

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: «Аналіз енергоефективності виробничої частини будівлі  
ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» та розроблення заходів з енергозбереження»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Калініченко Андрій Ігорович  
(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)

Антоненко С. С.  
(прізвище і ініціали)

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Секретар комісії \_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2022

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 97 с., 19 рис., 23 табл., 40 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: систем тепло-, водо- та електропостачання, освітлення і вентиляції виробничої частини будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ», що знаходиться за адресою: 40031, Сумська область, м. Суми, просп. Курський, 147А.

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 частини будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» (1 ф. 4хА4), заходи з енергозбереження (1 ф. А3), зведені дані термічних опорів і тепловтрат досліджуваного об'єкту (1 ф. А3) – всього 5 аркушів 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, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи «Аналіз енергоефективності виробничої частини будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» та розроблення заходів з енергозбереження».

# ЗМІСТ

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

## РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі .....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта.....	16
1.3.1 Система опалення.....	16
1.3.2 Система електропостачання.....	21
1.3.3 Система водопостачання.....	23
1.3.4 Система каналізації.....	24
1.3.5 Система вентиляції.....	24
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	25
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	25
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	31
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	31
2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження.....	34
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	35
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	35
3.2 Тепловий розрахунок будівлі.....	45
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	56
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	56
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	56

					6.144.02 ВР 00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Калініченко			Аналіз енергоефективності виробничої частини будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» та розроблення заходів з енергозбереження. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Антоненко					3	97
Н. контр.		Антоненко				СумДУ, ЕМз-83-0с		
Затв.								

4.2.1 Встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції.....	56
4.2.2 Утеплення даху.....	71
4.2.3 Встановлення геліопанелей для вироблення електричної енергії.....	77
4.2.4 Впровадження багатотарифних лічильників електричної енергії.....	87
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94
ДОДАТОК А.....	98

						Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Завдання підвищення ефективності використання енергії в господарстві – це найактуальніша проблема енергетики України.

Теплозабезпечення в Україні являє собою господарство, яке характеризується досить великим ступенем зношеності фізично та морально застарілого існуючого обладнання. Крім втрат тепла, з витратою теплоносіїв щорічно втрачаються тисячі кубометрів гарячої води. Контроль технічного стану, режимів роботи теплозабезпечення знаходиться на недостатньому рівні, аналіз аварій та відмов не проводиться, витоки теплоносія на порядок перевищують нормативні показники.

Першим етапом процесу економії енергії є проведення комплексного енергетичного обстеження об'єкта (енергоаудит) і розробка на його основі економічно доцільних заходів щодо економії енергії [2].

Відповідно до наказу Держкоменергозбереження від 15.09.99 № 78, енергетичні обстеження бюджетних установ та організацій проводяться з метою визначення ефективності використання енергоносіїв та встановлення обґрунтованих обсягів їх споживання для визначення доцільності впровадження енергоощадних заходів при застосуванні механізмів скорочення енергоспоживання.

Енергетичне обстеження є пошуком шляхів зменшення обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), визначення потенціалу енергозбереження в її структурних підрозділах та зменшення навантаження на міський бюджет.

Тому саме в сфері теплопостачання необхідно вести політику покращення та модернізації. Україна знаходиться в досить суворих кліматичних умовах, отже теплозабезпечення є важливою галуззю, якій на даний момент часу необхідна допомога та реформація через її запущеність.

						Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основними напрямками розвитку систем теплопостачання є: планування теплопостачання, розроблення та реалізація схем теплопостачання міст та інших населених пунктів України, строк дії яких має бути не менше 5–7 років на основі оптимального поєднання централізованих та децентралізованих систем теплопостачання; впровадження когенераційних установок, у тому числі на базі діючих опалювальних котелень; використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, у тому числі енергії сонця, вітру, біогазу, геотермальних вод, відходів виробництва; впровадження високоефективного теплоенергетичного обладнання і матеріалів у новостворюваних та діючих системах теплопостачання тощо. Всі ці напрямки розглядаються згідно з законом України про теплопостачання № 28 ст.373 2005 р.

Значною проблемою є відсутність надійних даних зі споживання теплової енергії. Існуюча інформація ґрунтується переважно на нормативному споживанні або оціночних даних. Точне визначення потреб кінцевих користувачів та детальні моделі споживання спростять і оптимізують процеси проектування, розробки та удосконалення систем теплопостачання, а також сприятимуть плануванню інвестицій.

Забезпечення контролю руху фізичних потоків та температури теплоносіїв дозволить оцінювати обсяги реальних послуг, їхню якість, а також реальні обсяги втрат у мережах постачання. У соціальному плані це створить аргументоване підґрунтя для одержання споживачами компенсацій за неповні й неякісні послуги енергопостачання. [3]

Метою роботи є аналіз використання теплової та електричної енергії, розроблення енергозберігаючих заходів з економії паливно-енергетичних ресурсів та води у виробничій частині будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ», що знаходиться за адресою: 40031, Сумська область, м. Суми, просп. Курський, 147А.

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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.

						Аркуш
						7
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 ПАТ «Технологія», що знаходиться за адресою: 40031, Сумська область, м. Суми, просп. Курський, 147А, конт. тел. (0542) 671-250, (0542) 671-258, сайт: <https://technologia.com.ua/> [4].

Фасад будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» зображений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Фасад будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ»

З самого початку виробнича частина будівлі була спроектована для ведення бізнесу – промислового виробництва упаковки. До виробничої частини будівлі безпосередньо прибудовано адміністративну частину будівлі, яка включає цехові приміщення (на фото, рис. 1.1 не показано, тому що промислова частина будівлі знаходиться за адміністративною).

					Аркуш
					8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	



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. Разом з тим з метою покращення естетичної складової будівлю розмальовано у різні кольори веселки (рис. 1.1).

Іншою особливістю досліджуваної будівлі є її простий і швидкий монтаж, що зумовлено застосуванням технології вентильованого фасаду, який встановлюється із використанням «сендвіч-панелей» на основі теплоізоляційних матеріалів, які кріпляться на армований залізобетонний внутрішній каркас. Такий тип конструкції дозволяє отримати швидкий монтаж високоенергоефективної будівлі та є сучасною прогресивною технологією будівництва.

Підприємство працює 7 днів на тиждень.

Вихідні дні: відсутні.

Режим роботи об'єкту – позмінний і залежить від виду діяльності.

Виробнича частина підприємства працює у дві зміни по 12 годин на зміну. На першій зміні (7:30 – 19:30) працює 30 осіб персоналу, на другій (19:30 – 7:30) – 23 особи. Періодичність виходу на зміну для кожного працівника – через добу, що дає змогу персоналу гарно відпочити. Отже, загальна чисельність працівників виробничої частини підприємства – 121 осіб та є на даний час сталою. Окрім того, на підприємстві працює 22 особи допоміжного персоналу.

Загальна кількість працівників підприємства – 785 чол.

У досліджуваному об'єкті наявні такі приміщення: компресорна, трансформаторна, склад легкозаймистих рідин; цех миття валів, кімната змішування фарб, мийка направляючих, приміщення гравіювання валів, цех ламінування матеріалів та друку, камера температурної витримки валів, ділянка з виготовлення носиків та ковпачків, цех виготовлення пакетів, кабінет ОТК, службові та складські приміщення, тамбури, допоміжні

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

приміщення (туалети, душова кімната, роздягальня, кімната комірників і обліковців), інші підсобні приміщення.



Рисунок 1.2 – Лінія з виготовлення упаковки для дитячого харчування у системі Guala Pack [2]



Рисунок 1.3 – Лінія з виготовлення упаковки для інших харчових продуктів у системі Guala Pack [2]

						Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Будівництво заводу виконано відповідно до вимог стандартів виробництва «чистих приміщень». У цеху підтримується надлишковий тиск + 3-5 Па відносно доквілля, що дозволяє попередити потрапляння забруднень із зовнішнього середовища у приміщення. В середині виробничого цеху встановлено спеціальну систему п'ятикратного повітрообміну з триступеневою фільтрацією і система кондиціонування повітря, які забезпечать однаковий температурний режим незалежно від пори року.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Будівля розташована на території м. Суми (Сумська обл.).

Енергетичного паспорта в будівлі в наявності немає. Ведеться журнал обліку спожитих енергетичних ресурсів (електроенергія, природний газ та холодна вода).

У досліджуваному об'єкті наявні такі приміщення: виробничі та допоміжні господарчі приміщення, склад.

Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний схід.

Загальні характеристики підприємства:

- загальна площа території в межах землекористування підприємства 7,0037 га;
- загальна площа забудови підприємства 4,1535 га;
- щільність забудови підприємства 59 %;
- коефіцієнт використання території 0,83; коефіцієнт озеленення 0,17;
- загальна кількість цехів підприємства – 4.

Технічні характеристики будівлі:

- призначення будівлі – приватна власність;
- рік побудови – 2017 р;

						Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- призначення будівлі – промислове виробництво упаковки для дитячого харчування;
- кількість поверхів промислової частини будівлі – 1;
- висота будівлі – 4 м;
- загальна площа забудови промислової частини будівлі – 11023 м<sup>2</sup>;
- об'єм будівлі промислової частини будівлі – 40402 м<sup>3</sup>;
- об'єм за зовнішніми обмірами промислової частини будівлі – 44092 м<sup>3</sup>;
- площа воріт промислової частини будівлі – 7,2 м<sup>2</sup>;
- площа скління промислової частини будівлі – 80,6 м<sup>2</sup>;
- площа дверей промислової частини будівлі – 4,8 м<sup>2</sup>;
- площа зовнішніх стін промислової частини будівлі – 1648,6 м<sup>2</sup>;
- площа внутрішніх перегородок промислової частини будівлі – 234 м<sup>2</sup>.

Об'єкт складається із однієї будівлі. Зовнішні стіни об'єкта виконані із використанням сучасних методів будівництва і матеріалів, а саме – вентильованих енергоефективних «сендвіч-панелей» із використанням теплоізоляційних матеріалів на основі базальтової вати марки «PAROC». Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 0,059 Вт/(м·К) [5]. Зовні стіни обшиті профільними металевими листами різного кольору (рис. 1.1). В середині наявне облицювання із використанням декоративних поверхонь, наклеєних на гіпсокартонні плити. Зовнішніх дефектів стін не виявлено.

Будівля має сучасні двокамерні металопластикові вікна як із глухими, так і з рамами, що можуть відчинятися (переважно у офісних приміщеннях об'єкту). Завдяки цьому у приміщенні може досягатися відсутність шкідливої інфільтрації та наявність природної вентиляції де це необхідно. Зовнішні дефекти заповнення світлопрозорих отворів – відсутні.

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

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Підлога будівлі виконана з бетонної плити товщиною 380 мм, покрита кахлем. Стан підлоги задовільний, значних пошкоджень не спостерігається.

Перекрыття будівлі виконане з монолітної залізобетонної плити 220 мм.

Стан перекрыття задовільний, значних пошкоджень не спостерігається.

Зовнішні двері будівлі – металопластикові, виконані зі склопакетів, аналогічних тим, що використовуються у віконних прорізах. Нещільностей у дверних отворах не виявлено. Розмір дверей 2x1,2 м. Кількість дверей у виробничій частині будівлі 2 шт. Приведений опір теплопередачі дверей відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [6].

Будівля має ворота розміром 3x2,4 м для завантаження матеріалів та вивантаження готової продукції. Ворота виконані з металевого (сталь) листа товщиною 3 мм. Із середини лист має утеплювач із базальтової вати марки «PAROC» (коефіцієнт теплопровідності 0,059 Вт/(м·К)), яка зашита слатевим листом товщиною 1 мм. Товщина утеплювача у воротах складає 50 мм.

Значення зведеного термічного опору конструкції вікон – 0,75 м<sup>2</sup> ·°C/Вт. Приведений опір теплопередачі віконних блоків не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [6]. Стан вікон задовільний, пошкоджень не спостерігається.

Виробнича частина будівлі не має балконів.

Будівлю підключено до системи централізованого холодного водопостачання та водовідведення. Водопостачання та водовідведення здійснюються централізовано КП «Міськводоканал» СМР.

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з таких елементів:

- ввід водопроводу до будівлі;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані з пластикових труб Ду 40, 25 мм та Ду 15 мм;
- запірно-регулююча (засувки, вентилі) та запобіжна арматура (клапани).

					Аркуш
					13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Основні споживачі холодної води: персонал підприємства (змивні бачки, рукомийники, душова) та допоміжний персонал для прибирання.

Визначення споживання холодної води виконується щомісячно. Система обліку водопостачання включає лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.

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. Температура гарячої води на виході з бойлера 55 °С. Тиск забезпечується напором системи холодного водопостачання. Рециркуляція води відсутня. Окремий облік спожитої води та електричної енергії на потреби гарячого водопостачання відсутній.

Система каналізації на досліджуваному об'єкті централізована. Господарчо-побутові стоки відводяться у каналізаційні мережі, що обслуговує КП «Міськводоканал» СМР. Стічні води не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø100.

Будівлю обладнано системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через відкриття світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішніх дверей. Система штучної вентиляції і кондиціонування є централізованою багатозональною. Її робота спрямована на підтримання мікроклімату у приміщеннях будівлі як улітку, так і узимку відповідно до нормативних показників. З цією метою у будівлі встановлено систему кондиціонування з рециркуляцією загальною потужністю, включаючи припливний і витяжний вентилятори, 2x10 кВт. Система має підвищену енергетичну ефективність завдяки використанню

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

утилізації тепла витяжного повітря та рециркуляції. Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Стіни в приміщеннях мають світлі кольори. Віконне скло регулярно очищається. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам.

Система зовнішнього освітлення відсутня.

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

Споживачі електричної енергії у виробничій частині будівлі:

- промислові установки (прес-формувавч, установка для збирання упаковки);
- система кондиціонування;
- мікрохвильова піч;
- електрочайник;
- електробойлер;
- електроосвітлення.

Споживач природного газу – система опалення та промислові механізми у виробничій частині будівлі. Газопостачання об'єкту здійснюється газопроводом низького тиску умовним діаметром 2". Постачальник природного газу – ТОВ «Сумигаз Збут». Послуги з транспортування та розподілу газ надає АТ «Сумигаз».

Під час енергоаудиту розглядалися такі шляхи економії енергоресурсів і води:

- скорочення споживання теплової енергії на потреби опалення;
- скорочення споживання теплової енергії на потреби вентиляції;
- скорочення споживання електроенергії на потреби освітлення;

					Аркуш
					15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

- скорочення споживання води на санітарно-гігієнічні і технологічні потреби;

- встановлення нового та модернізація існуючого більш енергоощадного виробничого обладнання.

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

Обстежуваний об'єкт має автономну систему тепlopостачання, у якому теплоносієм є гаряча вода. Газова котельня розміщена на території підприємства. Система циркуляційна, двотрубна, модернізована. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «знизу вгору». Опалювальні прилади – сталеві радіатори конвективного типу, терморегулятори на радіаторах наявні. Магістральні трубопроводи розташовані в стінах, теплоізоляція відсутня. Відсутнє балансування системи, що призводить до збільшення втрат системою тепlopостачання, а також до нерівномірності нагрівання приміщень. Розподільчі та з'єднувальні трубопроводи сталеві.

Опалювальний період триває 6 місяців (з 15 жовтня до 15 квітня). Тривалість періоду може змінюватися залежно від погодних умов (як правило він починається при зниженні середньодобової температури

						Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



зовнішнього повітря нижче +8 °С і закінчується при підвищенні середньодобової температури повітря вище +8°С протягом 3-х діб).

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704-91. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику.

Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik [7] подані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °С	+110
Тиск, бар	10
Критичний тиск, бар	13
Потужність секції, Вт	1210
Об'єм, л	6,6
Габаритні розміри , мм	
висота секції	600
глибина секції	54
ширина секції	1200
Маса секції, кг	31

Зображення сталеві опалювальної панелі типу Radik (Чехія) подана рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Сталева опалювальна панель типу Radik

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 високоенергоєфективного водяного одноконтурного газового конденсаційного котла із закритою камерою згоряння типу WESSEX MODUMAX 250/750с, який має 3 блоки загальною номінальною потужністю 750 кВт. [8] (рис. 1.5), 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 [9]:

- номінальна теплова потужність – 750 кВт;
- діапазон потужностей – 739...790 кВт;
- номінальний тиск газу – 2000 Па;
- коефіцієнт корисної дії, не менше – 91,7 %;
- максимальна температура теплоносія – 80 °С;
- максимальний тиск теплоносія – 10 бар;
- діапазон регулювання температури теплоносія на виході з котла, не менше – 60...80 °С;
- витрата природнього газу, не більше – 83,7 нм<sup>3</sup>/год;
- діаметр приєднувальних патрубків палива – 1<sup>1/4</sup>”;
- діаметр приєднувальних патрубків води – 2<sup>1/2</sup>”;
- характеристика електроживлення (напруга/частота) – 230 В/50 Гц;
- габаритні розміри 1200x780x900 мм;
- маса апарату – 678 кг.

						Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Котел водяний одноконтурний газовий конденсаційний із закритою камерою згоряння типу WESSEX MODUMAX 250/750c

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 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.

Для обліку спожитого об'єктом природного газу використовується лічильник діафрагмовий Курс-01 G250 A1 07 [10], зовнішній вигляд якого показано на рис. 1.6, а технічні характеристики наведені у табл. 1.2.

					Аркуш
					19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Комерційний ультразвуковий лічильник газу Курс-01 G250 A1 07, призначений для комерційного обліку споживання природного газу, газоподібних пропану, бутану і їх сумішей в комунальному і комерційному секторах при тисках і витратах, що не перевищують значень, зазначених в технічних параметрах.



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд лічильника природного газу ультразвукового Курс-01 G250 A1 07

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника природного газу Курс-01 G250 A1 07 [10]

Параметри	Величина
Типорозмір	G250
Номінальна об'ємна витрата, $m^3/год$	250
Мінімальна об'ємна витрата, $m^3/год$	1,6
Максимальна об'ємна витрата, $m^3/год$	400
Міжповірний інтервал, років	12
Діаметр підключення, мм	150
Поріг чутливості, $m^3/год$	не більше $0,5Q_{min}$
Маса лічильника, кг	32,0

Допустима похибка лічильника не перевищує 9 % у діапазоні витрат від  $Q_{min}$  до  $0,1Q_{ном}$ , та 1,5 % у діапазоні витрат від  $Q_{ном}$  до  $Q_{max}$ .

### 1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» та ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

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

Постачальником електричної енергії є ТОВ «ЕНЕРА СУМИ», 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.

Для обліку спожитої електричної енергії об'єктом використовується багатотарифний трьохфазний лічильник електричної енергії НІК НІК 2303 АРЗТ.1000.МЕ (рис. 1.7) [11]. Технічні характеристики лічильника наведені і табл. 1.3.



Рисунок 1.7 – Лічильник електричної енергії  
типу НІК 2303 АРЗТ.1000.МЕ

					Аркуш
					21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики лічильника

НІК 2303 АРЗТ.1000.МЕ [12]

Параметр	Значення
Клас точності	1,0
Кількість фаз	3
Номінальна сила струму, <i>A</i>	5,0
Максимальна сила струму, <i>A</i>	120
Номінальна напруга, <i>B</i>	220 / 380
Максимальна напруга, <i>B</i>	253
Мінімальна напруга, <i>B</i>	143
Номінальна частота струму, <i>Гц</i>	50
Чутливість, <i>мА</i>	12,5
Тип індикатора	електронний
Міжповірочний інтервал, <i>років</i>	16
Робочий діапазон температур, <i>°C</i>	-40 °C – +70
Ступінь захисту	IP54
Габаритні розміри, <i>мм</i>	246x181x92,5

Вимірювання реактивної потужності на об'єкті забезпечується загальним лічильником електричної енергії НІК 2303 АРЗТ.1000.МЕ.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Також було встановлено, що у будівлі штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/2x18 FORA [13] розрахованих на чотири LED лампи потужністю 12 *Вт*. Загальна кількість ламп у будівлі 320 *шт*. Стан світильників задовільний. Перегорілі лампи періодично замінюються новими.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього освітлення 3840 *Вт*. Річна тривалість роботи системи освітлення – 8700 *год*.

						Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.3.3 Система водопостачання

Основні споживачі холодної води – працівники підприємства, які користуються: змішувачами, кранами, змивними бачками, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душових, а також вода витрачається на забезпечення прибирання території, приймання душу, пиття тощо.

Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання.

Для обліку спожитої об'єктом холодної води використовується лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA DN 25 (рис. 1.6) [14]. Лічильник має захист від магнітних полів. Приєднання до трубопроводу – різьбове.

Лічильник води серії вимагає застосування фільтру грубого очищення на вході за зоною прямолінійної ділянки трубопроводу.

Технічні характеристики лічильника наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики електричного лічильника GROSS MNK-UA [14]

Параметри	Величина
Номінальний діаметр, мм	20
Номінальна об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	2,5
Мінімальна об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,45
Перехідна об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,0375
Максимальна об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,025
Термін служби, років	12
Поріг чутливості, м <sup>3</sup> /год	не більше 0,5Q <sub>min</sub>
Маса лічильника, кг	3,0

Допустима похибка лічильника не перевищує 5 % у діапазоні витрат від  $Q_{\min}$  до  $Q_t$ , та 2 % у діапазоні витрат від  $Q_t$  до  $Q_{\max}$ .

Зовнішній вигляд лічильника показано на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Лічильник електричний GROSS MNK-UA DN 25

#### 1.3.4 Система каналізації

Система каналізації на досліджуваному об'єкті централізована куди скидаються господарчо-побутові стоки та відводяться у загальну мережу. Стоки не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується.

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

#### 1.3.5 Система вентиляції

Будинок обладнано системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через відкриття світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішніх дверей. Система штучної вентиляції і кондиціонування є централізованою багатозональною. Її робота спрямована на підтримання мікроклімату у приміщеннях будівлі як улітку, так і узимку відповідно до нормативних показників. З цією метою у будівлі встановлено

					Аркуш
					24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	



систему кондиціонування з рециркуляцією загальною потужністю, включаючи припливний і витяжний вентилятори, 2x10 кВт. Система має підвищену енергетичну ефективність завдяки використанню утилізації тепла витяжного повітря та рециркуляції. Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду [15 – 17]

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

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

Холодна води з урахуванням водовідведення: 27,12 грн / 1 м<sup>3</sup>.

### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

У будівлі встановлено загальні засоби обліку енергоносіїв та води, тому вказані величини належать як до виробничої, так й до адміністративної частин будівлі. Виокремити споживання енергоносіїв та води лише для виробничої частини будівлі не є можливим.

#### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу

Кількість спожитої об'єктом природного газу по місяцям за 2019 – 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку, наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Споживання природного газу

Місяці	Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	661	688	652
Лютий	605	641	629
Березень	588	625	615
Квітень	295	306	302

Продовження таблиці 1.5

Місяці	Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Травень	257	277	281
Червень	208	228	232,4
Серпень	226	245	250
Вересень	262	281	276
Жовтень	273	290	284,6
Листопад	598	614	605
Грудень	637	649	644
Всього	5275	5515	5435

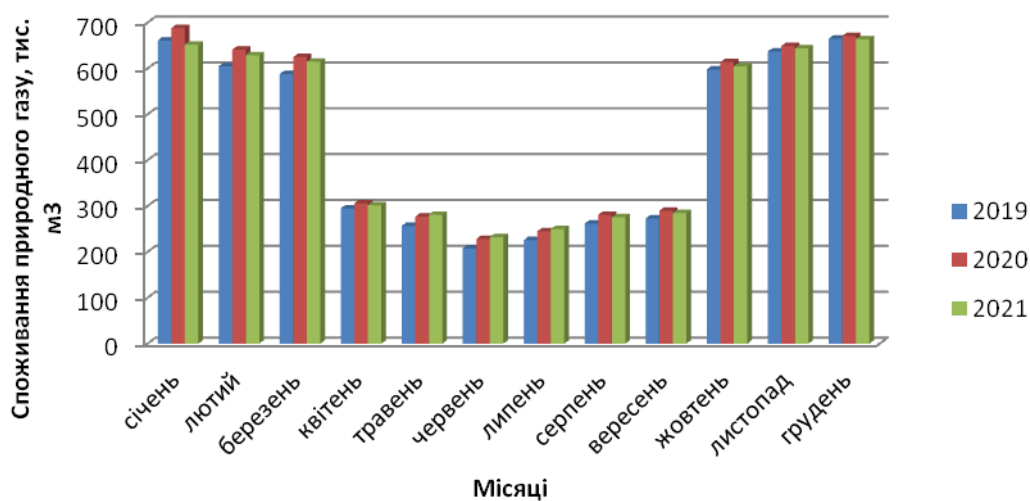


Рисунок 1.9 – Динаміка природного газу об'єктом у 2019 – 2021 роках

Максимуми споживання природного газу припадають на листопад – лютий місяць, що видно з рис. 1.9, 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 місяці квітні – вересні витрати природного газу витрачаються на роботу технологічного обладнання.

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

#### 1.4.2 Аналіз обсягів спожитої електричної енергії об'єктом

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 в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Споживання електроенергії об'єктом

Місяці	Споживання електроенергії, тис. кВт·год		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	298,1	325,5	330,2
Лютий	308,6	316,8	326,3
Березень	282,2	288,6	299,1
Квітень	310,5	318,2	316,5
Травень	317,4	325,3	328,3
Червень	293,6	301,8	305
Липень	297,9	315,1	318,4
Серпень	318,9	325,6	331,1
Вересень	295,7	303,2	307,9
Жовтень	312,2	320,3	325,7
Листопад	300	314,2	321,1

Продовження таблиці 1.6

Місяці	Споживання електроенергії, тис. кВт·год		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Грудень	290,6	300,6	305,9
Всього	3625,7	3755,2	3815,5

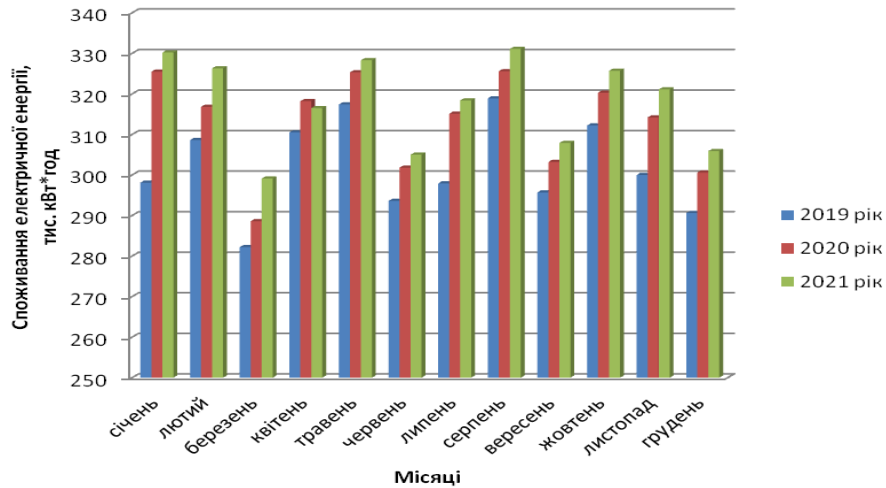


Рисунок 1.10 – Динаміка споживання електроенергії об'єктом в 2019 – 2021 роках

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.

#### 1.4.3 Аналіз обсягів спожитої об'єктом холодної води

Кількість спожитої об'єктом холодної по місяцям за 2019 – 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку споживання холодної води на об'єкті, наведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Споживання об'єктом холодної води

Місяці	Споживання холодної води, тис. м <sup>3</sup>		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	0,306	0,295	0,364
Лютий	0,338	0,335	0,352
Березень	0,393	0,45	0,354
Квітень	0,519	0,55	0,52
Травень	0,647	0,635	0,682
Червень	0,725	0,725	0,748
Липень	0,657	0,68	0,628
Серпень	0,585	0,575	0,617
Вересень	0,504	0,485	0,575
Жовтень	0,382	0,42	0,318
Листопад	0,301	0,315	0,326
Грудень	0,293	0,285	0,316
Всього	5,650	5,750	5,800

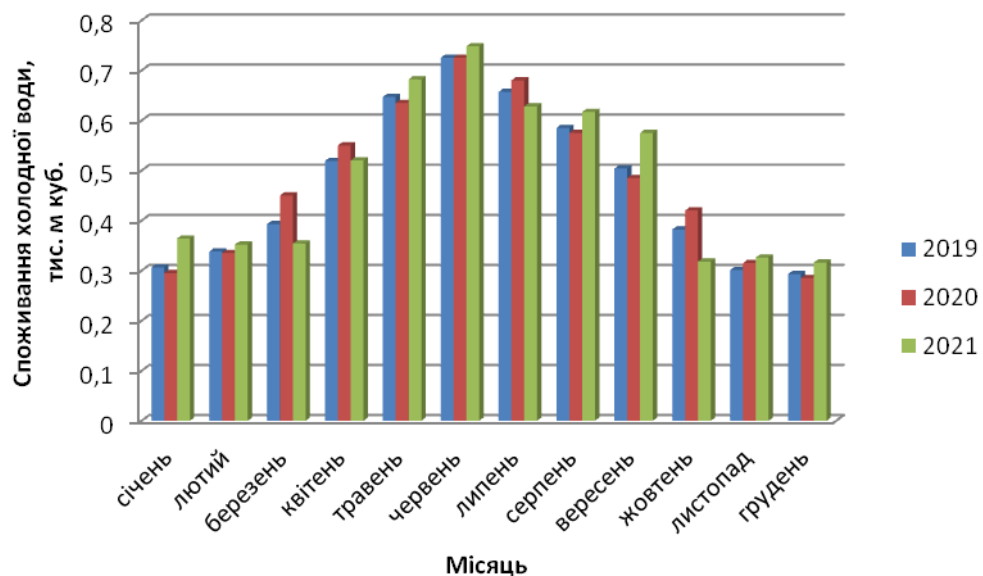


Рисунок 1.11 – Динаміка споживання холодної води об'єктом у 2019 – 2021 роках

Споживання холодної води є симетрично рівномірним протягом року з максимумом у червні місяці, що видно з рис. 1.11. Це пояснюється нерівномірністю завантаження об'єкту.

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

- природного газу – 5435 тис. м<sup>3</sup> (160,12 млн. грн);
- електричної енергії – 3815,5 тис. кВт·год (13,47 млн. грн);
- холодна вода – 5,8 тис. м<sup>3</sup> (0,157 млн. грн).

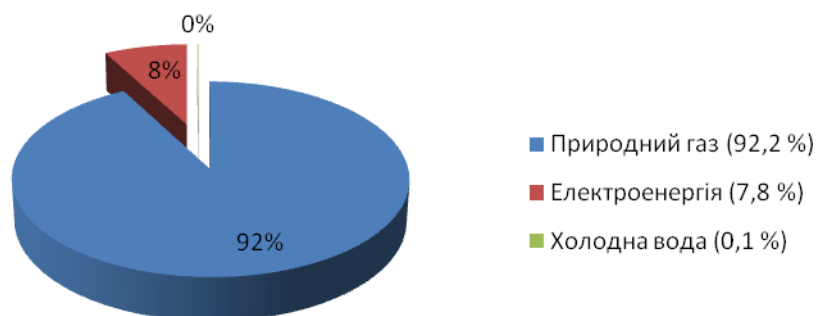


Рисунок 1.12 – Кругова діаграма обсягів споживання енергоресурсів об'єктом за 2021 рік

З кругової діаграми (рис. 1.12) видно, що більшу фінансову частину енергоспоживання складає природний газ (92,2 %). Отже, для економії енергоресурсів доцільно впроваджувати заходи з економії саме цього енергоресурсу.

## 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 [18]

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 табл. 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	9В (батарейка або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

Зображення лазерного пірометра MiniTemp подане на рис. 2.1



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

Рисунок 2.1 – Лазерний пірометр MiniTemp

### 2.1.2 Термоанімометр [19]

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 °С
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда: - в основі - біля чутливого елемента	16 мм 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-N1

## 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 даху, через який відбувається значна частина тепловтрат. Вимірювання температури вікон та підвіконь показали їх задовільний стан.

Результати вимірювань показали, що в місцях стику зовнішніх і внутрішніх стін та перекриття значні тепловтрати не спостерігаються.

Інструментальне обстеження приладів опалення показало, що вони працюють ефективно.

Ще одне місце тепловтрат – не ефективна прямотечійна система вентиляції. Це зумовлює значні втрати тепла з теплим повітрям, що викидається з будівлі.

Встановлене електричне обладнання у промисловій частині будівлі споживає значну частину електричної енергії. Тому доцільно розглянути шляхи зменшення витрат коштів, наприклад, за рахунок переходу на багатотарифні лічильники електричної енергії. Перспективним напрямком у даний час є перехід на «зелений тариф» через встановлення на території об'єкту сонячних панелей. Застосування геліопанелей дозволить продавати за «зеленим тарифом» електричну енергію, вироблену панелями, а споживати електричну енергію, вироблену іншими джерелами, наприклад, атомними станціями.

						Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [6, 21-26]

##### 3.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувючих конструкцій

Зведений опір теплопередачі дійсних огорожувючих 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 °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 [6, табл. 4]. залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища і теплової інерції огорожувальних конструкцій  $D$ , що розраховується за формулою:

						Аркуш
						35
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 [21, 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 [21, табл. Л.1];

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

Мінімально допустиме значення,  $R_{q \min}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей громадських будинків встановлюється згідно з [6] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

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

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

						Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $\alpha_в, \alpha_з$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $Вт/(м^2 \cdot К)$ , які приймаються згідно з [21];

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, табл. 8,  $Вт/(м \cdot К)$ , [21];

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (3.3),  $м^2 \cdot К/Вт$ ;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається згідно табл. 7, [21].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті  $R_{nz}$ ,  $м^2 \cdot К/Вт$  визначається за формулами:

$$\begin{aligned}
 \text{I зона} - R_{nz}^I &= R_0^I + \sum R_n ; \\
 \text{II зона} - R_{nz}^{II} &= R_0^{II} + \sum R_n ; \\
 \text{III зона} - R_{nz}^{III} &= R_0^{III} + \sum R_n ; \\
 \text{IV зона} - R_{nz}^{IV} &= R_0^{IV} + \sum R_n ,
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

де  $R_0^I, R_0^{II}, R_0^{III}, R_0^{IV}$  – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $м^2 \cdot К/Вт$ , відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$  – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті,  $м^2 \cdot К/Вт$ .

Величина  $\sum R_n$  розраховується за рівнянням:

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} ,
 \tag{3.6}$$

де  $n$  – кількість шарів підлоги на ґрунті;

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

						Аркуш
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го шару,  $Вт/(м \cdot К)$ .

### 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.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень,  $Вт$

$$\sum Q_{emp} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{inf}, \quad (3.7)$$

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

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

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

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_0} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \quad (3.8)$$

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

$R_0$  – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків  $R_{qmin}$ ),  $м^2 \cdot К/Вт$ ;

$t_в, t_з$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $°C$ ; [22, 6]

					Аркуш
					38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно, [21, табл. 12].

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

$$Q_{\text{пдл}} = \left( \frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зр}}), \quad (3.9)$$

де  $R_{n2}^I, R_{n2}^{II}, R_{n2}^{III}, R_{n2}^{IV}$  – термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $м^2 \cdot К / Вт$ ;

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

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

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

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{\text{ст}} + \Sigma Q_{\text{вкн}} + \Sigma Q_{\text{з.д}} + \Sigma Q_{\text{пдл}}, \quad (3.10)$$

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

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

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

					Аркуш
					39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

### 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.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, *Вт*

$$Q_{op}^{\partial} = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \quad (3.11)$$

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*

$$Q_{z.d}^{\partial} = Q_{z.d} \cdot \beta_{відкр}, \quad (3.12)$$

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, виробничих будівель  $\beta_{відкр}=3$ .

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



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

$$Q_{ндл}^0 = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (3.13)$$

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

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги,  $Вт$

$$\sum Q_{ндл}^0 = \sum_i^n Q_{i.ндл}^0, \quad (3.14)$$

де  $Q_{i.ндл}^0$  – втрати теплоти через неутеплені підлоги по кожному приміщенню,  $Вт$ ;

$n$  – кількість приміщень де є неутеплені підлоги, для яких розраховано значення  $Q_{i.ндл}^0$ .

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

$$\sum Q_{\delta} = \sum Q_{op}^0 + \sum Q_{з.д}^0 + \sum Q_{ндл}^0, \quad (3.15)$$

де  $\sum Q_{op}^0$  – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію,  $Вт$ ;

$\sum Q_{з.д}^0$  – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей,  $Вт$ ;

$\sum Q_{ндл}^0$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги,  $Вт$ .

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

						Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$$Q_{3,\delta}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,\delta} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (3.16)$$

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

*t<sub>6</sub>*, *t<sub>3</sub>* – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

*G<sub>3,δ</sub>* – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, кг/год

$$G_{3,\delta} = b_{н,\delta} \cdot L_{н,\delta} \cdot v_{ср.н,\delta} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.17)$$

де *b<sub>н,δ</sub>* – ширина встановленої дверної нещільності (приймається 0,005 м);

*L<sub>н,δ</sub>* – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м;

*v<sub>ср.н,δ</sub>* – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається 0,5 м/с);

*m<sub>n</sub>* – маса 1 м<sup>3</sup> повітря, рівна 1,3 кг.

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

$$\sum Q_{inf} = \sum Q_{вкн}^{inf} + \sum Q_{3,\delta}^{inf}, \quad (3.18)$$

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

					Аркуш
					42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

$$Q_g = 0,28 \cdot V_0 \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_3) \cdot n, \quad (3.19)$$

де  $c$ ,  $t_g$ ,  $t_3$  те саме, що у формулі (3.14);

$V_0$  – витрата свіжого повітря, що приходиться на одного працівника;

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

$n$  – кількість працівників, осіб.

### 3.1.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей, *Вт*

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (3.20)$$

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

$n_l$  – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, *Вт*

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.21)$$

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

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

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

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

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

					Аркуш
					43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Теплонадходження від джерел освітлення, *Вт*

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \quad (3.22)$$

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*

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (3.23)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, *Вт*

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.24)$$

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

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

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_{г}^{cp} - t_{cp.on}}{t_{г}^{cp} - t_{з}} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.25)$$

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

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

за даними гідрометцентру згідно [22];

$t_{з}$  – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно [22];

					Аркуш
					44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$n_{оп}$  – кількість днів опалювального періоду [22].

## 3.2 Тепловий розрахунок будівлі

### 3.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій

Для обстежуваного об'єкту (виробнича будівля) мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожуючої конструкції обирають залежно від тепловологісного режиму експлуатації будівлі (у нашому випадку це нормальний режим) та величини теплової інерції огорожуючої конструкції, розрахованої за формулою (3.2), відповідно до даних [6, табл. 4]. Також при виборі мінімально допустимого термічного опору огорожуючої конструкції виконуємо вибір за I температурною зоною до якої територіально належить м. Суми.

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Теплова інерція зовнішньої стіни будівлі

$$D = \frac{0,001}{58} \cdot 126,5 + \frac{0,3}{0,059} \cdot 0,66 + \frac{0,0125}{0,21} \cdot 3,66 = 3,58 > 1,5.$$

Термічний опір зовнішньої стіни при використанні «сендвіч-панелі» на основі плити негорючої базальто-волокнистої

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,001}{58} + \frac{0,3}{0,059} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{1}{23} = 5,30 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору з нормованим згідно з [6, табл.7]:

					Аркуш
					45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$R_{\Sigma np} = 5,30 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} > R_{q \min} = 1,7 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Так як фактичне значення опору більше ніж нормоване, тому утеплювати стіни для збільшення термічного опору та зменшення тепловтрат не рекомендується.

Розрахунок термічного опору даху

Теплова інерція даху будівлі

$$D = \frac{0,006}{0,17} \cdot 3,53 + \frac{0,22}{2,04} \cdot 18,95 + \frac{0,1}{0,13} \cdot 1,66 + \frac{0,012}{0,81} \cdot 9,76 = 3,59 > 1,5.$$

Термічний опір даху розраховуємо за формулою (3.3):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,09 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$R_{\Sigma np} = 1,09 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} < R_{q \min} = 1,7 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

Для металопластикових дверей з подвійним склінням (основний вхід)

величину  $R_{\Sigma np}$  приймаємо із таблиць згідно з [6]  $R_{\Sigma np} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ .

Отже, можемо записати

$$R_{\Sigma np} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} > R_{q \min} = 0,6 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

						Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### Термічний опір вікон

У даному випадку віконні прорізи співпадають за тепловими характеристиками із дверним проемом, тому  $R_{\Sigma np} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ .

Для вікон величину  $R_{\Sigma np}$  приймаємо із таблиць згідно з [6]

$$R_{q \min} = 0,45 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \text{ тоді}$$

$$R_{\Sigma np} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} < R_{q \min} = 0,45 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

### Розрахунок термічного опору підлоги

Теплова інерція підлоги будівлі:

$$D = \frac{0,38}{2,04} \cdot 18,95 + \frac{0,05}{0,81} \cdot 9,76 + \frac{0,008}{1,1} \cdot 12,55 = 4,22 > 1,5.$$

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (3.4):

$$\sum R_{n2} = \frac{0,38}{2,04} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,008}{1,1} = 0,255 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$\text{I зона} - R_{ne}^I = 2,2 + 0,255 = 2,455 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{II зона} - R_{ne}^{II} = 4,3 + 0,255 = 4,555 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{III зона} - R_{ne}^{III} = 8,6 + 0,255 = 8,855 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{IV зона} - R_{ne}^{IV} = 14,2 + 0,255 = 14,455 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

						Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок термічного опору воріт

Теплова інерція воріт будівлі

$$D = \frac{0,001}{58} \cdot 126,5 + \frac{0,05}{0,059} \cdot 0,66 + \frac{0,003}{58} \cdot 126,5 = 0,57 < 1,5.$$

Термічний опір воріт розраховуємо за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,001}{58} + \frac{0,05}{0,059} + \frac{0,003}{58} + \frac{1}{23} = 1,01 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 1,01 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} > R_{q \min} = 0,6 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару $\delta, m$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Bm}{m \cdot K}$	Теплозасвоєння, $s, \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$	$R_{\Sigma np}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$	Теплова інерція $D$	$R_{q \min}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$
1	Зовнішня стіна («сендвіч-панель»)	Сталевий лист	0,001	58	126,5	5,3	3,58	1,7
		Плита базальтово-волокниста	0,3	0,059	0,66			
		Гіпсокартон	0,0125	0,21	3,66			



Продовження табл. 3.1

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	Теплозасвоєння, $s, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	Теплоінерція $D$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
2	Двері	Двокамерні метало-пластикові	0,06	—	—	0,75	—	0,6
3	Дах	Руберойд, промащений смолою	0,006	0,17	3,53	1,09	3,59	1,7
		З/бетонна плита	0,22	2,04	18,95			
		Керамзит	0,1	0,13	1,66			
		Цементно-піщана стяжка	0,012	0,81	9,76			
4	Вікна	Двокамерні метало-пластикові			0,75	—	0,45	
5	Підлога	З/бетонна плита	0,38	2,04	18,95	0,255	4,22	1,9
		Розчин цементно-піщаний	0,05	0,81	9,76			
		Плити керамічні для підлоги	0,008	1,1	12,55			
6	Ворота	Сталевий лист	0,001	58	126,5	1,01	0,57	0,6
		Плита базальтововолокниста	0,05	0,059	0,66			
		Сталевий лист	0,003	58	126,5			

З табл. 3.1 можемо зробити висновок, що фактичний опір даху не є задовільними, тому що фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально

допустиме значення згідно [6] ( $R_{q_{\min}} > R_{\Sigma np} \rightarrow 1,7 > 1,09$ ). Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішньої стіни ( $R_{q_{\min}} < R_{\Sigma np} \rightarrow 1,7 < 5,3$ ) свідчать про задовільні теплозахисні властивості зовнішньої стіни, завдяки використанню товстого шару теплоізоляції, поєднаної з високоенергоощадними віконними панелями. Вікна та двері у будівлі металопластикові також із задовільними теплозахисними властивостями: для вікон ( $R_{q_{\min}} > R_{\Sigma np} \rightarrow 0,75 > 0,45$ ) і для дверей ( $R_{q_{\min}} > R_{\Sigma np} \rightarrow 0,75 > 0,6$ ). Ворота будівлі мають високі теплозахисні властивості, адже ( $R_{q_{\min}} < R_{\Sigma np} \rightarrow 0,6 < 1,01$ ).

Отримані результати свідчать про невідповідність вимогам до опору теплопередачі такої огорожуючої конструкції як дах. Тому рекомендується утеплити дах з метою зменшення тепловтрат будівлі.

### 3.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

#### Тепловтрати через зовнішні стіни

Тепловтрати через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.8):

– вікна

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{80,6}{0,75} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 4514 \text{ Вт};$$

– зовнішні стіни

$$Q_{\text{з.ст}} = \frac{1648,6}{3,58} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 19341 \text{ Вт};$$

– дах

$$Q_{\text{дах}} = \frac{11023}{1,09} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 424740 \text{ Вт}.$$

					Аркуш
					50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

– підлога

визначимо площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони:

$$F_I = 971,6 \text{ м}^2, F_{II} = 939,6 \text{ м}^2, F_{III} = 907,6 \text{ м}^2, F_{IV} = 8202,6 \text{ м}^2.$$

тепловтрати через підлогу знаходимо за формулою (3.9):

$$Q_{\text{подл}} = \left( \frac{971,6}{2,455} + \frac{939,6}{4,555} + \frac{907,6}{8,855} + \frac{8202,6}{14,455} \right) \cdot (20 - 6) = 17808 \text{ Вт}.$$

– через вхідні двері

$$Q_{\text{дв}} = \frac{4,8}{0,75} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 269 \text{ Вт};$$

– через ворота

$$Q_{\text{вр}} = \frac{7,2}{1,01} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 299 \text{ Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.10):

$$\sum Q_0 = 4514 + 19341 + 424740 + 17808 + 269 + 299 = 466971 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни зумовлені орієнтацією будівель розраховуємо по формулі (3.9):

						Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{op}^{\circ} = 19341 \cdot 0,08 = 1547 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{подл}^{\circ} = 0,05 \cdot 17808 = 890 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на відкривання дверей

$$Q_{з.д}^{\circ} = 3 \cdot 269 = 807 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на відкривання воріт

$$Q_{вр}^{\circ} = 3 \cdot 299 = 897 \text{ Вт.}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_{\circ} = 1547 + 890 + 807 + 897 = 4141 \text{ Вт.}$$

Втрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи та дверний проєм відсутні, тому що усі ці огорожуючі конструкції у об'єкті є металопластиковими.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = \sum Q_{вкн}^{инф} + \sum Q_{з.д}^{инф} = 0 \text{ Вт.}$$

						Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У будівлі на одній зміні працюють 55 працівників. Тому об'єм будівлі, що приходить на одного працівника

$$\frac{44092}{55} = 801,7 \text{ м}^3 / \text{особу}.$$

Отримане значення перевищує мінімальне значення  $40 \text{ м}^3/\text{особу}$ , тому вентиляційні тепловтрати знаходимо за залежністю через кількість працівників.

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою (3.17)

$$Q_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 20 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 55 = 16901 \text{ Вт},$$

де  $V_0 = 20 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{особу})$  – кратності повітрообміну у виробничих приміщеннях згідно [25].

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{\text{втр}} = 466971 + 4141 + 16901 = 488013 \text{ Вт}.$$

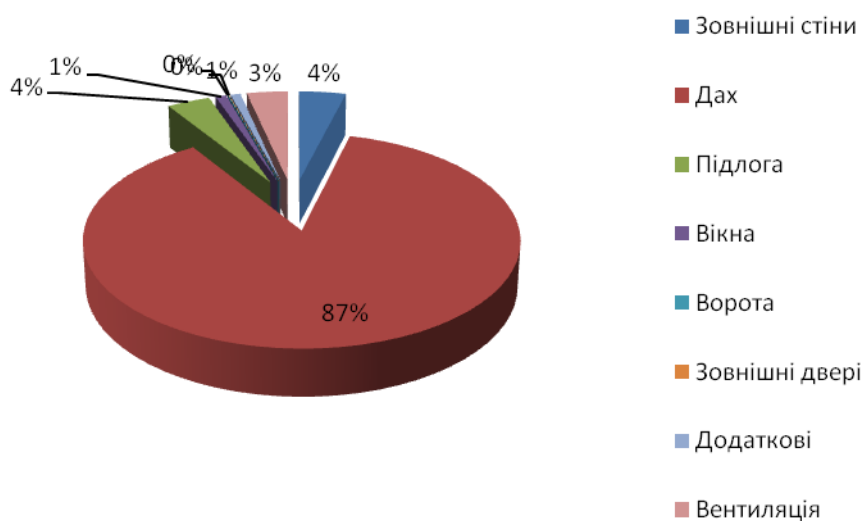


Рисунок 3.1 – Діаграма втрат теплоти у об'єкті

З діаграми (рис. 3.1) видно, що основні втрати тепла приходяться на тепловтрати через дах, зовнішні стіни, підлогу та вентиляцію. Тому основні енергозберігаючі заходи будемо реалізовувати з метою зменшення саме цих втрат.

### 3.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.21):

$$Q_{л} = 55 \cdot 104 = 5720 \text{ Вт},$$

де  $n = 55$  чол – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.22)

$$Q_{ел} = 220500 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 30396 \text{ Вт},$$

де  $N_{ел} = 220,5 \text{ кВт} = 220500 \text{ Вт}$  – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.23)

$$Q_{осв} = 3840 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 614 \text{ Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 5720 + 30396 + 614 = 36730 \text{ Вт}.$$

						Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.24)

$$\Delta Q = 488013 - 36730 = 451283 \text{ Вт.}$$

Розрахункове значення використовуваного тепла системою тепла за рік становить (3.25):

$$\Delta Q_{оп} = 451283 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 887,3 \text{ Гкал.}$$

						Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції;
- 2) утеплення даху;
- 3) встановлення геліопанелей для вироблення електричної енергії;
- 4) впровадження багатотарифних лічильників електричної енергії.

### 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

#### 4.2.1 Встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції [26]

Поточний стан:

В будівлі передпередбачена приточно-витяжна система вентиляції з природним спонуканням. Приплив та видалення повітря в основному забезпечуються через спеціальні вентиляційні отвори. Видалення повітря реалізується за рахунок різниці тисків через вентиляційні канали, що виходять на дах.

Опис можливостей з енергозбереження:

Для забезпечення нормованого повітрообміну, який відповідає санітарно-гігієнічним нормам, в приміщеннях з природною вентиляцією, де постійно перебувають люди, пропонується встановити локальні пристрої вентиляції з рекуператорами теплоти.

Вентиляція приміщень відбувається за рахунок того, що система відбирає повітря з приміщення та скидає його на зовні, одночасно з чим примусово нагнітає свіже повітря до приміщення. При цьому повітряні потоки розділені між собою. За рахунок проходження повітряних потоків

						Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



через систему мідних теплообмінників, розташованих всередині робочого модуля, тепле витяжне повітря віддає своє тепло холодному припливному. Таким чином, здійснюється ефективний повітрообмін приміщень та забезпечується, завдяки рекуперації, енергозберігаючий ефект. Коли вентиляція працює в літній період, в рекуператорі відбувається зворотній процес – кондиціювання. Підключення вентиляційної установки здійснюється до стаціонарної мережі зі змінним струмом, напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Необхідно встановити приточно-витяжну установку з рекуператором ПРАНА 340S (Україна) фірми ПРАНА [27]. Схематично принцип дії децентралізованої системи вентиляції зображено (рис. 4.1):

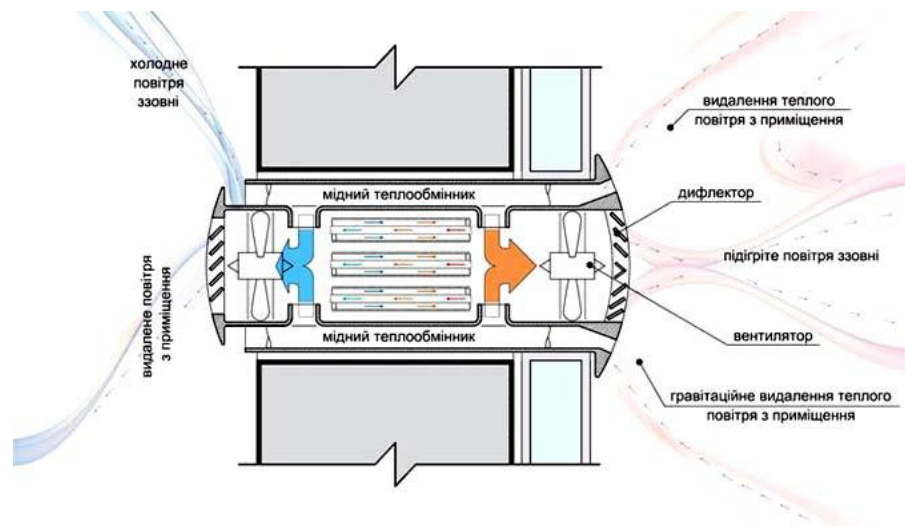


Рисунок 4.1 – Схема роботи пластинчастого рекуператора ПРАНА 340S

Проведемо розрахунок та підберемо установку для першого поверху будівлі.

Масова витрата вентилязованого повітря, кг/с:

$$\dot{m} = V_B \cdot \rho_n, \quad (4.1)$$

					Аркуш
					57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де  $\rho_{\text{п}}$  – густина повітря, яке вентилюється за нормальних умов,  $\text{кг/м}^3$   
( $\rho_{\text{п}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$ );

$V_{\text{в}}$  – об’ємна витрата повітря, що вентилюється,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Об’ємна витрата повітря, що вентилюється визначається для вентиляції

$$V_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_0 \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де  $V_0$  – нормована витрата повітря, що приходить на 1 працівника,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – кількість працівників, що постійно знаходяться у будівлі.

За формулою (4.2):

$$V_{\text{в}} = 0,28 \cdot 20 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 0,306 \text{ м}^3 / \text{с} = 1100 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

За формулою (4.1):

$$\dot{m} = 0,306 \cdot 1,3 = 0,398 \text{ кг/с}.$$

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

$$\Delta Q_{\text{PT}} = \dot{m}_{\text{в}} \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - (t_{\text{з,п}} + \Delta t_{\text{п}})), \quad (4.3)$$

де  $t_{\text{в}}$  – температура витяжного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , ( $t_{\text{в}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ );

$t_{\text{з,п}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{з,п}} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ );

						Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\Delta t_p$  – величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти,  $^{\circ}\text{C}$ . Для практичних розрахунків береться з діапазону  $\Delta t_p=10-15^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta t_p=10^{\circ}\text{C}$ );

$c_{\text{п}}$  – питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .

За формулою (4.3) визначаємо економію теплової енергії на опалення приміщення після запровадження заходу:

$$\Delta Q_{\text{PT}} = 0,398 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22 + 10)) = 12,8 \text{ кВт}.$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації,  $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$

$$Q_{\text{PT}}^{\text{EK.рік}} = \Delta Q_{\text{PT}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{CP}} - t_{\text{CP.оп}})}{(t_{\text{в}}^{\text{CP}} - t_{\text{з.п}})} \cdot n_{\text{р.р}} \cdot n_{\text{р.п}}, \quad (4.4)$$

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

$t_{\text{в}}^{\text{CP}}$  – внутрішня температура приміщення будівлі,  $^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$ );

$t_{\text{CP.оп}}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{CP.оп}} = -1,4^{\circ}\text{C}$ );

$t_{\text{з.п}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{з.п}}=-22^{\circ}\text{C}$ );

$n_{\text{р.р}}$  – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин ( $n_{\text{р.р}}=24$  год);

$n_{\text{р.п}}$  – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб ( $n_{\text{р.п}}=187$  діб).

За формулою (4.4) визначаємо річну економію на тепловтрати після встановлення системи рекуперації:

					Аркуш
					59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_{PT}^{EK \cdot рік} = 12,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 = 29270 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 25,17 \text{ Гкал}.$$

Кількість електроенергії, необхідної для функціонування установки, кВт·год/рік

$$E = n_{p.p} \cdot n_{p.n} \cdot P_y \quad (4.5)$$

За формулою (4.5):

$$E = 1 \cdot 24 \cdot 187 \cdot 0,3 = 1346 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

На основі проведених розрахунків обрано децентралізована система вентиляції з рекуперацією тепла типу ПРАНА-340S у кількості 1 модуль.

Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА-340S» представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА-340S» [27]

Назва моделі	ККД, %	Діаметр робочого модуля, мм	Об'єми повітрообміну при рекуперації, м <sup>3</sup> /год		
			приток	виток	ніч/min
Напівпромисловий рекуператор «ПРАНА-340S»	78	340	1100	1020	110

Додаткові затрати на роботу системи на привід вентилятора складуть

$$E_{к_{Вм}} = 1346 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

					Аркуш
					60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

або у грошовому еквіваленті

$$E_{Bm} = 1346 \cdot 3,53 = 4453 \text{ грн/рік.}$$

Річна економія теплової енергії в грошовому еквіваленті від впровадження заходу

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

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{\Delta Q}{\eta \cdot Q_n^p} \cdot \frac{t_6^{cp} - t_{cp.on}}{t_6^{cp} - t_3} \cdot n_{оп}, \quad (4.6)$$

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

$Q_n^p$  – нижча робоча теплота згоряння газу, яка дорівнює  $35914 \text{ кДж/м}^3$ ;

$\eta$  – ККД котла;

$n_{оп}$  – тривалість опалюваного періоду.

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія для кожного значення теплового навантаження на рік розраховуємо за формулами (4.6)

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot \frac{12,8}{0,917 \cdot 35914} \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} = 3200 \text{ м}^3.$$

З урахуванням, що вартість газу складає  $C_{\text{газ}} = 29460 \text{ грн/1000 м}^3$  станом на 2022 рік для підприємств з урахуванням ПДВ, можемо розрахувати річні експлуатаційні затрати на опалення з використанням автономної котельні:

					Аркуш
					61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$E_{кот} = C_{газ} \cdot \frac{V_{газ}}{1000} = 29460 \cdot \frac{3200}{1000} = 94272 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від встановлення засобів утилізації тепла у системі вентиляції з урахуванням затрат на привід вентилятора складуть

$$E - E_{кот} - E_{Вм} = 94272 - 4453 = 89819 \text{ грн.}$$

Вартість однієї установки – 39084 грн/шт. Загальна кількість пристроїв у об'єкті 1 шт.

Капітальні затрати на впровадження енергозберігаючого заходу з урахуванням вартості розробки проєкту 6000 грн і вартості монтажних робіт 7000 грн

$$K = 39084 + 6000 + 7000 = 52084 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу

$$T_{ок} = \frac{52084}{89819} = 0,58 \text{ року.}$$

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

Розрахунок оцінки економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів проводиться згідно методики [28].

Чистий дисконтований дохід NPV

						Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При одномоментному здійсненні інвестиційних витрат  $NPV$  може бути визначений за формулою:

$$NPV = \sum_{t=t_i}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (4.7)$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році  $t$ ;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Якщо інвестиційні витрати здійснюються у декілька етапів, розрахунок показника  $NPV$  здійснюється за наступною формулою:

$$NPV = \sum_{t=t_i}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{t_c} \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (4.8)$$

де  $I_t$  – інвестиційні витрати у році  $t$ ;

$t_c$  – момент закінчення інвестування.

Сума чистого грошового потоку за окремими інтервалами часу визначається за формулою:

$$P_t = D_t - B_t - (D_t - B_t - A_t) \cdot k_n, \quad (4.9)$$

					Аркуш
					63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де  $D_t$  – очікуваний загальний дохід від реалізації проєкту;

$B_t$  – поточні витрати;

$A_t$  – амортизаційні відрахування, які не увійшли до складу витрат і не оподатковуються,

$k_n$  – податкова ставка (приймається в діапазоні від 0 до 0,25).

Результат розрахунку  $NPV$  є важливим критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проєкту (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Критерії реалізації інвестиційних проєктів за показником  $NPV$

№ з/п	Значення $NPV$	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$NPV > 0$	Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості	Проєкт є ефективним (прибутковим). 3 великою вірогідністю проєкт може бути реалізовано
2	$NPV = 0$	Дисконтовані результати дорівнюють дисконтованим витратам. Підприємство не отримує додаткового доходу на власний капітал	Проєкт є беззбитковим. Якщо у матимуть місце соціальний або екологічний ефекти, то він може бути прийнятий
3	$NPV < 0$	Дисконтовані результати є меншими за дисконтовані витрати, що призведе до зменшення вартості вкладеного капіталу	Проєкт є неефективним (збитковим) і його слід відхилити



### Індекс доходності $PI$

$PI$  є відносним показником і розраховується як відношення чистого приведенного доходу від реалізації проєкту до початкових або приведених інвестиційних вкладень:

$$PI = \frac{\sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{I_0}, \text{ або } PI = \frac{\sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{t_3} \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (4.10)$$

Зазначені критерії оцінки за показником  $PI$  наведені у табл. 4.2.

При порівняльній оцінці декількох проєктів найбільш ефективним визнається той проєкт, що характеризується максимальним значенням індексу доходності.

Таблиця 4.3 – Критерії реалізації інвестиційних проєктів за показником  $PI$

№ з/п	Значення $PI$	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$PI > 1$	Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проєкт є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості	Проєкт є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проєкт може бути реалізовано
2	$PI = 1$	Дисконтовані результати дорівнюють дисконтованим витратам. Підприємство не отримує додаткового доходу на власний капітал	Проєкт є беззбитковим. Якщо у разі реалізації проєкту матимуть місце соціальний або екологічний ефекти, то він може бути прийнятий
3	$PI < 1$	Дисконтовані результати є меншими за дисконтовані витрати, що призведе до зменшення вартості вкладеного капіталу	Проєкт є неефективним (збитковим) і його слід відхилити

## Внутрішня норма доходності IRR

Даний показник є найбільш складним для розрахунку та одним із найважливіших показників оцінки ефективності інвестиційних проєктів. Під цим критерієм розуміють таку розрахункову ставку приведення, за якої дохід від реалізації проєкту дорівнює приведеним витратам на здійснення і, отже, капіталовкладення тільки окупаються. Таким чином *IRR* – це така ставка дисконтування, за якої  $NPV=0$

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+IRR)^t} - \sum_{t=0}^{t_3} \frac{I_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4.11)$$

де *IRR* – внутрішня норма доходності за інвестиційним проєктом.

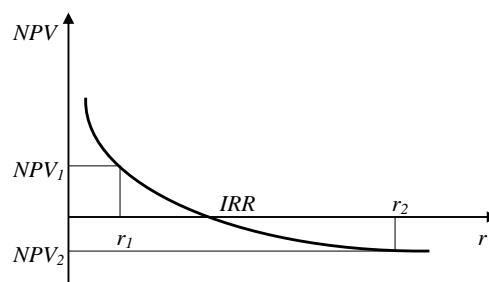


Рисунок 4.2 – Зв'язок між ставкою дисконту та чистою поточною вартістю

Як показано на рис. 4.2 при збільшенні ставки дисконту величина чистої поточної вартості зменшується і при певному значенні ставки дисконту обертається в нуль. Ставка дисконтування, за якої  $NPV$  дорівнює нулю, і є внутрішньою нормою доходності.

Точний розрахунок значення *IRR* здійснюється за допомогою методу ітерацій з використанням ЕОМ.

Розраховане значення *IRR* порівнюється з ціною інвестиційних ресурсів  $r$ , отриманих із можливих джерел (табл. 4.4).

					Аркуш
					66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 4.4 – Критерії реалізації інвестиційних проєктів за показником *IRR*

№ з/п	Значення <i>IRR</i>	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$IRR > r$	<i>IRR</i> перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проєкту	Проєкт можна прийняти
2	$IRR = r$	<i>IRR</i> дорівнює мінімальній ціні інвестицій для даного проєкту	Проєкт потребує додаткового аналізу
3	$IRR < r$	Інвестиції не окупаються	Проєкт відхиляється

Дисконтований термін окупності *PP*

Дисконтований період окупності можна визначити за формулою:

$$PP = m + \frac{I - P_m}{P_{m+1}}, \quad (4.12)$$

де *PP* – дисконтований період окупності інвестиційних витрат за проєктом, років;

$P_m$  – сума дисконтованих грошових надходжень від реалізації проєкту за повну кількість років, щоб вона була найбільш наближеною до суми інвестицій, але не перевищувала її. Таким чином має виконуватися нерівність:  $P_m < I < P_{m+1}$ ;

$m$  – кількість повних років, у яких сума дисконтованих доходів, розрахованих нарастаючим підсумком, менша за суму дисконтованих інвестиційних витрат;

$(m+1)$  – рік, у якому сума дисконтованих надходжень, розрахованих нарастаючим підсумком, перекиє суму дисконтованих інвестиційних витрат;

$P_{m+1}$  – дисконтовані грошові надходження за проектом в  $(m+1)$ -му році.

Розрахунок виконуємо за методикою наведеною вище для енергозберігаючого заходу: встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції.

Витрати на впровадження заходу становлять 52084 грн. Річна економія становить 89819 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 2-3 дні.

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

Тривалість життєвого циклу проекту – 5 років (ресурс роботи рекуператора, рекомендований виробником).

Таблиця 4.5 – 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	-52084	-52084		1		
1	0	89819	37735	0,909	81654	29570
2	0	89819	127554	0,826	74231	103800
3	0	89819	217373	0,751	67482	171283
4	0	89819	307192	0,683	61348	232630
5	0	89819	<b>397011</b>	0,621	55771	<b>288401</b>
	<b>IRR</b>	<b>171,3 %</b>			<b>340485</b>	

$$NPV = 340485 - 52084 = 288401 \text{ грн.}$$

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 4.5 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за рік. Чистий дохід проекту складає 397011 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 288401 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{340485}{52084} = 6,54.$$

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

Внутрішня норма доходності IRR.

$IRR = 171,3 \%$  (таблиця 4.5).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 0 + \frac{0 - (-52084)}{81654} = 0,64 \text{ року.}$$

					Аркуш
					69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 4.6 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	52084
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	89819
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	288401
2.3	Індекс дохідності	6,54
2.4	Внутрішня норма доходності, %	171,3
2.5	Дисконтований термін окупності, років	0,64

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 Утеплення даху [26]

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

Напилення 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 напилення утеплювача пінополіуретан:

						Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- безшовність, ППУ не має стиків та швів;
- висока швидкість утеплення (до 300 м<sup>2</sup> за зміну);
- після утеплення напленням ППУ збільшується жорсткість усієї конструкції.

- при напленні 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. [29]

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

$$\delta_{ут} = \left[ R_{q\min} - R_{\sum np} \right] \cdot \lambda_{ут}, \quad (4.13)$$

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

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

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

$$\delta_{ут} = [1,7 - 1,09] \cdot 0,028 = 0,017 \text{ м.}$$

Задаємося товщиною шару утеплювача  $\delta_{ут} = 0,02 \text{ м.}$

						Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Нове розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції становитиме:

$$R_{розр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,02}{0,028} + \frac{1}{23} = 1,8 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

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  $-22^\circ C$  [6] складуть

$$Q_{дах} = \frac{11023}{1,8} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 257203 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати через дах до утеплення склали  $Q_{0дах} = 424470 \text{ Вт}$ .

Зменшення теплових втрат будівлі за рахунок впровадження енергозберіжних заходів

$$\Delta Q_{0дах} = Q_{0дах} - Q'_{0дах} = 424470 - 257203 = 167267 \text{ Вт}.$$

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,  $кВт \cdot год$ ,

						Аркуш
						72
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$\Delta Q^{pik} = \Delta Q \cdot \frac{(t_6^{cp} - t_{cp.on})}{(t_6^{cp} - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \quad (4.14)$$

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:

$$\Delta Q_{0дах}^{pik} = 167267 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 382497 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Знайдемо кількість зекономленого природного газу. Враховуємо, що нижча робоча теплота згоряння природного газу складає 35,914 *МДж/м<sup>3</sup>*, а ККД газового водогрійного котла 91,7 %.

Економія природного газу буде дорівнювати:

$$\frac{382497 \cdot 3600}{35914 \cdot 0,917} = 41812 \text{ м}^3 / \text{рік.}$$

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

$$E = 41812 \cdot 29,46 = 1231770 \text{ грн.}$$

Вартість впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою

					Аркуш
					73
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$C_{впрое} = F \cdot C_{тоє}, \quad (4.15)$$

де  $F$  – площа даху,  $m^2$ ;

$C_{тоє}$  – вартість утеплювача з урахуванням роботи,  $600 \text{ грн}/m^2$ ; [29]

$$C_{впрое} = 11023 \cdot 600 = 6613800 \text{ грн.}$$

Розраховуємо простий термін окупності енергозберігаючого заходу

$$T = \frac{6613800}{1231770} = 5,4 \text{ року.}$$

Розрахунок виконуємо за методикою наведеною вище.

Витрати на впровадження заходу становлять  $6613800 \text{ грн}$ . Річна економія становить  $1231770 \text{ грн}$ .

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 15-25 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт – 5-8 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проєкту – 20 років.

						Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції І (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	-6613800	-6613800		1		
1	0	1231770	-5382030	0,909	1119791	-5494009
2	0	1231770	-4150260	0,826	1017992	-4476017
3	0	1231770	-2918490	0,751	925447	-3550570
4	0	1231770	-1686720	0,683	841315	-2709255
5	0	1231770	-454950	0,621	764832	-1944423
6	0	1231770	776820	0,564	695302	-1249121
7	0	1231770	2008590	0,513	632093	-617028
8	0	1231770	3240360	0,467	574630	-42398
9	0	1231770	4472130	0,424	522391	479993
10	0	1231770	5703900	0,386	474901	954893
11	0	1231770	6935670	0,350	431728	1386621
12	0	1231770	8167440	0,319	392480	1779101
13	0	1231770	9399210	0,290	356800	2135901
14	0	1231770	10630980	0,263	324364	2460265
15	0	1231770	11862750	0,239	294876	2755141
16	0	1231770	13094520	0,218	268069	3023210
17	0	1231770	14326290	0,198	243699	3266909
18	0	1231770	15558060	0,180	221545	3488453
19	0	1231770	16789830	0,164	201404	3689858
20	0	1231770	<b>18021600</b>	0,149	183095	<b>3872952</b>
	<b>IRR</b>	<b>17,9 %</b>			<b>10486752</b>	

$$NPV = 10486752 - 6613800 = 3872952 \text{ грн.}$$

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 4.7 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за 9 років. Чистий дохід проекту складає 18021600 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 3872952 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати

$$PI = \frac{10486752}{6613800} = 1,59.$$

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

Внутрішня норма доходності IRR.

$IRR = 17,9\%$  (таблиця 4.7).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP

$$PP = 8 + \frac{0 - (-42398)}{522391} = 8,08 \text{ року.}$$

						Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	6613800
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	1231770
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	3872952
2.3	Індекс дохідності	1,59
2.4	Внутрішня норма доходності, %	17,9
2.5	Дисконтований термін окупності, років	8,08

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.

#### 4.2.3 Встановлення геліопанелей для вироблення електричної енергії

##### Опис можливого енергозберігаючого заходу

Сонячна енергія – це кінетична енергія випромінювання (в основному світла), що утворюється в результаті реакцій у надрах Сонця.

Як правило під терміном сонячна батарея мають на увазі панелі фотоелектричних перетворювачів (фотоелементів). Метою сонячних батарей є пряме перетворення сонячного випромінювання в електроенергію (рис. 4.3).

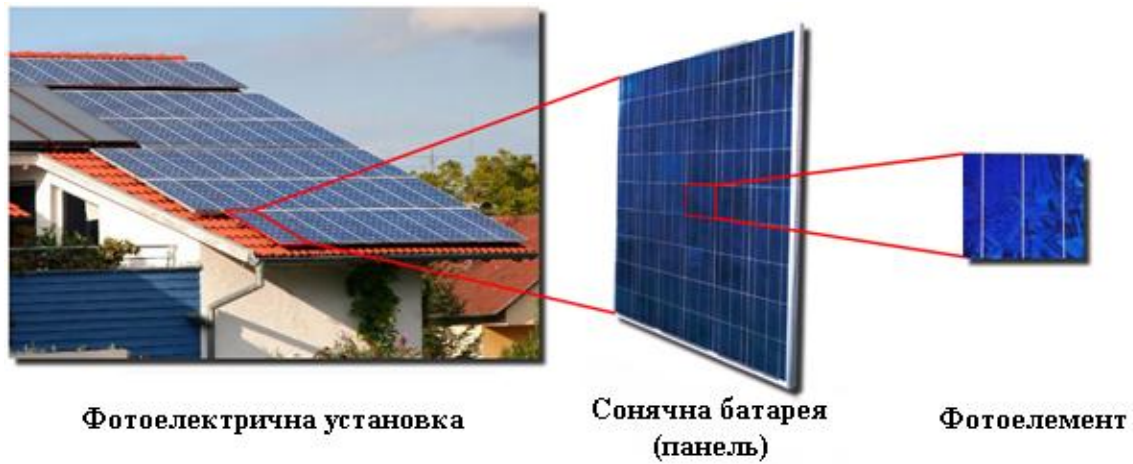


Рисунок 4.3 – Структура фотоелектричної установки

При оптимальному компонуванні устаткування ефективність сонячної системи біля 85 % вважається дуже гарною. На практиці можливі випадки, коли загальні втрати можуть досягати значень 25-30 % через погану якість обладнання або неправильний підбір елементів системи.

#### Розрахунковий аналіз енергозберігаючого заходу

Існує досить проста методика дозволяє розрахувати кількість електроенергії, що видається сонячною батареєю. Результат цього розрахунку дозволить отримати середнє значення кількості енергії, що виробляється сонячними панелями за рік. Щоб розрахуватися сонячної батареї скористаємося формулою,  $кВт \cdot год$

$$E = \frac{I \cdot K_0 \cdot V_{\text{модуля}} \cdot K_{\text{втр}}}{U_{\text{вироб}}}, \quad (4.16)$$

де  $I$  – сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню Землі в горизонтальній площині. Значення можна вибрати, скориставшись картою інтенсивності сонячної радіації (рис. 4.4),  $кВт \cdot год / м^2$ ;

						Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		78

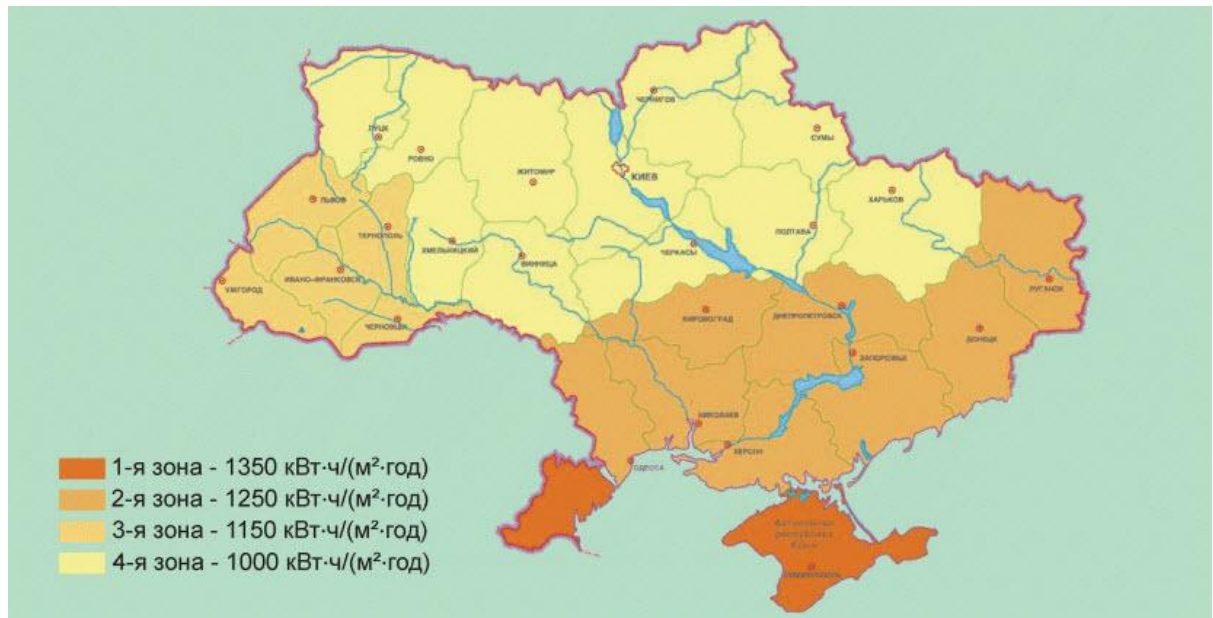


Рисунок 4.4 – Карта інтенсивності сонячної радіації України [31]

$K_0$  – поправковий коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора. Дані можна взяти з таблиці 4.9.

$V_{\text{модуля}}$  – номінальна потужність сонячної батареї, *кВт*; вказується в паспортних даних до модуля;

$K_{\text{втр}}$  – коефіцієнт, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні і передачі електроенергії;

$U_{\text{випроб}}$  – інтенсивність сонячної радіації, при якій фотоелектричні модулі випробуються, яка складає  $1000 \text{ Вт/м}^2$  ( $1 \text{ кВт/м}^2$ ).

Для впровадження енергозберігаючого заходу – встановлення геліопанелі для вироблення електричної енергії, яка частково перебере на себе електричне навантаження об'єкту, обираємо полікристалічну сонячну панель PLM-300P-72, що має такі характеристики [35]:

- номінальна потужність  $V_{\text{модуля}} = 300 \text{ Вт} = 0,3 \text{ кВт}$ ;
- напруга холостого ходу  $45,1 \text{ В}$ ;
- струм короткого замикання  $8,49 \text{ А}$ ;
- напруга при максимальній потужності  $38,08 \text{ В}$ ;

- струм при максимальній потужності 7,88 А;
- номінальна напруга 24 В;
- кут нахилу геліопанелі до горизонту 35°;
- габаритні розміри панелі  $h \times s \times \delta = 1956 \times 992 \times 40$  мм;
- маса геліопанелі 23,1 кг.

Таблиця 4.5 – Поправковий коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора [31]

**відхилення від південного напрямку**

		-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	
кут нахилу геліопанелі до горизонту	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	
	10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	
	15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10
	20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,01
	25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
	30	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
	35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13	1,08
	40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
	45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12
	50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11
	55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
	60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
	65	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
	70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
	75	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95
	80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,97	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Планується повне замощення геліопанелями даху виробничої будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ». При габаритних розмірах даху авиробничої будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ»  $a \times b = 58,5 \times 188,4$  м та з урахуванням кута нахилу геліопанелі 35° і технологічних відступів між рядами панелей (0,5 м) і між



панелями і межею даху (0,5 м), знайдемо кількість рядів та загальну кількість панелей:

$$n_1 = \frac{b - 2 \cdot 500 + l_{\text{техн}}}{l_{\text{техн}} + m} = \frac{58500 - 2 \cdot 500 + 500}{500 + 1602} = 27,6,$$

де  $m = h \cdot \cos 35^\circ = 1956 \cdot \cos 35^\circ = 1602$  мм – довжина горизонтальної проекції панелі;

$l_{\text{техн}}$  – технологічна відстань між рядами панелей; у першому наближенні задаємося відповідно до рекомендацій  $l_{\text{техн}} = 500$  мм.

Задаємося  $n_1 = 27$ , тоді середній технологічний відступ між рядами складе:

$$l_{\text{техн}} = \frac{b - 2 \cdot 500 - n_1 \cdot m}{n_1 - 1} = \frac{58500 - 2 \cdot 500 - 27 \cdot 1602}{27 - 1} = 548 \text{ мм} > 500 \text{ мм}.$$

Остаточно  $n_1 = 27$ .

Визначаємо кількість геліопанелей по довжині будівлі, врахувавши, що вони з'єднані у суцільний ряд та з урахуванням технологічних відступів біля краю будівлі у не менше 0,5 м

$$n_2 = \frac{a - 2 \cdot 500}{s} = \frac{188400 - 2 \cdot 500}{992} = 188,9.$$

Остаточно задаємося  $n_2 = 188$ .

Отже, загальна кількість модулів, які можна розмістити на даху виробничої будівлі ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» складе

$$n = n_1 \cdot n_2 = 27 \cdot 188 = 5076 \text{ шт.}$$

					Аркуш
					81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Номінальна потужність усіх модулів складе

$$N_{ном}^{заг} = V_{модуля} \cdot n = 300 \cdot 5076 = 1522800 \text{ Вт} = 1522,8 \text{ кВт}.$$

Кількість електричної енергії, яку можна виробити усіма модулями з урахуванням їх орієнтації (кут нахилу геліопанелі до горизонту  $35^\circ$ ; відхилення від південного напрямку  $45^\circ$ ), загальної кількості модулів  $n = 5076 \text{ шт}$ , поправкового коефіцієнту перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора згідно даних табл. 4.9  $K_0 = 1,08$  та коефіцієнту, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні і передачі електроенергії (для полікристалічних панелей)  $K_{втр} = 0,86$  за рік

$$E = \frac{1000 \cdot 1,08 \cdot 0,3 \cdot 0,86}{1} \cdot 5076 = 1414377 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

де  $I = 1000 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  – сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню Землі в горизонтальній площині; згідно рис. 2.9 для IV зони (м. Суми).

Згідно даних споживання електричної енергії досліджуваним об'єктом, за 2021 рік споживається  $3815500 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ . Отже, встановлення сонячних панелей на даху адміністративної дозволить зменшити зовнішнє електроспоживання на

$$\frac{1414377}{3815500} \cdot 100 \% = 37,1 \%$$

Для реалізації заходу знадобиться купити та встановити:

						Аркуш
						82
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– сонячну панель PLM-300P-72 вартість \$177 за 1 шт за умови купівлі від 10 шт. [36], або з урахуванням сучасного курсу 35,7 грн/\$ вартість панелі складе 6319 *грн/шт*, кількість панелей 5076 *шт*;

– мережевий інвертор Fronius IG Plus 100 V-3 потужністю 100 *кВт* вартістю 85905 *грн*; кількість інверторів 15 *шт*; [37]

– мережевий інвертор Fronius IG Plus 25 V-1 потужністю 25 *кВт* вартістю 42800 *грн*; кількість інверторів 1 *шт*; [37]

– монтажну систему (каркас) загальною вартістю 1500000 *грн*;

– кабель для монтажу сонячних панелей 10800 *м* вартістю 500000 *грн*;

– автоматичні вимикачі загальною вартістю 245000 *грн*;

– вартість монтажу та пуско-налаштувальних робіт складе 1500000 *грн*.

Отже, загальні капіталовкладення складуть:

$$K = 6319 \cdot 5076 + 15 \cdot 85905 + 42800 + 1500000 + 500000 + 245000 + 1500000 = 37151619 \text{ грн.}$$

Економічний ефект може бути значно суттєвішим, якщо електричну енергію, вироблену сонячними панелями, продавати в мережу за «зеленим тарифом» для станцій потужністю більше 30 *кВт*, який на даний час складає  $T_{зел} = 6,55 \text{ грн} // (\text{кВт} \cdot \text{год})$  [38], а споживати струм з мережі, який закупляти у держави за звичайним тарифом для підприємств, який на даний момент складає  $T_{e.e} = 3,53 \text{ грн} // (\text{кВт} \cdot \text{год})$  з ПДВ. У результаті, матимемо економічний ефект у розмірі:

$$E = (T_{зел} - T_{e.e}) \cdot E = (6,55 - 3,53) \cdot 1414377 = 4271419 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності заходу складе

					Аркуш
					83
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$T = \frac{K}{E} = \frac{37151619}{4271419} = 8,7 \text{ років.}$$

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною вище для енергозберігаючого заходу: встановлення сенсорного обладнання у систему водопостачання.

Витрати на впровадження заходу становлять 37151619 грн. Річна економія становить 4271419 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 12-18 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проєкт – 8-12 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проєкту – 25 років (відповідно до рекомендацій виробника геліопанелей).

Таблиця 4.10 – Оцінка NPV

Рік	Інвестиції І (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн	NPV
0	-37151619	-37151619		1		
1	0	4271419	-32880200	0,909	3883108	-33268511
2	0	4271419	-28608781	0,826	3530098	-29738412
3	0	4271419	-24337362	0,751	3209180	-26529232
4	0	4271419	-20065943	0,683	2917437	-23611796
5	0	4271419	-15794524	0,621	2652215	-20959580

Продовження табл. 4.10

Рік	Інвестиції І (капітальні витрати)	Вигоди Д (дохід)	Чистий грошовий потік $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, <i>грн</i>	NPV
6	0	4271419	-11523105	0,564	2411105	-18548476
7	0	4271419	-7251686	0,513	2191913	-16356562
8	0	4271419	-2980267	0,467	1992648	-14363914
9	0	4271419	1291152	0,424	1811499	-12552415
10	0	4271419	5562571	0,386	1646817	-10905598
11	0	4271419	9833990	0,350	1497106	-9408492
12	0	4271419	14105409	0,319	1361006	-8047486
13	0	4271419	18376828	0,290	1237278	-6810208
14	0	4271419	22648247	0,263	1124798	-5685410
15	0	4271419	26919666	0,239	1022544	-4662866
16	0	4271419	31191085	0,218	929585	-3733281
17	0	4271419	35462504	0,198	845077	-2888204
18	0	4271419	39733923	0,180	768252	-2119952
19	0	4271419	44005342	0,164	698411	-1421540
20	0	4271419	48276761	0,149	634919	-786621
21	0	4271419	52548180	0,135	577199	-209422
22	0	4271419	56819599	0,123	524727	315305
23	0	4271419	61091018	0,112	477024	792329
24	0	4271419	65362437	0,102	433658	1225987
25	0	4271419	<b>69633856</b>	0,092	394235	<b>1620222</b>
	<b>IRR</b>	<b>10,6 %</b>			<b>38771841</b>	

$$NPV = 38771841 - 37151619 = 1620222 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ ,

						Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.9 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за 22 роки. Чистий дохід проекту складає 69633856 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 1620222 грн.

Розраховуємо індекс дохідності, який буде дорівнювати

$$PI = \frac{38771841}{37151619} = 1,04.$$

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

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR = 10,6 % (таблиця 4.10).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP

$$PP = 21 + \frac{0 - (-209422)}{524727} = 21,4 \text{ року.}$$

Таблиця 4.11 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	37151619
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	4271419
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	1620222
2.3	Індекс дохідності	1,04
2.4	Внутрішня норма доходності, %	10,6
2.5	Дисконтований термін окупності, років	21,4

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, але його не можна віднести до швидкоокупних.

#### 4.2.4 Впровадження багатотарифних лічильників електричної енергії

У зв'язку із цілодобовим режимом роботи об'єкту доцільно використовувати багато-, а точніше двохзонний лічильник електричної енергії НІК 2303 АРЗТ.1000.МЕ. Економія полягає у зменшенні тарифу у нічний час (з 23:00 до 7:00) на 50 % до 1,765 грн/(кВт\*год). У інший час тариф є повним та складає 3,53 грн/(кВт\*год).

Можемо розрахувати зменшення оплати за електричну енергію (економію ЕЗЗ), вважаючи, що споживання протягом року є майже рівномірним та протягом доби у нічну зміну складає 0,6 середньодобового споживання, що пояснюється додатковим використанням освітлення.

Економія від застосування енергозберігаючого заходу за рік складе

$$\Delta E = 3815,5 \cdot 3,53 - (3815,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 + 3815,5 \cdot 0,4) \cdot 3,53 = 4041 \text{ тис. грн / рік.}$$

Вартість такого лічильника складе 24083 грн.

Необхідна кількість лічильників, що можуть пропустити розрахункову потужність 3815,5 тис. кВт\*год/рік

$$n = \frac{P}{24 \cdot 365 \cdot I \cdot U} = \frac{3815,5 \cdot 10^6}{24 \cdot 365 \cdot 100 \cdot 380} \approx 11,5 \text{ шт.},$$

						Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $I$  – сила струму, що приходить на один лічильник.

Задаємося кількістю лічильників  $z = 12$  шт.

З урахуванням вартості монтажу, допоміжних монтажних матеріалів, послуг енергетичної компанії (дозвільна документація, проект тощо), які задаємося як 200 % вартості лічильника, загальні капітальні витрати ЕЗЗ складуть

$$K = z \cdot n \cdot 3 \cdot C_{\text{ліч.}} = 12 \cdot 3 \cdot 24083 = 866988 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності енергозберігаючого заходу

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{866988}{4041 \cdot 10^3} = 0,21 \text{ року.}$$

Енергозберігаючий захід є надшвидко окупний.

Витрати на впровадження заходу становлять 866988 грн. Річна економія становить 4041000 грн.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

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

Термін впровадження заходу 2-4 дні.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проект – 2-4 чоловіки.

Тривалість життєвого циклу проекту – 20 років (ресурс роботи лічильника).

						Аркуш
						88
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Таблиця 4.12 – 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	-866988	-866988		1		
1	0	4041000	3174012	0,909	3673636	2806648
2	0	4041000	7215012	0,826	3339669	6146318
3	0	4041000	11256012	0,751	3036063	9182381
4	0	4041000	15297012	0,683	2760057	11942438
5	0	4041000	19338012	0,621	2509143	14451581
6	0	4041000	23379012	0,564	2281039	16732620
7	0	4041000	27420012	0,513	2073672	18806292
8	0	4041000	31461012	0,467	1885156	20691449
9	0	4041000	35502012	0,424	1713778	22405227
10	0	4041000	39543012	0,386	1557980	23963208
11	0	4041000	43584012	0,350	1416346	25379554
12	0	4041000	47625012	0,319	1287587	26667141
13	0	4041000	51666012	0,290	1170534	27837674
14	0	4041000	55707012	0,263	1064122	28901796
15	0	4041000	59748012	0,239	967383	29869179
16	0	4041000	63789012	0,218	879439	30748619
17	0	4041000	67830012	0,198	799490	31548109
18	0	4041000	71871012	0,180	726809	32274918
19	0	4041000	75912012	0,164	660736	32935654
20	0	4041000	<b>79953012</b>	0,149	600669	<b>33536323</b>
	<b>IRR</b>	<b>466,1 %</b>			<b>34403311</b>	

$$NPV = 34403311 - 866988 = 33536323 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ ,

						Аркуш
						89
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним. З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також, з таблиці 4.12 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається менше ніж за рік. Чистий дохід проекту складає 79953012 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 33536323 грн.

Розраховуємо індекс доходності, який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{34403311}{866988} = 39,68.$$

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

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR= 466,1 % (таблиця 4.12).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект рекомендується до впровадження.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 0 + \frac{0 - (-866988)}{3673636} = 0,24 \text{ року.}$$

Таблиця 4.13 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	Капітальні вкладення, грн	866988
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	4141000
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	33536323
2.3	Індекс доходності	39,68
2.4	Внутрішня норма доходності, %	466,1
2.5	Дисконтований термін окупності, років	0,24

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.

						Аркуш
						91
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була виробнича частина будівлі, що належить ПАТ «ТЕХНОЛОГІЯ» та знаходиться за адресою: 40031, Сумська область, м. Суми, просп. Курський, 147А.

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

Обстеження будівлі та результати вимірювань показали неефективність теплової ізоляції даху будівлі, а також наявність низькоефективної прямотечійної припливно-витяжної системи вентиляції. Через значні тепловтрати через огорожувальні конструкції та з припливним повітрям температура у приміщеннях інколи знижується нижче нормованих значень. Існуюча система електропостачання у будівлі працює за одним тарифом. Однак підприємство працює у дві зміни, тому у нічні часи можна зекономити за рахунок переходу на більш дешевий нічний тариф. Також у роботі запропоновано та проаналізовано сонячних панелей з подальшим переходом на «зелений тариф». Геліопанелі рекомендується встановити на даху промислової частини будівлі та не займати окремої території підприємства.

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

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції. Капітальні затрати на впровадження заходу – 52084 грн, економія – 89819 грн, термін окупності – 0,58 року; дисконтований термін окупності – 0,64 року; проєкт рекомендується до реалізації;

- утеплення даху. Капітальні затрати на впровадження заходу – 6613800 грн, економія – 1231770 грн, термін окупності – 5,4 року;

						Аркуш
						92
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дисконтований термін окупності – 8,08 року; проєкт рекомендується до реалізації;

- встановлення геліопанелей для вироблення електричної енергії. Капітальні затрати на впровадження заходу – 37151619 грн, економія – 4271419 грн, термін окупності – 8,7 року; дисконтований термін окупності – 21,4 року; проєкт не рекомендується до реалізації;

- впровадження багатотарифних лічильників електричної енергії. Капітальні затрати на впровадження заходу – 866988 грн, економія – 4041000 грн, термін окупності – 0,21 року; дисконтований термін окупності 0,24 року; проєкт рекомендується до реалізації.

Запропоновані проєкти енергозберігаючих заходів: встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції і впровадження багатотарифних лічильників електричної енергії мають дуже короткі терміни окупності, навіть з урахуванням ставки дисконту, що складає 10 %, тому всі вони рекомендуються до впровадження. Також можна рекомендувати до впровадження енергозберігаючий захід утеплення даху. Стосовно встановлення геліопанелей, то дисконтований термін окупності заходу знаходиться на межі тривалості життя проєкту, а тому рекомендувати таких захід до впровадження є не доцільним.

						Аркуш
						93
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. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://gualapackgroup.com>.
3. [Шевцов А. І. Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні [Текст] : Аналітична доповідь / А. І. Шевцов, В. О. Бараннік, М. Г. Земляний та ін. – Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень у м. Дніпропетровську. – Дніпропетровськ, 2010. – 66 с.
4. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://technologia.com.ua/>
5. [Електронний інтернет-ресурс] : [https://paroc.kiev.ua/minvata\\_dlya\\_betonnyh\\_sendvich\\_paneley](https://paroc.kiev.ua/minvata_dlya_betonnyh_sendvich_paneley)
6. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 08.07.16. – К: Державне підприємство «Укрархбудінформ». – 2016. – 30 с.
7. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://www-ru.korado.com/produkty/radik.html> Опалювальна панель типу Radik.
8. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://docplayer.ru/74335328-Wessex-modumax-kotly-serii-200.html> Wessex ModuMax. Котлы серии 200. Котлы обыкновенные и конденсатные. Инструкция по установке, вводу в эксплуатацию и обслуживанию.
9. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://cms.esi.info/Media/documents/Hamworthy.WessexModuMax>.
10. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://tgp.net.ua/gazovoe-oborudovanie/schetchiki-gaza/kurs-01-g250a-150.html>. Ультразвуковой счетчик газа КУРС-01-G250A DN150.

						Аркуш
						94
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

11. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://galychenergo.prom.ua/p662558771-lichilnik-elektroenergiyi-trifaznij.html>  
Лічильник електричної енергії типу НІК.
12. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://amperia.com.ua/p527322571-schetchik-nik-2303.html>
13. [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.
14. [Електронний інтернет-ресурс] : [http://teplosvitlviv.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=951](http://teplosvitlviv.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=951) Лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.
15. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/prom/> Тарифы на електроенергію для підприємств.
16. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/prom/2022-01-01/> Тарифы на газ для підприємств.
17. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/water/> Тарифы на водоснабжение и водоотвод.
18. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://zapadpribor.com/minitemp-nt2/> Лазерний пірометр MiniTemp.
19. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-605-h1/p/0560-6053> Термоанімометр Testo 605-H1.
20. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://prom.ua/Ruletki>
21. 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.
22. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
23. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с.

						Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

25. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/standards-interpretations/interpretations-for-standard-62-1-2004>

26. 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.

27. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://prana.org.ua/characteristics> Рекуператор ПРАНА.

28. 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.

29. ТОВ «ЕКОТЕРМ ППУ» [Електронний ресурс]: «Цены по напылению пенополиуретана». – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.teploizolyacia.com.ua/tseny>.

30. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://solarsoul.net/solnechnaja-batareya>. Что такое солнечная батарея.

31. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://solarsoul.net/raschet-solnechnoj-batarei>. Расчет средней производительности солнечной батареи.

32. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://solarb.ru/kak-vybrat-solnechnye-paneli-i-chem-oni-otlichayutsya>. Как выбрать солнечные панели и чем они отличаются.

33. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://solarb.ru/solnechnye-paneli-i-ikh-vidy>. Солнечные панели и их виды.

						Аркуш
						96
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



34. [Електронний інтернет-ресурс] : [http://solar-energy.kiev.ua/ru/solnechnie\\_batarei/solnechnie\\_paneli.html](http://solar-energy.kiev.ua/ru/solnechnie_batarei/solnechnie_paneli.html). Солнечные батареи.

35. [Електронний інтернет-ресурс] : [http://solar-energy.kiev.ua/ru/solnechnie\\_batarei/solnechnie\\_paneli\\_plm/colnechnaja\\_batareja\\_\\_panel\\_\\_alm\\_300vt\\_\\_24v\\_\\_polikristallicheskaja.html](http://solar-energy.kiev.ua/ru/solnechnie_batarei/solnechnie_paneli_plm/colnechnaja_batareja__panel__alm_300vt__24v__polikristallicheskaja.html). Сонячна панель PLM-300P-72.

36. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://solar.biz.ua/ua/sonyachni-batareji/sonyachni-batareji/sonyachna-batareya-panel-300vt-24v-polikristalichna-plm-300p-72-perlight-solar.html>

37. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://best-energy.com.ua/product/inverter/fronius/agilo>

38. <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2021/12/30/681108/>

39. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://studfile.net/preview/7663135>

40. Організація навчання працівників, проведення та оформлення інструктажу з охорони праці на підприємстві  
[https://stud.com.ua/596/bzhd/organizatsiya\\_navchannya\\_pratsivnikiv\\_provedenny\\_a\\_oformlennya\\_instruktazhu\\_ohoroni\\_pratsi\\_pidpriyemstvi](https://stud.com.ua/596/bzhd/organizatsiya_navchannya_pratsivnikiv_provedenny_a_oformlennya_instruktazhu_ohoroni_pratsi_pidpriyemstvi)

						Аркуш
						97
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК А

### Охорона праці

Навчання працівників безпечних способів праці.  
зміст та види інструктажів, хто і коли їх проводить

Навчання інженерно-технічних працівників і службовців проводиться відповідно до ДНАОП 0.00-4.12-99 «Типове положення про навчання з питань охорони праці».

Навчанню з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці підлягають всі працівники підприємства, у тому числі її керівник.

Навчання працівників повинно передбачати:

а) навчання посадових осіб і робітників у науково-інформаційних центрах і навчальних закладах, з дозволу Держнаглядохоронпраці на такі навчання;

б) навчання працівників при підготовці, перепідготовці або отриманні нової професії та підвищенні кваліфікації в навчальному закладі;

в) спеціальне навчання працівників, виконуючих роботу з підвищеною небезпекою;

г) підвищення кваліфікації фахівців на курсах, семінарах, у науково-інформаційних центрах та навчальних закладах;

д) усі види інструктажів з охорони праці. [39]

Відповідальність за організацію і своєчасне навчання з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці працівників організації несе роботодавець.

Основною формою навчання з охорони праці працівників робітничих професій є проведення інструктажу з охорони праці: вступного, первинного на робочому місці, повторного, позапланового, цільового.

						Аркуш
						98
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Вступний інструктаж з охорони праці проводить інженер з охорони праці або фахівець, що його замінює. Вступний інструктаж проводиться за програмою, розробленою на підставі законодавчих та інших нормативних правових актів України. Мета вступного інструктажу – ознайомити працівника із загальними правилами та вимогами охорони праці, що містяться в локальних нормативних актах підприємства.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться до початку самостійної роботи керівником структурного підрозділу за програмою, розробленою і затвердженою в установленому порядку відповідно до вимог законодавчих та інших нормативних актів з охорони праці, локальних нормативних актів підприємства, інструкціями з охорони праці, технічної та експлуатаційної документації. Мета цього інструктажу – вивчення конкретних вимог і правил забезпечення безпеки при роботі на конкурентному обладнанні, при виконанні конкретного технологічного процесу.

Всі робочі після первинного інструктажу на робочому місці повинні в залежності від характеру роботи та кваліфікації пройти протягом 2-4 змін стажування під керівництвом особи, призначеної наказом (розпорядженням) по структурному підрозділу. Робочі допускаються до самостійної роботи після стажування, перевірки знань і набутих навичок безпечних способів роботи.

Працівники, які не пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням, випробуванням, налагодженням, ремонтом обладнання, використанням електрифікованого чи іншого інструменту, зберіганням і застосуванням сировини і матеріалів, можуть звільнитися від проходження первинного інструктажу на робочому місці.

Повторний інструктаж проводиться з усіма працівниками (за винятком тих, хто звільняється) не рідше одного разу на шість місяців за програмами, розробленими для проведення первинного інструктажу на робочому місці.

						Аркуш
						99
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для робіт підвищеної небезпеки повторний інструктаж проводиться один раз на квартал. Мета цього інструктажу – відновлення в пам'яті працівника правил охорони праці, а також розбір мають місце порушень вимог безпеки в практиці виробничого підрозділу або підприємства.

Позаплановий інструктаж проводиться:

- при введенні в дію нових або зміну законодавчих та інших нормативно-правових актів, що містять вимоги охорони праці, а також інструкцій з охорони праці;
- при зміні технологічних процесів, заміни та модернізації устаткування, пристосувань, інструменту та інших факторів, що впливають на безпеку праці;
- при порушенні працівниками вимог охорони праці, якщо ці порушення створили реальну загрозу настання тяжких наслідків (нещасний випадок на виробництві, аварії тощо);
- на вимогу посадових осіб органу державного нагляду і контролю;
- при перервах у роботі (для робіт із шкідливими або небезпечними умовами більше 30 календарних днів, а для решти робіт – понад двох місяців);
- за рішенням роботодавця або уповноваженої ним особи.

Цільовий інструктаж проводиться при виконанні разових робіт, при ліквідації наслідків аварій, стихійних лих і робіт, на які оформляється наряд-допуск, дозвіл або інші спеціальні документи, а також при проведенні в організації масових заходів.

Перевірку знань, отриманих при інструктажі, здійснює фахівець, який проводив інструктаж. Про проведення зазначених інструктажів, стажуванні, про допуск до роботи особа, яка проводила інструктаж та стажування, робить запис у журналі реєстрації інструктажів та (або) в особистій картці інструктували з обов'язковим підписом інструктували та інструктуючого. При реєстрації позапланового інструктажу вказують причину його

						Аркуш
						100
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

проведення. Цільовий інструктаж з працівниками, що проводять роботи по наряду-допуском, дозволом (передбачені для окремих видів робіт підвищеної небезпеки), фіксується в обов'язковому порядку в наряді-допуску, дозвіл або іншому документу, що дозволяє виробництво робіт.

Інструкція з охорони праці – нормативний акт, що встановлює вимоги з охорони праці при виконанні робіт у виробничих приміщеннях, на території підприємства, на будівельних майданчиках та в інших місцях, де виробляються ці роботи або виконуються службові обов'язки.

Інструкції з охорони праці можуть бути міжгалузеві і галузеві типові і для працівників підприємств, ділянок і конкретного робочого місця.

У інструкцію з охорони праці рекомендується включати наступні розділи:

1. загальні вимоги охорони праці;
2. вимоги охорони праці перед початком роботи;
3. вимоги охорони праці під час роботи;
4. вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях;
5. вимоги охорони праці після закінчення роботи.

При необхідності в міжгалузеву або галузеву типову інструкцію з охорони праці можна включати інші розділи.

Міжгалузеві та галузеві типові інструкції з охорони праці направляються для розгляду та узгодження у відповідні профспілкові органи.

Міжгалузеві типові інструкції з охорони праці затверджуються профільним міністерством, а галузеві – органами виконавчої влади за погодженням з профільним міністерством.

Терміни дії міжгалузевих і галузевих типових інструкцій з охорони праці встановлюються з урахуванням строків дії відповідних правил з охорони праці.

Інструкція з охорони праці для працівника розробляється на основі міжгалузевих або галузевих типових інструкцій з охорони праці (а за їх

						Аркуш
						101
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

відсутності – міжгалузевих або галузевих правил з охорони праці), вимог безпеки, викладених в експлуатаційній та ремонтній документації організацій-виробників устаткуванням також у технологічній документації організації з урахуванням конкретних умов виробництва. Ці вимоги формулюються стосовно до посади, професії працівника або виду виконуваної роботи.

Інструкції для працівників розробляються керівниками структурних підрозділів під контролем служби охорони праці підприємства. Інструкції затверджуються керівником підприємства після узгодження з відповідним виборним профспілковим органом та службою охорони праці.

Роботодавець забезпечує розробку та затвердження інструкцій з охорони праці для працівників з урахуванням викладеного в письмовому вигляді думки виборного профспілкового чи іншого уповноваженого працівниками органу. Колективним договором, угодою може бути передбачено прийняття інструкцій з охорони праці за погодженням з представницьким органом працівників.

Для впроваджуються в дію нових і реконструйованих виробництв допускається розробка тимчасових інструкцій з охорони праці для працівників, які забезпечують безпечне ведення технологічних процесів (робіт) і безпечну експлуатацію обладнання. Вони розробляються на строк до приймання зазначених виробництв в експлуатацію.

Перевірку та перегляд інструкцій з охорони праці працівників організовує роботодавець не рідше одного разу на п'ять років.

Інструкції з охорони праці для працівників можуть достроково переглядатися:

- при перегляді міжгалузевих і галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці;
- при зміні умов праці працівників;
- при впровадженні нової техніки і технології;

						Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- за результатами аналізу матеріалів розслідування аварій, нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- на вимогу представників органів охорони праці суб'єктів господарювання.

Якщо протягом терміну дії інструкції з охорони праці для працівника умови його праці не змінилися, то її дія автоматично продовжується на наступний термін.

Інструкції працівникам можуть бути видані на руки під розписку в особистій картці інструктажу для вивчення при первинному інструктажі, або вивішені на робочих місцях або ділянках, або зберігається в іншому місці, доступному для працівників.

#### Навчання працівників робітничих професій з охорони праці

Роботодавець зобов'язаний організувати протягом місяця після прийому на роботу працівника робітничої професії навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт.

Роботодавець забезпечує навчання осіб, прийнятих на роботу із шкідливими і (або) небезпечними умовами праці, безпечних методів і прийомів виконання робіт зі стажуванням на робочому місці і здачею іспитів, а в процесі трудової діяльності – проведення періодичного навчання з охорони праці і перевірки знань вимог охорони праці.

Роботодавець організовує проведення періодичного, не рідше одного разу на рік, навчання працівників робітничих професій надання першої допомоги потерпілим.

Перевірку теоретичних знань вимог охорони праці та практичних навичок безпечної роботи працівників робітничих професій проводять безпосередні керівники робіт в обсязі знань вимог правил та інструкцій з охорони праці, а при необхідності – в обсязі знань безпеки та охорони праці.

#### Навчання керівників і фахівців з охорони праці

						Аркуш
						103
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Керівники та фахівці підприємства проходять спеціальне навчання з охорони праці в обсязі посадових обов'язків при вступі на роботу протягом першого місяця, далі – за необхідності, але не рідше одного разу на три роки.

Новопризначені на посаду керівники та фахівці підприємства допускаються до самостійної діяльності після їх ознайомлення роботодавцем з посадовими обов'язками, в тому числі з охорони праці на ввірених їм об'єктах.

У процесі навчання з охорони праці керівників і фахівців проводяться лекції, семінари, співбесіди, індивідуальні або групові консультації, ділові ігри, можуть використовуватися елементи самостійного вивчення програми, а також дистанційне навчання.

Навчання з охорони праці керівників і фахівців підприємств здійснюється при підвищенні їх кваліфікації за фахом.

Керівники та спеціалісти підприємств проходять чергову перевірку знань вимог охорони праці не рідше одного разу на три роки.

Для проведення перевірки знань вимог охорони праці у працівників на підприємстві наказом роботодавця створюється комісія з перевірки знань вимог охорони праці у складі не менше трьох осіб, які пройшли навчання з охорони праці у встановленому порядку. [40]

						Аркуш
						104
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		