

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

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах) з використанням пінополіуретану ППУ методом напилення. Капітальні затрати на впровадження заходу – 216000 грн, економія – 32763 грн, простий термін окупності – 6,6 року; дисконтований термін окупності – 11,31 років;

- встановлення теплової завіси на цехові ворота. Капітальні затрати на впровадження заходу – 79818 грн, економія – 42612 грн, простий термін окупності – 1,87 року; дисконтований термін окупності 2,18 року;

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						89
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

• утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (зовнішні стіни) з використанням мінеральної вати методом фіксації дюбелями. Капітальні затрати на впровадження заходу – 202408 грн, економія – 46431 грн, простий термін окупності – 4,36 року; дисконтований термін окупності – 6,08 року;

• заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Капітальні затрати на впровадження заходу – 19200 грн, економія – 12200 грн, простий термін окупності – 1,6 року; дисконтований термін окупності – 1,8 року.

Отже, серед запропонованих енергозберігаючих заходів після виконання розрахунків, у першу чергу, можна рекомендувати до впровадження заходи, що мають найкоротший термін окупності, а саме: встановлення теплової завіси на цехові ворота та заміну люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Проєкти, спрямовані на утеплення огорожуючих конструкцій (зовнішні стіни і дах) за умови отримання банківського кредиту із дисконтною ставкою 10 % рекомендуються до впровадження пізніше.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						90
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 144 “Теплоенергетика” (освітня програма «Енергетичний менеджмент») усіх форм навчання / Укладачі: С. С. Антоненко, С. В. Сапожніков, М. І. Сотник, С. О. Хованський. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 43 с.
2. Енергетичний менеджмент/ А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко й ін. – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.: іл.
3. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 08.07.16. – К: Державне підприємство «Укрархбудінформ». – 2016. – 30 с.
4. [Електронний інтернет-ресурс] : [https://bt.rozetka.com.ua/brille\\_111204\\_1/p46141160/](https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/) Світильник BS-24/4x18 FORA.
5. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://srbu.ru/otoplenie/1657-kharakteristiki-chugunnogo-radiatora-ms-140.html> Свойства и характеристики чугунного радиатора MS 140.
6. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://ukrinterm.com.ua/images/docs/kat2009.pdf> Каталог продукции «Укринтерм».
7. G10, G16, G25, G40 Счетчики газа мембранные. Паспорт : V1.0-2010.11. – Itron, 2010. – 11 с.
8. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://elmisto.com.ua/p35237583-elektroschetchik-nik-2301.html> Лічильник активної енергії типу НІК.
9. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://energooblik.com.ua/services/rozrobka-ta-vprovadzheniya-askoe> Система АСКОЕ.
10. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/prom/> Тарифы на электроэнергию для предприятий.
11. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/prom/2022-01-01/> Тарифы на газ для предприятий.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						91
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

12. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://zapadpribor.com/minitemp-mt2/>  
Лазерний пірометр MiniTemp.
13. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-605-h1/p/0560-6053> Термоанемометр Testo 605-H1.
14. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prom.ua/Ruletki>
15. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.
16. 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.
17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
18. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с.
19. ТОВ «ЕКОТЕРМ ППУ» [Електронний ресурс]: «Цены по напылению пенополиуретана». – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.teploizolyacia.com.ua/tseny>.
20. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://neoclima.ua/ua/intellect-c37-eu>  
Повітряна теплова завіса Neoclima INTELLECT E 37 IOB.
21. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prostoremont.com.ua/ua/myneralnaya-y-bazal-tovaya-vata> Мінеральна та базальтова вата - каталог.
22. КиевБуд [Електронний ресурс]: «Калькулятор расхода и цен на материалы для утепления фасада». – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kievbud.com.ua/calc.html>.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						92
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

23. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://prom.ua/Svetodiodnye-lampy-t8-tsokol-g13-1.html> Світлодіодні лампи Т8 с цоколем G13.
24. Охорона праці: конспект лекцій / укладач А.Ф.Денисенко. – Суми: вид-во СумДУ, 2007. – Ч.1. – 128 с.
25. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі : І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48 с.

					6.144.02 БР 00 ПЗ	Аркуш
						93
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Обсяги споживання електричної енергії за 2019 – 2021 роки

Місяці	2019 р.	2020 р.	2021 р.
	тис. кВт·год	тис. кВт·год	тис. кВт·год
Січень	50,6	53,1	51,3
Лютий	51,5	52,8	52,4
Березень	50,6	53,6	51,6
Квітень	49,8	52,5	51
Травень	51,4	52,8	50,8
Червень	52,6	51,1	49,1
Липень	51,1	52,2	51,6
Серпень	51,2	52,3	51,1
Вересень	51,5	51,6	50,5
Жовтень	50	51,8	52,1
Листопад	49,7	52	53,1
Грудень	48,7	52,8	51,1
<b>Рік</b>	<b>608,7</b>	<b>628,6</b>	<b>615,7</b>

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Обсяги споживання природного газу за 2019 – 2021 роках

Місяці	2019 р.	2020 р.	2021 р.
	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Січень	2554	2412	2354
Лютий	1540	1573	1562
Березень	944	984	953
Квітень	357	288	302
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	689	655	606
Листопад	1156	1029	1025
Грудень	2510	2489	2468
<b>Рік</b>	<b>9750</b>	<b>9430</b>	<b>9270</b>