

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: « Підвищення рівня теплозабезпечень будівель ТОВ

«ГУАЛОПАК «Україна »

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Скляр Б.В.

(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

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

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

(підпис)

Сапожніков С.В.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2021

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
прикладної

гідроаеромеханіки

_____ Ковальов І.О.
_____” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

_____ Скляр Б.В. _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Підвищення рівня теплозабезпечень будівель ТОВ
«ГУАЛЮПАК «Україна»»

затверджена наказом по університету №0169 від “09” квітня 2021 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до “08” червня 2021 р.

3 Вихідні дані до роботи: будівельна та проектна документація об'єкта енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1. **Характеристика об'єкта енергетичного обстеження** (опис дійсного стану систем енергопостачання об'єкта; опис приладів обліку енергоносіїв на об'єкті; представлення результатів інструментального обстеження та їх аналіз; висновки).

2. **Комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження** (аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; Порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними; основні положення методики розрахункового аналізу; представлення результатів розрахунку; висновки).

3. **Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозберіжних заходів** (характеристика розроблених заходів з енергозбереження та умов їх запровадження; представлення результатів розрахунку; висновки).

Висновки (загальна характеристика отриманих результатів за кожним етапом виконаної роботи)

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень або плакатів)

1. Енерготехнологічна схема об'єкта
2. Комплексний аналіз рівня енергоефективності
3. Результати розрахункового аналізу
4. Техніко-економічний аналіз енергозберіжних заходів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково- пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	05.04-11.04.21	
2	Характеристика об'єкта енергетичного обстеження	12.04-18.04.21	
3	Інструментальне обстеження	лютий-травень	
4	Комплексний аналіз обстежуваної системи енергопостачання	19.04-16.05.21	
5	Розробка можливих енергозбережних заходів	17.05-30.05.21	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	31.05-03.06.21	
7	Оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічних матеріалів	04.06-07.06.21	
8	Здача роботи на перевірку	08.06.21	
9	Доопрацювання зауважень	до 13.06.21	
10	Захист роботи	14.06-19.06.21	

Дата видачі завдання “ 05 “ квітня 2021 р.

Студент _____
(підпис)

Скляр Б.В.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сапожніков С.В.
(Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 60 с., 10 таблиць, 10 рисунків, 1 додаток, 34 літературних джерел.

Мета роботи: енергетичне обстеження і надання рекомендацій по теплозабезпеченню будівель.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження, загальні відомості і опис стану об'єкта;
- комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження;
- техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є можливі заходи по утепленню і теплоізоляції будівлі ТОВ «ГУАЛПАК «Україна»

Об'єктом є підвищення рівня теплозабезпечень будівель в ТОВ «ГУАЛПАК «Україна»

Методи дослідження: інструментальне вимірювання температури по приміщенням, економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

Тема роботи – «Підвищення рівня теплозабезпечень будівель ТОВ «ГУАЛПАК «Україна»

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	10
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	11
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	11
1.3.1 Система опалення	12
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система вентиляції.....	13
1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв	14
1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	15
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	15
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	15
1.6 Висновки за розділом.....	15
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	17
2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води	17
2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	17
2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	18
2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	20
2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності	20

					6.144.03 ВР 00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Скляр				Підвищення рівня теплозабезпечень будівель ТОВ «ГУАЛОПАК «Україна»	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Сапожніков					5	67	
Н. контр.	Сапожніков					СумДУ ЕМ71-9		
Затв.								

2.2.2	Визначення рівня величин енергетичних показників	21
2.3	Аналіз енергетичного балансу	26
2.4	Висновки за розділом.....	30
3.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ	33
3.1	Опис можливих енергозбережних заходів	33
3.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	35
3.3	Висновки за розділом.....	46
	ВИСНОВКИ.....	47
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
	Додаток-А Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	49

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Питання ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) останнім часом стає дедалі актуальнішим задля забезпечення енергетичної незалежності України. Щороку наша держава імпортує близько 50 % ПЕР від загального обсягу їх споживання, що в свою чергу зумовлює вагомому залежність від країн-експортерів. При цьому, прогнозовані значення потенціалу енергозбереження для України сягають 42-48 % від сумарного обсягу споживаних ПЕР.

Досягти підвищення ефективності використання енергії в будівлях можливо за рахунок впровадження енергоефективних заходів або комплексних проектів термомодернізації, реалізація яких, потребує залучення коштів. Окрім підвищення ефективності використання енергії, впровадження енергоефективних заходів дозволяє покращити умови всередині будівлі, підвищити рівень комфорту, збільшити строк експлуатації конструкцій будівлі, покращити зовнішній вигляд будівлі тощо. Визначення необхідного переліку енергоефективних заходів для конкретної будівлі потребує виявлення особливостей такої будівлі, стану її зовнішньої оболонки, інженерних систем та визначення показників споживання енергії. Правильно розроблений та спланований перелік заходів дозволить в майбутньому досягти найвищих показників економії енергії та ефективності використання коштів залучених на їх реалізацію [1].

З метою встановлення єдиного підходу до оцінки стану будівлі, її інженерних систем, визначення показників споживання енергії та оптимального переліку заходів, що мають бути впроваджені в будівлі для приведення її до рівня мінімальних вимог з енергоефективності на законодавчому рівні було запроваджено сертифікацію енергетичної ефективності будівель. Окрім того, така сертифікація забезпечує інформування відвідувачів, працівників про енергетичні показники будівлі, та

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

сприяє формуванню відповідального ставлення до збереження енергоресурсів. 22 червня 2017 року ВРУ прийняла закон «Про енергетичну ефективність будівель» [2]. Відповідно до його положень встановлюється цілий перелік будівель об'єктів будівництва та будівель для яких запроваджує обов'язкову сертифікацію з 01 липня 2019 року.

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єкт – офісна будівля, яка розташована по вул. Курський проспект, 174/4. Будівля була споруджена у 2014 році.

Будівля характеризується масивною конструкцією і займає 4 поверхи. Будівля має прямокутну форму із розмірами 37 м на 26 м, площа забудови 962 м², опалювальна площа будівлі 2850 м², опалювальний об'єм 7692 м³ висота 9.9 метрів, кількість працівників складає 68 чоловік [3].

Будівля має автономну систему теплопостачання, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система комбінована зі штучною циркуляцією теплоносія.

Зовнішні стіни виконані із залізобетону 300 мм, оштукатурені ззовні та з середини розчином 15 та 20 мм. На зовнішніх стінах не виявлені ушкодження на конструкційному матеріалі та штукатурці. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (проведення теплоізоляції) на зовнішніх стінах не проводилися раніше.

Наявні вікна і двері мають ПВХ раму з подвійним заскленням.

Покрівля над приміщеннями плоска. Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм. перекриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, утепленої шаром керамзиту 150 мм.

Фундамент виконано з монолітної залізобетонної плити завтовшки 220 мм, цоколь облицьований плиткою, завтовшки 5 мм, на бетонній стяжці товщиною 20 мм. Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлоги не проводилися раніше.

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Інформація щодо споживання енергетичних ресурсів була отримана від керівництва та надана за (2018-2020) роки. Отриманий набір даних містить інформацію про фактичне споживання енергії, а також про тарифи та фактичні витрати. Дані були проаналізовані та підсумовані для кожного з джерел енергії у таб. 1.1.

Таблиця 1.1 – Річне споживання енергоносіїв

Рік	Споживання газу на опалення, м ³	Витрати на харчблок, кВт*год	Електроенергія, кВт*год
2018	32371	314	57562
2019	33427	366	49908
2020	31944	341	50126
Нормалізоване (середнє)	32580	340	52532

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Як вже було згадано раніше, будівля отримує тепло з автономної системи теплопостачання. Обстежуваний об'єкт має модульну котельню, котел МЕ-4,0/1,4ГМ потужністю 2360МВт на газовому паливі, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система опалення – двотрубна з верхнім розподілом теплового носія. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Опалювальні прилади - радіатори типу МС-140.

					Аркуш
					10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені з чугуна. Встановлені в будівлі радіатори чугунні панельні. Усі вони без встановлених термостатичних регуляторів [4]. Протікання в радіаторах під час проведення дослідження не виявлено. Клапани в котельній в задовільному стані. Розширювальний резервуар використовується. Регулювання температури теплоносія здійснюється в автоматичному режимі. Ознайомитись з компонентами опалювальної системи можна за рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Компоненти опалювальної системи

1.3.2 Система електроспоживання

Система освітлення в будівлі включає 1 тип освітлення - Флуоресцентні лампи Т8 в кількості 94 шт. загальною потужністю 1,4 кВт . Приклад показаний на рис. 1.2.

					Аркуш
					11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

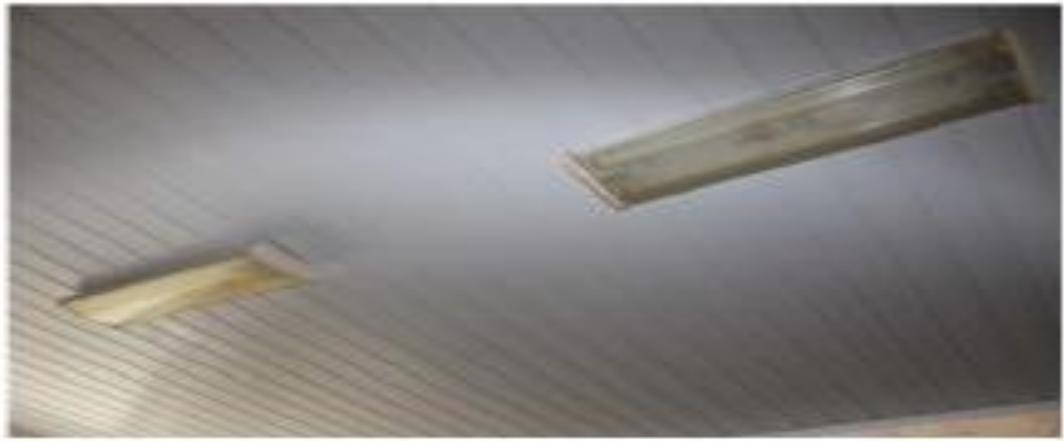


Рисунок 1.2 - Компоненти системи освітлення

1.3.3 Система вентиляції

У будівлі присутня природня і механічна система вентиляції. Установлено два двигуни SELEN 800DC продуктивність повітрообміну 910 м³/ч, статистичний тиск 0-780 Па, потужність вентилятора 270W,

Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та витягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю. Повітропроводи проходять у внутрішніх конструкції будівлі. Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційна установка в задовільному стані.

Ознайомитися з деякими компонентами системи вентиляції можна за рис. 1.3.

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 - Компоненти системи вентиляції

1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік споживання природного газу здійснюється лічильником газу типу «ВК-G4Т» рис 1.4 [5]. Термін повірки - 19 червня 2020 року. Лічильник встановлений в котельній.



Рисунок 1.4 – Лічильник газу типу «ВК-G4Т» [5]

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний рис. 1.5[6], термін повірки - 22 грудня 2020 року. Лічильник знаходяться в електрощитовій.

						Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Лічильник електричної енергії Меридиан СО Э-1.02/2 [6]

1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії

Тарифи на енергоносії ПДВ, згідно даних наданих на об'єкті енергетичного обстеження складають: природний газ – 9,66 грн/м³з; електрична енергія: 3,68 грн/ кВт·год;

1.4 Опис методів та приладів вимірювання

Дані про кількість спожитої теплової енергії і електроенергії були взяті з опитування працівників даного підприємства, а також із записів журналу обліку.

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 01.12.2020 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: - -1°C. Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням підприємства склала $T_{в} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам.
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 56^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 44^{\circ}\text{C}$.
- 3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил.

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.6 Висновки за розділом

В даному розділі розглядаються загальні відомості про об'єкт, здійснюється опис дійсного стану об'єкту, розглядається інформація про споживання енергетичних ресурсів за 2018-2020 роки. Здійснюється опис і характеристики системи опалення, системи електроспоживання і системи вентиляції. Розглядається систему обліку енергоносіїв, а також дійсні тарифи на вище вказані енергетичні ресурси. Проведено дослідження про споживання теплової енергії, за допомогою опитування працівників даного підприємства і даних із журналу обліку. Проведено аналіз результатів вимірювання.

						Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Величина обсягів споживання природного газу будівлею за 2018 – 2020 роки наведено в таб. 2.1. На рис. 2.1 приведена динаміка споживання природного газу будівлею за 2018 – 2020 роки.

Таблиця 2.1 - Величина обсягів споживання природного газу будівлею за 2018 – 2020 роки

Місяць	2018 рік, м ³	2019 рік, м ³	2020 рік, м ³
Січень	5218	5238	5171
Лютий	5561	5690	5466
Березень	4767	4739	4591
Квітень	3915	4197	3875
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	3198	3343	3159
Листопад	4295	4477	4384
Грудень	5417	5743	5298
Всього	32371	33427	31944

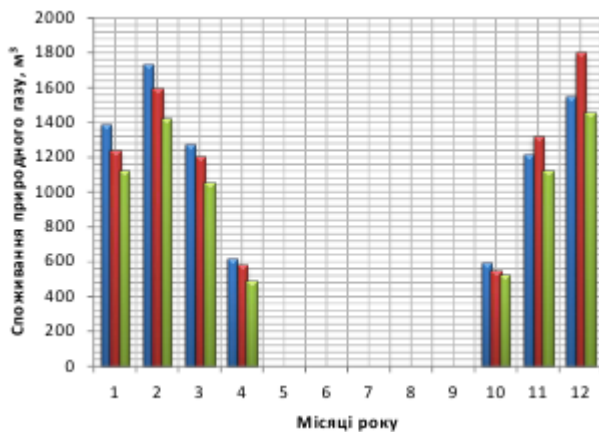


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання природного газу за 2018–2020 роки

З діаграми видно, що максимум споживання природного газу на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень.

2.1.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії по місяцям за 2018, 2019 і 2020 роки наведені в таб. 2.2. На рис. 2.2 приведена динаміка споживання електричної енергії за 2018, 2019 та 2020 роки.

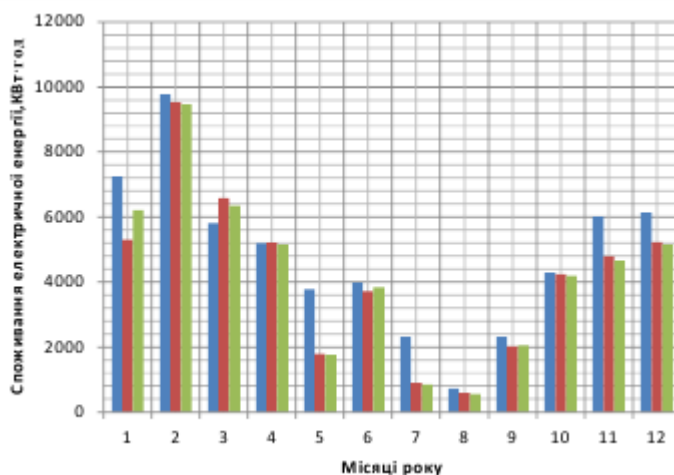


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання електричної енергії за 2018-2020 роки

Як видно з діаграми, кількість споживання електричної енергії у 2020 році менша ніж в 2019 році. Це можна пояснити тим, що в цей час були карантинні обмеження і персонал перебував на дистанційній формі роботи. В літні місяці рівень споживання електричної енергії зменшується. Це пояснюється тим, що в дану пору року соняний день триває довше чим в інші пори року[9].

Таблиця 2.2 – Обсяги споживання електричної енергії, кВт·год

Місяць	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	7240	5312	6214
Лютий	9776	9532	9456
Березень	5812	6588	6341
Квітень	5192	5208	5145
Травень	3768	1796	1756
Червень	3984	3716	3841
Липень	2316	892	858
Серпень	722	584	557
Вересень	2308	2024	2056
Жовтень	4284	4244	4189
Листопад	6020	4792	4658
Грудень	6140	5220	5145
Всього	57562	49908	50126

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

Згідно з ДБН В.2.6-31 для підприємств розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{в} = + 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Суми - $t_{з} = - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони - $D_d = 4000$ градусо-днів. Згідно з ДСТУ–Н Б В.1.1-27[10] тривалість опалювального періоду для м. Суми складає $z_{оп} = 187$ днів, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп з} = - 1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювання, розрахункова та корисна площі, опалюваний об'єм, а також форма, тип та орієнтація будівлі, необхідні для розрахунку енергетичного паспорту, визначались на основі проектних даних та фактичних вимірів. Будинок має прямокутну форму в плані, розмірами в осях 37м x 26 м.

Головним фасадом орієнтована на північних схід. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 9,9 м. У будинку передбачено дві сходові клітки. Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, площа опалювання, опалюваний об'єм, а також форма, тип та орієнтація будівлі, необхідні для розрахунку енергетичного паспорту, визначались на основі проектних даних та фактичних вимірів[11].

Основні об'ємно-планувальні показники: Опалювальна площа будівлі – $F_h = 2850 \text{ м}^2$, визначається як площа поверхів, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни. В опалювальну площу будинку не включаються площа неопалюємого горища, неопалювального технічного поверху, підвалу, сходових кліток. Розрахункова площа будівлі $F_{ір} = 2564 \text{ м}^2$,

						Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

визначається як сума площ усіх розташованих на ній приміщень, за винятком коридорів, переходів, сходових кліток, внутрішніх відкритих сходів, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних мереж. - Опалювальний об'єм будівлі – $V_h = 7692 \text{ м}^3$, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій. - Загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій $F_{нп}=1348 \text{ м}^2$. - Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{сп в}=908,4 \text{ м}^2$. - Загальна площа входних дверей складає $F_d=71,74 \text{ м}^2$. Загальна площа перекриття даху – $F_{пк}=888,97 \text{ м}^2$. - Загальна площа підлоги на ґрунті – $F_{ц2} = 888,97 \text{ м}^2$ [12].

2.2.2 Визначення рівня величин енергетичних показників

Теплота, що надходить у будівлю, витрачається на відшкодування витрат крізь огорожувальні конструкції (стіни, підлога, стеля, вікна, двері) та на підігрівання зовнішнього повітря, що надходить через систему вентиляції й шляхом інфільтрації через вікна та двері[13].

Питома опалювальна характеристика q_0 [Вт/м³/°С або кал/год/м³/°С]– це потужність, що необхідна для обігрівання одиниці об'єму будинку за перепаду температур внутрішнім його об'ємом і зовнішнім середовищем у 1°С.

Річна потреба у теплоті на опалення $Q_0^{\text{рік}}$ [МВт год або Гкал] визначається за формулою

$$Q_0^{\text{рік}} = v_2 q_0 * (t_{\text{ач}} - t_{\text{сер.0}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = v_2 \cdot q_0 \cdot x a \cdot (t_{\text{ач}} - t_{\text{сер}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-6}; \quad (2.1)$$

де v_2 –об'єм будівлі за зовнішнім обміром, м³;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова внутрішня температура;

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$t_{cep.o}$ - розрахункова середня температура зовнішнього середовища;

n_o - розрахункова тривалість опалювального сезону, днів.

q_o - табличне значення опалювальної характеристики для температури зовнішнього середовища «мінус» 30°C;

α - коефіцієнт перерахунку значень q_o до заданої розрахункової температури (для $t_{p.o} = -27^\circ\text{C}$, $\alpha = 1,17$; для $t_{p.o} = -25^\circ\text{C}$, $\alpha = 1,194$).

Розрахункові кліматологічні дані для міста Суми: $t_{p.o} = -25$, $t_{p.в} = -9$, $t_{cep.o} = -0,2$, $n_o = 191$ [ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2014][14].

При наявності опалюваних підвалів до одержаного вказаним шляхом об'єму будинку додають 40 % кубатури опалюваного підвалу.

Для визначення потреб тепла за методом енергетичного балансу знаходять складові витрат тепла у будівлю, які наведені у таб. 2.3.

Таблиця 2.3 -Складові енерговитрат

Витрати тепла	Процентне відношення даних
стіни	38,5
вікна	13,2
підвальне перекриття	15,2
вхідні двері	0,9
інфільтраційні	8,8
горищне перекриття	14
додаткові	7,9
Разом	100

Зведення всіх складових надходжень і витрат теплоти в тепловому балансі приміщення визначає дефіцит або надлишок теплоти. Дефіцит теплоти вказує на необхідність встановлення у приміщенні системи опалення (СО).

Теплову потужність СО будівлі, можна визначити, склавши баланс втрат теплоти приміщень для холодного періоду року у вигляді[15]:

$$Q_{co} = Q_{зах} + Q_{інф} - Q_{поб/т}, Вт; \quad (2.2)$$

де $Q_{зах}$ – тепловтрати через захищення приміщення, Вт;

$Q_{інф}$ – тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, Вт;

$Q_{поб/т}$ – регулярний тепловий потік, який надходить в кімнати. Вт;

$Q_{поб/т} = 10 Вт/м^2$ підлоги.

Теплову потужність СО будинку з герметичними вікнами можна визначити за таким тепловим балансом:

$$Q_{co} = Q_{зах} + Q_{вент} - (Q_{поб/т} + Q_{утиліз}), Вт; \quad (2.3)$$

де $Q_{вент}$ – втрати теплоти на нагрівання припливного вентиляційного повітря (кількість вентиляційного зовнішнього повітря приймають з розрахунку однократного повітрообміну за годину), Вт;

$Q_{утиліз}$ – кількість теплоти, утилізованої з викидного вентиляційного повітря, Вт.

З врахуванням теплоти сонячної радіації тепловий баланс набуде вигляду:

$$Q_{co} = Q_{зах} + Q_{вент} - (Q_{поб/т} + Q_{утиліз} + Q_{рад}), Вт; \quad (2.4)$$

де $Q_{рад}$ – розрахункова кількість теплоти сонячної радіації, що надходить у приміщення будинку, Вт.

						Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тепловтрати через захищення $Q_{зох}$ дорівнюють сумі втрат теплоти через зовнішні захищення приміщення, а також втрат або надходжень теплоти через внутрішні захищення ($Q_{зох} = Q_{зо\text{вн}} \pm Q_{вн}$);

$Q_{вн}$ враховують, якщо температура повітря у сусідніх приміщеннях нижча або вища на 3°C і більше від температури у даному приміщенні.

Для спрощення розрахунків тепловтрати приміщеннями розбивають на основні тепловтрати через зовнішні огороження, та додаткові [16].

Основні тепловтрати складаються з тепловтрат через окремі огороження приміщення (стіни, вікна, двері, підлогу, стелю), що визначаються за формулою

$$Q_{осн} = \frac{t_{вн} - t_{зо\text{вн}}}{R_{ог}} F, \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

де $F_{ог}$ – площа огороження, м^2 ;

$t_{вн}$ $t_{зо\text{вн}}$ – температура внутрішнього та зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$R_{ог}$ – опір теплопередачі огороження, $\text{м}^2/\text{Вт}$.

Тепловтрати приміщення, які приймаються за розрахункові при виборі теплової потужності системи опалення, визначаються як сума розрахункових втрат тепла через всі його зовнішні огорожі. Крім цього, повинні враховуватись втрати чи надходження тепла через внутрішні огорожі: якщо температура повітря в сусідніх приміщеннях нижче або вище температури в даному приміщенні на 3°C і більше. [17]

Розрахунок тепловтрат кожної зони проводять за формулою приймаючи $\eta_i \times (1 + \beta_i) = 1$. За величину R_o приймають умовний опір теплопередачі, який для кожної зони неутепленої підлоги беруть рівним: для першої зони $R_{н.н} = 2,1 (\text{м}^2 \cdot \text{Вт} / \text{Вт})$, для другої зони $R_{н.н} = 4,3 (\text{м}^2 \cdot \text{Вт} / \text{Вт})$, для третьої зони $R_{н.н} = 8,6 (\text{м}^2 \cdot \text{Вт} / \text{Вт})$, для четвертої зони $R_{н.н} = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{Вт} / \text{Вт})$.

					Аркуш
					23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Якщо в конструкції підлоги, розміщеної безпосередньо на ґрунті, є шар матеріалів, теплопровідність яких менше 1.2, то така підлога називається утепленою.

Термічний опір утеплюючих шарів у кожній зоні додають до опорів $R_{н.п}$ так, що умовний опір теплопередачі кожної зони утепленої підлоги $R_{у.п}$ є рівним:

$$R_{у.п} = R_{н.п} + \sum \frac{\delta_{у.ш}}{\lambda_{у.ш}}, \text{ м}^2 \cdot \text{Вт}^{-1} \quad (2.6)$$

де $R_{н.п}$ – опір теплопередачі неутепленої підлоги відповідної зони, $\text{м}^2/\text{Вт}$;

$\delta_{у.ш}, \lambda_{у.ш}$ – товщина і теплопровідність утеплюючих шарів, м.

Поверхня підлоги в першій зоні має підвищені тепловтрати, тому її площу розміром 2×2 м враховують під час визначення загальної площі першої зони двічі[18].

Підземні частини зовнішніх стін розглядаються при розрахунку тепловтрат як продовження підлоги. Розбивка на смуги – зони в цьому випадку робиться від рівня землі по поверхні підземної частини стін і далі по підлозі. Умовний опір теплопередачі для зон приймають і розраховують так як для утепленої підлоги при наявності утеплювальних шарів, якими в даному випадку є шари конструкції стін[19].

На орієнтацію огорожень величину добавки приймають відносно сторін світу незалежно від призначення будівлі.

Додаткові тепловтрати на орієнтацію розраховують для всіх вертикальних і похилих до вертикалі зовнішніх захищень.

На обдування огороження вітром. Якщо розрахункова зимова швидкість вітру не перевищує 5 м/с, то добавка на обдування приймається в розмірі 5% тепловтрат для огорожень, захищених від вітру, і 10% – для незахищених. Огороження вважається захищеним, якщо відстань по висоті

						Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

від верху огороження до верху захищаючого його протилежного будинку більше 1/5 відстані між ними[20].

На висоту приміщення. При висоті приміщення офісних будівель більше 4 м величин тепловтрата через всі огороження збільшується на 2% на кожен метр висоти понад 4 м, але не більш 15%. Ця добавка не поширюється на сходові клітки. Сходові приміщення – це переважно високі приміщення, тому для зменшення тепловтрат їх доцільно зонувати (розбивати на ізольовані по висоті зони)[21].

На продування приміщення додається 5% до втрат тепла через вертикальні огороження.

На проникання холодного повітря, через зовнішні двері при їхньому відкриванні. Приймаються наступні величини добавок: у офісних будівлях при відсутності в зовнішніх дверях повітряних завіс і проходженні через двері за 1 год. 500-600 чоловік – 400-500% від основних втрат тепла через ці двері[22].

Оскільки ця додача значна, то з метою її зменшення входи в будинки необхідно передбачити з тамбуром, шлюзом або обладнати обертовими дверима. У багатоповерхових будинках будь-якого призначення при подвійних дверях без тамбура між ними – 100%, при подвійних, але з тамбуром – 80% і при одинарних дверях без тамбура – 65%[23].

2.3 Аналіз енергетичного балансу

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^0 R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^0 \frac{\sigma_i}{\lambda i \rho} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2.7)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

					Аркуш
					25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

R_i - термічний опір i -го шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

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

Визначаємо втрати тепла для будівлі.

Езкіс зовнішньої стіни будівлі показано на рис. 2.3

Опір зовнішньої стіни дорівнює:

$$R_{zc} = \frac{1}{8,7} + \sum_{i=1}^0 \frac{0,3}{0,32} + \frac{1}{12} = 1,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}. \quad (2.8)$$



Рисунок. 2.3-Зовнішня стіна

Опір огорожувальної конструкції підвалу дорівнює:

$$R_{n\partial} = \frac{1}{8,7} + \sum_{i=1}^0 \frac{0,35}{0,32} + \frac{1}{12} = 1,29 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}. \quad (2.9)$$

Обчислюємо тепловтрат в цілому для будинку. Тепловтрати через огорожувальні конструкції обчислюємо за формулою[24]:

$$Q = s \times (t_b - t_3) \times (1 + k) \times 1/R_k. \quad (2.10)$$

					Аркуш
					26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де s - площа огорожувальної конструкції, в цьому випадку зовнішня стіна;

t_z - середня температура за опалювальний період (-0,2 градуси);

t_v - температура в будівлі(20 градусів);

k - коефіцієнт на орієнтацію стіни(приймається від 0,05 до 0,1);

R_k – опір огорожувальної конструкції.

Визначили питомі тепловтрати на m^3 для даного типу будівлі. Обчислені дані заносимо в табл. 2.4.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції

$$Q_{пл} = 26758,3 / 2548 = 10,5 \text{ Вт/ м}^3. \quad (2.11)$$

Таблиця 2.4-Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Будинок	Вид конструкції	Тепловтрати, Вт	Процентне відношення даних
Гуалопак	зовнішні стіни	8418,58	39
	горищне перекриття	2883,17	14
	підвальне перекриття	3148,11	15,2
	вікна	1605,24	13,2
	вхідні двері	198,74	0,9
	інфільтраційні	1771,67	8,8
	додаткові	1594,50	8,9
	разом	19620,01	100

Тепер розраховуємо питомі тепловтрати для всієї будівлі:

$$Q_{п2}=19620,01/1410=13,9 \text{ Вт/ м}^3 \quad (2.12)$$

Побудуємо кругову діаграму тепловтрат через огорожуючі конструкції
рис.2.4



Рисунок.2.4 Тепловтрати через огорожуючі конструкції

Надходження теплоти від перебування людей у приміщеннях розраховувати виходячи з таких умов: тепловиділення дорослої людини у стані спокою становить 105 Вт:

$$Q_{люд} = Q_{люд11} \times N_{люд11} \times t_{роб} \times N_0 = 105 \times 2208 \times 7,5 \times 191 = 332,11 \text{ МВт.} \quad (2.13)$$

Надходження теплоти за рахунок сонячної радіації (прямої і розсіяної) знаходиться за даними нижченаведеної табл. 2.5, (МДж/м²/місяць, для широти 52°).

					Аркуш
					28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 2.5-Теплонадходження від сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Пн	0	0	0	110	176	206	212	130	0	0	0	0
ПнСх/ПнЗх	0	0	152	243	332	370	340	268	191	110	0	0
Сх/Зх	143	210	365	459	512	512	518	457	371	263	166	121
ПдСх/ПдЗх	371	424	572	557	573	514	511	542	530	490	392	305
Пд	495	566	692	558	497	427	452	520	584	611	543	475

Кількість сонячних днів протягом опалюваного сезону становить 30.

Знаходимо середньодобову потужність сонячної енергії для опалювального сезону:

$$Q_{\text{осв. сер.}}^{\text{доб}} = \frac{\frac{q_{10} + q_{11} + q_{12} + q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{31} + \frac{611}{31} + \frac{543}{30} + \frac{475}{31} + \frac{496}{31} + \frac{566}{28} + \frac{692}{31} + \frac{558}{30}}{7} = 18,61 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб}). \quad (2.14)$$

Надходження теплоти за рахунок сонячної радіації за опалювальний сезон складуть:

$$Q_{\text{осв.}} = Q_{\text{осв. сер.}}^{\text{доб}} \cdot S_{\text{вікн.}}^{\text{од}} \cdot N_{\text{осв.днів}} \cdot 10^{-2} \times \epsilon_{\text{в}} \zeta_{\text{в}} = 18,61 \times 504 \times 30 \times 10^{-2} \times \epsilon_{\text{в}} \zeta_{\text{в}} = 281,3 \cdot \text{год}. \quad (2.15)$$

Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу $\zeta_{\text{в}} = 0,6$ і відносного проникнення сонячної радіації, $\epsilon_{\text{в}} = 0,63$ вікон приймаються з ДБН В 2.6-31-2016[25].

Надходження теплоти від освітлювальних приладів та технологічного устаткування.

						Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Нам задана потужність системи освітлення на одиницю площі підлоги становить 1,57 Вт/м². Загальна встановлена потужність освітлювальних приладів тоді становитиме:

$$P_{осв} = 1,57 \times 24904,6 = 39221,166 \text{ Вт.}$$

Враховуючи коефіцієнт технічної справності освітлювальних приладів 0,9, коефіцієнт одночасності увімкнення 0,85 та середньодобову тривалість увімкнення 4 години на протязі опалювального сезону визначимо річне споживання електричної енергії:

$$W_{осв} = 39 \times 0,9 \times 0,85 \times 4 \times 191 = 22793,94 \text{ кВт} \times \text{год.}$$

2.4 Висновки за розділом

В даному розділі був проведений аналіз обсягів споживання теплоенергії і електроенергії за 2018-2020. Ці дані були задокументовані. Були проведені розрахунки питомих величин рівня енергоефективності. Були проведені дослідження щодо тепловитрат через огорожувальні конструкції. Проведено розрахунки опору теплопередачі через огорожувальні конструкції і для будівлі загалом.

						Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Напівпровідникові фотоелектричні елементи, що працюють на принципі перетворення світлової енергії сонячного випромінювання безпосередньо в електрику називають сонячними батареями (рис. 3.1).

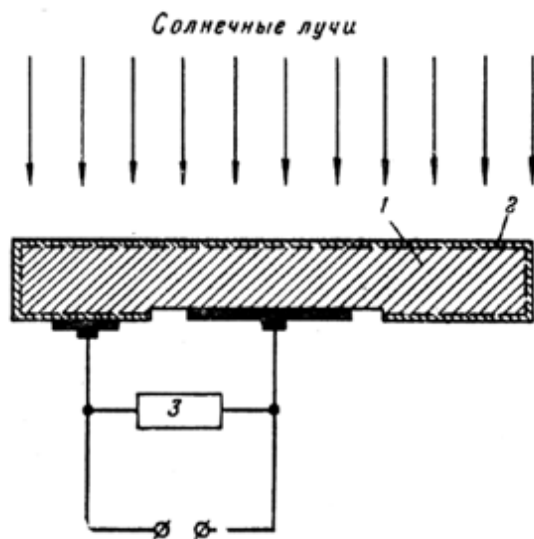


Рисунок. 3.1-Схема роботи кремнієвої сонячної батареї

1 - чистий монокристалічний кремній; 2 - «забруднений» кремній; 3 – акумулятор.

Вживання сонячних батарей стає ефективним при об'єднанні їх в єдину систему з такими пристроями, як акумулятори, контролери, інвертування.[26]

Сонячний модуль - це батарея взаємозв'язаних сонячних елементів, укладених під скляною кришкою. Фотоелектричну систему можна довести до будь-якого розміру. Власник такої системи може збільшити або зменшити її, якщо зміниться його потреба в електроенергії. У міру зростання енергоспоживання і фінансових можливостей, домовласник може додавати модулі. Чим інтенсивніше світло, падаюче на фотоелементи і чим більше їх площа, тим більше виробляється електрики і тим більше сила струму. Модулі

					Аркуш
					31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

класифікуються по піковій потужності у ватах. Один піковий ват - технічна характеристика, яка указує на значення потужності установки в певних умовах, тобто коли сонячне випромінювання в 1 кВт/м^2 падає на елемент при температурі $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Така інтенсивність досягається за хороших погодних умов і Сонця в зеніті. Щоб виробити один піковий ват, потрібен один елемент розміром $10 \times 10 \text{ см}$. Крупніші модулі, площею $1 \text{ м} \times 40 \text{ см}$, виробляють близько $40\text{-}50 \text{ Вт}$. Проте сонячна освітленість рідко досягає величини 1 кВт/м^2 . Більш того, на сонці модуль нагрівається значно вище за номінальну температуру. Обидва ці чинника знижують продуктивність модуля. В типових умовах середня продуктивність складає близько $6 \text{ Вт}\cdot\text{год}$ в день і $2000 \text{ Вт}\cdot\text{год}$ в рік на 1 Вт .

Переваги використання сонячних батарей

До переваг використання сонячних батарей можна віднести:

- автономність;
- висока надійність;
- зниження витрат на гаряче водопостачання і опалювання до 85% (сонячна енергія безкоштовна);
- економія органічних видів палива (мазуту, нафти, газу);
- скорочення викидів двоокису вуглецю;
- загальнодоступність і невичерпність джерела;
- відсутність проміжних фаз перетворення енергії;
- напівпровідникові сонячні батареї мають дуже важливу перевагу довговічність;
- розповсюдження сонячних установок серед населення і промисловості позитивно впливає на енергетичну безпеку України.

Недоліками сонячних батарей є перманентна залежність потужності від місцевих умов, часу доби і року, відносна дорожнеча, маленький коефіцієнт корисної дії і чутливість до механічних пошкоджень.

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунки показують, щоб одержати великі кількості енергії, сонячні батареї повинні займати величезну площу - тисячі квадратних кілометрів.[26].

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

3.2.1 Встановлення сонячних батарей

1

Вживані в сучасних фотоелементах надчисті матеріали - надзвичайно дорогі. Щоб їх виготовити, потрібне складне устаткування, вживання особливих технологічних процесів. Економічні і технологічні міркування поки не дозволяють розраховувати на отримання таким шляхом значних кількостей електричної енергії.

Розглянемо характеристики сонячної батареї Kvazar в таб. 3.1

Таблиця 3.1-Характеристика сонячної батареї Kvazar

Характеристики	Kvazar KV 95W/12м
Тип панелі	Аморфна
Макс. потужність, Вт	150
Ефективність %	12
Розміри, мм	1257×977
Вага, кг	20
Країна виробник	Японія
Ціна, євро за 1 Вт	1,5

На основі даних з таблиці, ми можемо порахувати скільки коштує одна панель сонячної батареї:

$$C_{\text{пан}} = 150 \times 1,5 = 225 \text{ євро} = 6525 \text{ грн.}$$

На даху будівлі встановлюємо 10 таких панелей. Обраховуємо загальну їхню вартість:

Установка сонячних батарей і заробітня плата монтерам= 23841 грн.

Необхідні витрати на електричні кабелі = 2786 грн.

Витрати на акумулятори та інвертори напруги =13000 грн.

$C_{\text{заг}} = (10 \times 6525) + 23842 + 2786 + 13000 = 104877$ грн.

В середньому в одному дні - є 4 сонячних годин. В наступній формулі порахуємо скільки таких годин є в цілому році :

$$Г = 113 \times 4 = 452.$$

Визначаємо кількість енергії, яку вироблять ці 10 панелей за рік:

$$E_{\text{пан}} = 452 \times 2,5 \times 10 = 11300 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Тариф 1 кВт×год електроенергії становить : 3,68 грн.

Обраховуємо скільки за рік ми економимо в грошах, споживаючи сонячну енергію а не електричну:

$$C_{\text{сон.ен.}} = 11300 \times 3,68 = 44584 \text{ грн.}$$

Обраховуємо за скільки ці сонячні батареї окупляться, якщо не буде зростати ціна на електроенергію:

$$T = 104877 / 44584 = 2.3 \text{ роки}$$

Тепер розглянемо сонячну батарею іншого виробника в таб. 3.2 характеристика сонячної батареї Altek

Таблиця 3.2-Характеристика сонячної батареї Altek

Характеристики	Altek ACS
Тип панелі	Моно/Полікристал
Макс. потужність, Вт	128/240/250
Ефективність %	13,3
Розміри, мм	1652×994
Вага, кг	21
Ціна, євро. за 1 Вт	1,6

На основі даних з таблиці, ми можемо порахувати скільки коштує одна панель сонячної батареї:

$$C_{\text{пан}} = 250 \times 1,6 = 400 \text{ євро} = 81600 \text{ грн.}$$

На даху будівлі встановлюємо 8 таких панелей.

Установка сонячних батарей і заробітня плата монтерам = 25933 грн.

Необхідні витрати на електричні кабелі = 3181 грн.

Витрати на акумулятори та інвертори напруги = 13000 грн.

Обраховуємо загальну їхню вартість:

$$C_{\text{заг}} = (8 \times 11600) + 25933 + 3181 + 13000 = 114914 \text{ грн.}$$

В середньому в одному дні - є 6 сонячних годин. В наступній формулі порахуємо скільки таких годин є в цілому році :

$$Г = 113 \times 4 = 452.$$

Визначаємо кількість енергії, яку вироблять ці 8 панелей за рік:

$$E_{\text{пан}} = 452 \times 3,5 \times 8 = 15656 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Тариф 1 кВт×год електроенергії для даного підприємства становить : 3,68 грн.

Обраховуємо скільки за рік ми економимо в грошах, споживаючи сонячну енергію а не електричну:

$$C_{\text{сон.ен.}} = 15656 \times 3,68 = 57614 \text{ грн.}$$

Обраховуємо за скільки ці сонячні батареї окупляться, якщо не буде зростати ціна на електроенергію:

$$T = 114714 / 57614 = 1,9 \text{ року.}$$

Розглянемо загальну порівняльну таблицю.

						Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3.-Порівняльна характеристика сонячних батарей

Виробник	Потужність, Вт	Розміри, мм	Ціна за 1 Вт, грн	Кількість енергії за рік, Вт	Термін окупності, рік
Kvazar KV	150	1257×977	15,6	11300	2,3
Altek ACS	250	1652×994	16,64	15656	1,9

Висновок: ми визначили що при встановлення сонячних батарей фірми Kvazar KV – термін окупності становить 2,3 роки. А при встановленні батарей Altek ACS – термін окупності буде 1,9 року. Але відзначимо що батареї Altek ACS мають потужність 250Вт, а Kvazar KV – 150 Вт. Для нашої будівлі краще встановлювати батареї Kvazar KV[26].

3.2.2 Утеплення зовнішніх стін

-Оскільки великий відсоток тепловитрат приходить на зовнішні стіни то потрібно провести захід по утепленню цих стін.

Розрахунок теплових втрат до утеплення зовнішніх стін,:

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару $\delta_{ут}$ для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [28]:

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

де $\lambda_{ут}$ – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м·К) [27, 28];
 $R_{\Sigma пр}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м² ·К/Вт;

R_{qmin} – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$ [27].

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ут} = 0,04 \text{ Вт}/(m \cdot K)$:

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить:

$$\delta_{ут} = [3,3 - 1,09] \cdot 0,04 = 0,088 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,1 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) [29].

Тепловтрати через огорожувальну конструкцію будівлі, Вт, що потрібно утеплити, визначають за загальною формулою [29]:

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

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

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

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

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

					Аркуш
					37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Тепловтрати через стіни будівлі до утеплення:

$$Q_{\text{стн1}} = \frac{4300}{1,09} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 177,5 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стіни будівлі після утеплення:

$$Q_{\text{стн2}} = \frac{4300}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 58,6 \text{ кВт}$$

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції розраховується за формулою [29]:

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

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

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції, кВт:

$$\Delta Q_{\text{огр}} = 177,5 - 58,6 = 118,9 \text{ кВт}$$

Визначення річної економії теплової енергії після впровадження заходу [29]:

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

					Аркуш
					38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де $t_{\text{ср.оп}}$ —середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період [29];

$n_{\text{оп}}$ —тривалість опалювального періоду, днів.

Річна економія теплової енергії після теплоізоляції:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 118,9 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 253767 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Кількість палива для генерування відповідної кількості теплоти, кг/год або м³/год[29]:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{3,6 \cdot \Delta Q}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}} \quad (3.5)$$

де 3,6 –число переведення Вт у кДж (тепловий коефіцієнт);

ΔQ –розрахункова тепла потужність будинку, визначена за результатами розрахунку теплових балансів по будівлі або приміщенню ($\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}$), Вт;

$\eta_{\text{к}}$ —ККД котла(паспортна величина ККД котла);

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ —нижня робоча теплота згоряння палива (природний газ $Q_{\text{н}}^{\text{р}}=34000$ кДж/м³).

Економія палива на котельні за опалювальний рік від теплоізоляції

$$\Delta V = \frac{3600 \cdot 253767}{34000 \cdot 0,85} = 31611 \text{ м}^3/\text{рік}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 31611 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot 9,66 \text{ грн/м}^3 = 305362,26 \text{ грн};$$

					Аркуш
					39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Для утеплення вибираємо базальтові плити, розміром плит: 1200*600*100мм вартість якого складає 145 грн/м² [29]. Загальна площа стін які потребують утеплення складає 4300 м².

Отже для утеплення фасаду нам необхідно 431,55 м² утеплювача, тобто вартість складатиме 4300·145=623500 грн.

Вартість монтажних робіт складає приймаємо 50% від загальних витрат на матеріали.

Загальні витрати на утеплення стіни:

$$K = 623500 + (623500 \cdot 50\%) = 935250 \text{ грн}$$

Визначимо простий термін окупності від теплоізоляції огороджувальних конструкцій:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 935250 / 305362,26 = 3,1 \text{ року}$$

При розрахунках використовувалася норма дисконтування в 15%.

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4– Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності.

Грошові потоки	Роки						
	1	2	3	4	5	6	7
Витрати, тис. грн.	(935,25)	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	(813,26)	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	0	305,4	305,4	305,4	305,4	305,36	305,4
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	0	265,5	265,5	265,5	265,5	265,53	265,5
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	0	-547,7	-282,2	-6,7	248,9	514,4	779,9
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	0	265,5	265,5	265,5	265,5	265,53	265,5
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	0	-282,2	-16,7	248,9	514,4	779,9	1045

Продовження таблиці 3.4– Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності.

Грошові потоки	Роки							
	8	9	10	11	12	13	14	15
Витрати, тис. грн.		0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн		0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	305.4	305.4	305.4	305,4	305,4	305,36	305,4	305,4
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	265.5	265.5	265.5	265.5	265,5	265,53	265,5	265.5
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	1045.452	1310.983	1576.15	1842.043	2107.574	2373.104	2638.635	2904.165
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	265.5	265.5	265.5	265.5	265,5	265,53	265,5	265.5
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	1310.983	1576.513	1842.043	2107.574	2373.104	2638.635	2904.165	3169.696

З таблиці видно, що з п'ятого року різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями + 248,9 тис. гривень, з цього випливає, що дисконтний період окупності більше 5 років.

Розрахунок здійснюємо таким чином:

$$DPP = 5 + 248,9 / 514,4 = 6 + 0,48 = 5,48 \text{ року}$$

						Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.2.3 Встановлення інфрачервоного опалення

Дані для розрахунку:

Потужність встановлююмого нагрівача – 20кВт;

Номінальне споживання газу b_e – 2,26м³/год

Ціна 1Гкал – 1518,11грн.

Ціна 1тис. м³ природнього газу – 9660грн.

Ціна одного комплекту нагрівача – 8964грн.

Ціна додаткового електричного щитка і додаткової мережі – 15000 грн

Знайдемо необхідну кількість нагрівачів вона дорівнює необхідну потужність поділити на потужність нагрівача

$$L = P_n / 20 = 700 / 20 = 35 \text{ шт}$$

де L – кількість нагрівачів

P_n – необхідна потужність

Необхідна кількість коштів для закупівлі обладнання

$$O = 35 * 8964 = 313740 \text{ грн} = 313,74 \text{ тис. грн}$$

Вартість монтажу складає 30% від вартості обладнання

$$M = 313,74 * 0,3 = 94,12 \text{ тис. грн.}$$

Загальні затрати

$$Z_{\text{общ}} = 313,74 + 94,12 + 15 = 422,86 \text{ тис грн}$$

Максимальне споживання газу за годину складе

$$V_{\text{гн}} = L * b_e = 35 * 2,26 = 79,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрати газу в опалювальний період складуть

$$V_r = V_{\text{гн}}(t_1 * 114 + k_3 * t_2 * 114) = 79,1(8 * 114 + 0,3 * 16 * 114) = 32 \text{ тис. м}^3$$

де: t_1, t_2 – час роботи опалювальної системи в основному, режимі в робочі дні.

114 – кількість робочих днів в опалювальному періоді.

k_3 – коефіцієнт використання теплової потужності нагрівача.

Знайдемо кількість коштів

					Аркуш
					43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Z_{\text{н}}=32*9660=114540\text{грн}=114\text{тис. грн}$$

Знайдемо необхідно кількість коштів необхідних для отримання тепла.

$$Z_{\text{в.оп.}}=9660*285,5=313804\text{грн}=313\text{тис. грн.}$$

Річна економія коштів складе

$$E= Z_{\text{в.оп.}}-Z_{\text{н}}=313-114=199\text{тис грн.}$$

Знайдемо строк окупності проекту

$$422,86/199=2\text{роки}$$

3.2.4 Розрахунок економічної доцільності встановлення німецького пальника типу Weishaupt на котел ME-4,0/1,4ГМ

Дані для розрахунку:

1. Вартість модернізації – 302,74 тис. грн.
2. Час роботи даного котла - 1368 годин/рік (приймається 50,0% від часу роботи всієї котельні, тому що всього встановлено 2 котли).
3. К.К.Д. котла - 91,2% (дані за 2020 рік)
4. Питома витрата - 156,6кг у.п/Гкал (дані за 2020 рік)

Розрахунок економічної доцільності модернізації:

На сьогоднішній день у котельні операторами й апаратниками, що мають посвідчення операторів котельні, працює 14 чол. У двох змінах по 4 чоловік, і у двох змінах по 3 чоловік.

Орієнтовне підвищення КПД котла, за рахунок встановлення нового пальника складе 2,0%, через оптимальну організацію структури факелу та більш якісного змішування повітря та пального. При цьому питома норма, після підвищення ККД до 93,2% складе:

$$(142,8/93,2)*100 = 153,2 \text{ кг.у.п./Гкал.}$$

де 142,8 – витрата палива на 1Гкал при ККД 100%

Тоді економія палива від підвищення ККД складе:

						Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$(156,6 - 153,2) * 2835 = 9639 \text{ кг.у.п} = 9,63 \text{ т.у.п}$$

В розрахунку на природний газ це дорівнює

$$9,63 / 1,16 = 11,7 \text{ тис.м}^3 \text{ природн. Газу}$$

де 1,16 – середнє значення калорійного еквіваленту

При вартості 1,0 тис. м³ 9660 грн., економія по паливу за рік складе

$$E_{\text{газ}} = 9660 * 11,7 = 130,410 \text{ тис. грн./рік}$$

Знайдемо строк окупності проекту

$$302,74 / 130,410 = 2,3 \text{ роки}$$

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.3 ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ

Проведено огляд сучасного стану офісної будівлі, Запропоновані заходи по енергозбереженню в даній будівлі а саме: утеплення огорожувальних контрукцій будівлі(зовнішніх стін), установка сонячних батарей, встановлення інфрачервоного опалення, встановлення пальника. Впровадження щодо теплозабезпечень та енергозбереження були обгрунтовані розрахунковим аналізом та приведеним терміном окупності.

						Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час проведення кваліфікованої роботи бакалавра була наведено характеристика даного об'єкту, енергетичні обстеження, опис стану об'єкта, комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта, техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозберігаючих заходів

З завдань було потрібно встановити дійсний стан будівлі, тепло-, електропостачання. Були розраховані основні причини тепловтрат. Отримані дані свідчать, що великий відсоток теплової енергії втрачається через огорожувальні конструкції. Це може вплинути на зміну температури в кімнатах будівлі, а також для підтримання температури яка потрібна для комфортної роботи працівників потрібно буде більше теплової енергії. І для запобігання цьому були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій(зовнішні стіни).
- встановлення інфрачервоного опалення.
- установка сонячних батарей.
- встановлення німецького пальника типу Weishaupt

Ці заходи дозволять зменшити тепловитрати через огорожувальні конструкції і збільшити ефективність енерговикористання на підприємстві, що в свою чергу призведе до зменшення споживання теплової і електричної енергії.

						Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергозбереження в Україні та основні положення енергозбереження – режим доступу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82097/1/Medvid_mag_robota.pdf;jsessionid=1EB59C3394297EF0D247CDBE9F5214FD
2. Офіційний сайт Державного агентства з енергетичної ефективності України ДАЕЕ (Держенергоефективності), [Електроний ресурс]. - Режим доступу: <http://saee.gov.ua/>
3. Загальні відомості про досліджувальний об'єкт, дані взяті з опитування працівників підприємства і із задокументованих даних підприємства.
4. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту – К.: НТЦЕ «НЕК «Укренерго» - 2015. – 89 с
5. Гуч В. Енергоефективність як тренд // Сегодня. - [5 жовтня 2017р.] – режим доступу: <https://www.segodnya.ua/opinion/gutchcolumn/energoefektivnst-yak-trend-1061578.html>
6. ДБН В.1.2-11:2008 Київ 2008 С 14-18. В.І. Дешко, І.Ю. Білоус. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
7. ДБН В.2.6-31:2016 Київ 2016 С 44-51. В.І. Дешко, І.Ю. Білоус. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель
8. ДБН В.2.6-33:2006. Київ 2014. С 32-36. В.І. Дешко, І.Ю. Білоус. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією
9. Дешко В.І. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання / В.І. Дешко, І.Ю. Білоус // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових

					Аркуш
					48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

праць. Випуск 80, Київ 2014. С. 68–72.

10. Дешко В.І., Суходуб І.О., Яценко О.І. Дослідження підходів до визначення теплового навантаження системи опалення / Енергетика: економіка, технології, екологія. - № 2, 2017. – С. 52-60.
11. Дешко В.І., Суходуб І.О., Яценко О.І. Програмне середовище ENERGY-PLUS для моделювання енергоспоживання будівель / Тези доп. XIV Міжнар. наук.-практ. конф. „Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”. Том 1. – К.: 2016 – С. 199.
12. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2011, IDT)
13. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та сертифікації будівель.
14. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. – К., 2012. 71с.
15. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель (EN 15459:2007, IDT).
16. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN 13790:2008, IDT).
17. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП.

						Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- 18.ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Київ С-44. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
- 19.ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель – К.: Мінрегіон України, 2013, - 55 с.
- 20.ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 К Мінрегіон України. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель
- 21.ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 К С 74-77 Мінрегіон України. Настанова з виконання термомодернізації будинків.
- 22.Приклади розрахунків до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» - К.: ДП НДІБК – 2014. – 106с.
- 23.Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель / Барзилович Д.В., Фаренюк Г.Г. // Будівельні конструкції. Вип.77. – К.: НДІБК, 2013. – с. 3-9.
- 24.Управління ефективністю енерговикористання вищих навчальних закладів / Білоус І.Ю., Дешко В.І. та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 157 с.
- 25.Шовкалюк М.М. Підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом удосконалення законодавчої та нормативної бази // Збірник наук. праць IV міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'2017". [Київ, 25-27 квітня 2017 р.].
- 26.Шовкалюк М.М., Лєконцева О.Е. Розвиток програм стимулювання підвищення енергоефективності будівель в Україні // Збірник наук. праць V міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи

						Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- розвитку –REMS'2018". [Київ, 17-19 квітня 2018 р.] – 134 с.
- 27.ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
- 28.Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014.
- 29.[Електронний ресурс] Режим посилання:
<http://sumy.stroika.biz.ua/products/item/17-229195/>
- 30.НПАОП 40.1–1.07–01 Правила експлуатації електрозахисних засобів.
- 31.Батлук В.А., Гогіташвілі Г.Г. Охорона праці в будівельній галузі. – К.: Знання, 2006.
- 32.Геврик Є.О. Охорона праці: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003.
- 33.Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці (+Доступ з локальної мережі СумДУ): навч. пос. – К.: ЦУЛ, 2009.
- 34.Навчання з питань охорони праці, пожежної безпеки і технічної експлуатації режим доступу:
<https://forca.com.ua/instrukcii/ohorona-praci/obuchenie-po-voprosam-ohrany-truda-pozharnoi-bezopasnosti-i-tehnicheskoi-ekspluatacii.html>

						Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаток А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Пожежна профілактика при проектуванні і будівництві промислових підприємств. Класифікація приміщень за ступенем пожежної небезпеки і вибухопожеженебезпеки.

Пожежна профілактика при проектуванні і будівництві промислових підприємств. Класифікація приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Пожежна профілактика при проектуванні і будівництві промислових підприємств.

Будівля вважається правильно спроектованою у тому випадку, якщо разом з рішенням функціональних, санітарних і інших технічних і економічних вимог забезпечені умови пожежної безпеки.

Відповідно до міждержавного стандарту ДСТУ Б В.2.7-19-95[28] – усі будівельні матеріали по займистості підрозділяють на три групи:

- що не згорають, які під дією вогню або високих температур не займаються і не обвуглюються (до них відносять багато металів і матеріали мінерального походження);
- важкоспалимі, які здатні займатися і продовжувати горіти тільки при постійній дії стороннього джерела займання (наприклад, конструкції з деревини, просочені або покриті вогнезахисними складами);
- що згорають, які здатні самостійно горіти після видалення джерела займання (до них відносять багато пластичних матеріалів, у тому числі вживані в будівництві).

Займистість будівельних конструкцій визначають, як правило, займистістю матеріалів, з яких вони виготовлені.

						Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

В умовах пожежі, окрім високих температур, на будівельні конструкції чинять дію їх власна маса і експлуатаційні навантаження, а також додаткові, статичні навантаження (від пролітої при гасінні пожежі води або уламків конструкцій, що обрушилися) і динамічних дій (водяні струмені або уламки, що падають). В результаті вказаних дій конструкції деформуються і втрачають міцність. Здатність конструкцій чинити опір дії пожежі при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю.

Вогнестійкість конструкцій характеризується межею вогнестійкості, що є часом в годиннику від початку випробування конструкції по стандартному температурному режиму до виникнення одного з наступних ознак:

- утворення в конструкції тріщин або отворів, крізь які проникають продукти горіння або полум'я;
- підвищення температури поверхності конструкції, що не обігрівається в середньому більш ніж на 140°C ;
- втрати конструкцією своєї здатності;
- переходження горіння в суміжні конструкції або приміщення;
- руйнування вузлів кріплення конструкції.

Підвищити вогнестійкість будівель і споруд можна облицюванням або обштукатурюванням металевих конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, що мають мінімальну масу і мінімальний коефіцієнт температуропровідності. Велике значення має захист дерев'яних конструкцій, оскільки при нагріві їх поверхні до $270 - 280^{\circ}\text{C}$ вони запалюються і продовжують горіти самостійно. З існуючих видів штукатурки, перевага віддається вапняно-цементній товщиною 20 мм, азбестоцементній або гіпсовій.

Іншим ефективним видом вогнезахисної обробки деревини є просочення антипиренами. Антипирени є хімічними речовинами, призначеними для надання деревині негорючості (наприклад, фосфорнокислий амоній,

						Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

сірчаноокислий амоній). До поверхневої обробки відноситься також спосіб покриття дерев'яних конструкцій вогнезахисними фарбами[30].

Зонування території

Цей захід полягає в групуванні при генеральному плануванні підприємств в окремі комплекси об'єктів, споріднених по функціональному призначенню і ознаці пожежної небезпеки. Для таких комплексів на промисловому майданчику відводять певні ділянки. При цьому споруди з підвищеною пожежною небезпекою розташовуються з підвітряного боку. При зонуванні враховують рельєф місцевості, напрям і силу пануючих вітрів і т. п.

Іскри від промислових печей і установок з відкритим вогнем часто є причинами виникнення пожеж, тому котлові, ливарні цехи і установки з відкритим вогнем розташовують з підвітряного боку по відношенню до відкритих складів ЛВЖ, зріджених газів і т. п. Важливе значення для пожежної безпеки має правильний пристрій внутрішньозаводських доріг, які повинні забезпечувати безперешкодний зручний проїзд пожежних автомобілів до будь-якої будівлі, а також вибір місць розташування пожежних депо. Одна із сторін підприємства повинна примикати до дороги загального користування або сполучатися з нею проїздами[31].

Протипожежні розриви

Для попередження поширення пожежі з однієї будівлі на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви.

При визначенні протипожежних розривів виходять з того, що найбільшу пожежну небезпеку відносно можливого займання сусідніх будівель і споруд представляє теплове випромінювання від вогнища пожежі.

Кількість сприйнятої теплоти сусідньою з об'єктом, що горить, будівлею залежить від властивостей горючих матеріалів і температури полум'я, величини випромінюючої поверхні, площі світлових отворів, групи займистості конструкцій, що захищають, наявності протипожежних

						Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

перешкод, взаємного розташування будівель, метеорологічних умов і т. п. При визначенні протипожежних розривів враховують міру вогнестійкості будівлі.

Протипожежні перешкоди

До них відносять стіни, перегородки, перекриття, двері, ворота, люки, тамбур-шлюзи і вікна. Протипожежні стіни мають бути виконані з матеріалів, що не згорають, мати межу вогнестійкості не менше 2,5 ч. і спиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з урахуванням можливості одностороннього обвалення перекриттів і інших конструкцій при пожежі. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менше 1,2 ч., а протипожежні перекриття – не менше 1 ч. Такі перекриття не повинні мати отворів, через які можуть проникати продукти горіння при пожежі.

Шляхи евакуації

При проектуванні будівель необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю протягом мінімального часу, який визначається найкоротшою відстанню від місця їх знаходження до виходу назовні. міждержавного стандарту ДСТУ Б В.2.7-19-95[30]. Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено. При цьому ліфти і інші механічні засоби транспортування людей при розрахунках не враховують. Ширина ділянок шляхів евакуації має бути не менше 1 м, а дверей на шляхах евакуації – не менше 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових клітин має бути не менше ширини маршу сходів, висота проходу на шляхах евакуації – не менше 2 м. При проектуванні будівель і споруд для евакуації людей повинні передбачатися наступні види сходових клітин і сходів: незадимлювані сходові клітини (що сполучаються із зовнішньою повітряною зоною або обладнані технічними пристроями для підпору повітря); закриті клітини з природним освітленням через вікна в зовнішніх стінах;

						Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

закриті сходові клітини без природного освітлення; внутрішні відкриті сходи (без внутрішніх стін, що захищають); зовнішні відкриті сходи.

Для будівель з перепадами висот слід передбачати пожежні сходи.

Видалення з приміщень диму при пожежі. Як правило, виникнення пожежі в будівлях і спорудах супроводжується виділенням великої кількості диму, що затемняє приміщення і затруднює умови евакуації і гасіння пожежі. Крім того, дим має задушливі властивості. Він особливо небезпечний в сучасних висотних будівлях.

Видалення газів і диму з приміщень, що горять, виробляється через віконні отвори, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків. Димові люки призначені для видалення продуктів горіння, забезпечення незадимлених суміжних приміщень і управління процесами горіння на пожежах (з тим, щоб надати полум'ю бажаний напрям).

Димові люки встановлюють в підвальних приміщеннях, в перекриттях складських і безліхтарних виробничих будівель. Площу перерізу димових люків визначають розрахунком[32].

Класифікація приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою

При проектуванні і будівництві виробничих будівель і споруд необхідно враховувати категорію приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою. Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежевибухонебезпечності речовин та матеріалів, що там знаходяться, та їх кількості. Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007[31] “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою” приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою поділяються на п'ять категорій А, Б, В, Г, Д.

Категорія А – вибухопожеженебезпечна. Горючі гази, легкозаймисті рідини (ЛЗР) з температурою спалаху не більше 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при

						Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа.

До приміщень категорії А належать склади балонів з горючими газами, склади ЛЗР, склади карбіду кальцію, малярні цехи, де використовуються нітрофарби, лаки та нітроемалі.

Категорія Б – вибухопожеженебезпечна. Горючий пил або волокна, ЛЗР з температурою спалаху більше 28 оС та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні котрих розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа.

До категорії Б належать кисневі станції, малярні цехи, де використовують оліфу та олійні лаки, склади гасу, нафти, мазуту тощо.

Категорія В – пожежонебезпечна. Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали (у тому числі пил і волокна), здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти за умови що приміщення, в яких вони знаходяться, не відносяться до категорій А і Б.

До категорії В належать паливно-мастильні склади, деревообробні цехи, склади вугілля, приміщення обчислювальних центрів, цехи складання печатних плат.

Категорія Г. Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюють або утилізують як паливо.

До категорії Г належать кузні, котельні, ливарні, зварювальні і термічні цехи.

Категорія Д. Негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

						Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

До категорії Д належать механічні майстерні, цехи холодної обробки металу, повітродувні станції, склади металу[33].

Класифікація вибухо- та пожеженобезпечних зон відповідно до ПБЕ

Головним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний вибір і експлуатація обладнання у вибухо- і пожеженобезпечних приміщеннях.

Класифікація пожеженобезпечних та вибухонебезпечних зон визначається НПАОП 40.1-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”.

Характеристика пожеже- та вибухонебезпеки може бути загальною для усього приміщення або різною в окремих його частинах. Це також стосується надвірних установок і ділянок територій.

Приміщення, або їх окремі зони поділяються на пожеженобезпечні та вибухонебезпечні.

Залежно від класу зони здійснюється вибір виконання електроустановок таким чином, щоб під час їх експлуатації виключити можливість виникнення вибуху або пожежі від теплового прояву електричного струму.

Пожеженобезпечна зона – простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Класифікація пожеженобезпечних зон

Пожеженобезпечна зона класу П-I – простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху більше +61°C.

Пожеженобезпечна зона класу П-II – простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

						Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Пожежонебезпечна зона класу П-Па – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Пожежонебезпечна зона класу П-ПІІ – простір поза приміщенням, в якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалахування понад +61°C або тверді горючі речовини.

Класифікація вибухонебезпечних зон

Газо- пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Вибухонебезпечні зони класу 0 можуть мати місце переважно в межах корпусів технологічного обладнання і, у меншій мірі, в робочому просторі (вугільна, хімічна, нафтопереробна промисловість).

Вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (нормальна робота – ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

Вибухонебезпечна зона класу 20 – простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини.

						Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21 – простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації. Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнитися шляхом витoku і формувати пилові утворення.

У вибухонебезпечних зонах та в зовнішніх установках слід використовувати вибухозахищене обладнання, виготовлене згідно з ДСТУ 12.2.020-76 “ ССБТ. Електрообладнання вибухозахищене. Класифікація. Маркування ”[34].

						Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		