

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут Електроенергетики
Електротехнічний факультет
Кафедра Електроенергетики

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
студента Олександра Дуднікова
академічної групи 141-22м-5
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
на тему Обґрунтування заходів підвищення енергетичної ефективності
будівлі взводу Державної гірничо-рятувальної служби України.

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтин говою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Кошеленко Є. В.			
розділів:				
Вступна частина	Кошеленко Є. В.			
Основна частина	Кошеленко Є. В.			
Економічна частина	Тимошенко Л. В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро

2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Електроенергетики
Папайка Ю.А.

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра

студенту академічної групи 141-22м-5
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
на тему: Обґрунтування заходів підвищення енергетичної ефективності будівлі взводу Державної гірничо-рятувальної служби України.
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»
від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Вступна частина	Дати характеристику огороджуючи конструкцій будівлі, зясувати поточний стан інженерних мереж та наявність систем управління енергоспоживанням будівлі	
2. Основна частина	Розрахувати енергоспоживання будівлі на опалення. Визначити теплове та електричне навантаження будівлі. Розрахувати річну енергопотребу будівлі з урахуванням можливого термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії (ФЕС).	
3. Економічна частина	Визначити економічні параметри проекту термомодернізації та системи електропостачання будівлі	

Завдання видано
(підпис керівника)

_____ Кошеленко Є. В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання
(підпис студента)

_____ Дудніков О.С
(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 98 ст., 18 рис., 17 табл., 4 додатки, 38 джерел.

Об'єкт дослідження цієї роботи - будівлі взводу Державної гірничо-рятувальної служби України.

Предметом дослідження є енергетичні характеристики та інженерні мережі цих будівель.

Мета роботи - визначення доцільності проведення термомодернізації та встановлення фотоелектричних систем (ФЕС) у будівлях взводу Державної гірничо-рятувальної служби України.

У технологічному розділі роботи проведено аналіз поточного стану будівлі, включаючи огорожуючі конструкції, інженерні мережі та наявність систем управління енергоспоживанням.

У спеціальному розділі наведено розрахунки щодо теплоспоживання будівлі протягом опалювального сезону з урахуванням кліматичних умов та режиму інсоляції. Також проведено розрахунок системи електропостачання з урахуванням можливого переходу на відновлювальні джерела електроенергії. Для альтернативної системи електропостачання визначено очікуване річне енергоспоживання, враховуючи зміни ефективності джерела електроенергії та запропоновані системи управління енергоспоживанням на об'єкті, а також розраховано потенційну економію в грошовому еквіваленті.

У економічному розділі роботи проведено розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат, пов'язаних з термомодернізацією та модернізацією системи електропостачання даного об'єкта.

Зміст

Реферат	4
Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 ВСТУПНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика будівлі	10
Зовнішні стіни	15
Вікна	16
Зовнішні двері	17
Дах	17
Підлога	18
1.2 Характеристика інженерних мереж	18
Система опалення	18
Система охолодження, кондиціювання, вентиляції	19
Система постачання гарячої води	19
Система освітлення	19
1.3 Регулювання енергоспоживання	20
Автоматизація системи опалення	21
Система вентиляції	21
Управління та моніторинг освітлення	22
Система автоматизації будівлі	22
Технічне управління будівлею (ТУБ)	22
Характеристика системи електропостачання	22
Фактичне енергоспоживання будівлі	23
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	26
2.1 Розрахунок енергопотреби на опалення та охолодження	26

Сумарна теплопередача та теплові надходження	26
Теплопередача трансмісією	27
Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією	28
Внутрішні тепло надходження	29
Сонячні тепло надходження	33
Еквівалентна площа інсоляції застелених елементів	34
Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі	36
Теплове випромінювання в атмосферу	37
2.2. Теплопередача вентиляцією	40
2.3. Розрахунок освітлення	43
2.4. Енергопотреба та енергоспоживання гарячого водопостачання	45
2.5 Встановлення ФЕС	49
2.6 Аналіз заходів енергоефективності та визначення очікуваної економії від впровадження заходів	77
Утеплення зовнішніх стін	77
Теплоізоляція дахового перекриття	78
Встановлення локальних систем вентиляції з рекуперацією тепла	78
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	80
Вступ	80
3.1 Розрахунок капітальних витрат	81
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	84
Розрахунок амортизаційних відрахувань	84
Розрахунок річного фонду заробітної плати	84
Визначення річних витрат на тех.обслуговування і поточний рем.	84
Розрахунок вартості спожитої електроенергії	85
Визначення інших витрат	85
Висновки	86

Список використаної літератури	87
ДОДАТОК А	90
ДОДАТОК Б	91
ДОДАТОК В	92
ДОДАТОК Г	93

Скорочення та умовні позначки:

АМУБ – автоматизація, моніторинг та управління будівлею;

АСМУБ – автоматизовані системи моніторингу та управління будівлею;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

ПВХ – полівінілхлорид;

ТП – трансформаторна підстанція;

ТУБ – технічне управління будівлею;

LED – світлодіод (Light-emitting diode)

ФЕС – фотоелектрична станція

ФЕМ – фотоелектричний модуль

Вступ.

З початку 1970-х років багато країн впроваджували стратегії та програми для підвищення енергоефективності. На сьогоднішній день промисловий сектор забезпечує майже 40% річного світового споживання первинних енергоресурсів, що відповідає такій же частці світових викидів вуглекислого газу. З метою регулювання енергоефективності був прийнятий міжнародний стандарт ISO 50001.

На рівні нормативів в Україні розпочалася реалізація енергоефективності у новому будівництві та реконструкції існуючих будівель для житлового та громадського використання з моменту введення ДБН В.2.6-31-2006 "Теплова ізоляція будівель" у 2007 році. Це було доповнено ДСТУ Б А.2.2-8:2010, яка включала окремий розділ "Енергоефективність" до проектної документації. На той момент українські нормативи енергоефективності будівель відповідали Європейській директиві 2002/91/ЄС.

З введенням стандарту ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 у 2013 році відбувся перехід на новий рівень оцінки енерговитрат будівель, де, окрім опалення, передбачалося враховувати також охолодження. Вихід на новий рівень проектування було зумовлено виходом ДСТУ Б А.2.2-12:2015 "Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні", який, враховуючи відповідні нормативи, пропонує метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Таким чином, з'явилася можливість оцінювати річний цикл експлуатації будівлі та її загальні енерговитрати.

Стандарт ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 визначає три основні методи оцінки енерговитрат: сезонний або помісячний, спрощений погодинний та деталізоване моделювання. В Україні прийнятий перший метод оцінки.

Адміністративно-виробнича (службова) будівля (літери А-1, А-2)

1.1 Характеристика об'єкта

Адміністративно-виробнича (службова) будівля 2-поверхова, прямокутної в плані розмірами 72,7 × 18,7 м, без підвалу із зовнішніми стінами з силікатної цегли (рис. 1). По осях 1-10 будівля одноповерхова, висотою Н = 4,9 м, де розташовані навчальні кабінети, спортивний зал, ящики для спеціальних машин. В осях 10-13 розташована двогілкова будівля, висотою Н = 5,9 м, де розташовані адміністративно-службові приміщення загону. Будівля являє собою змішану структурну систему. По осях 2-10 - поздовжньо-стінова система. Несучими елементами є поздовжні цегляні стіни в рядах А, В, D і окремо стоячі цегляні колони перетином 94 x 53 см в ряду D. В осях 1-2, 10-13 розташована поперечно-стінна система. Несучими елементами є поперечні стіни. Фундаменти для несучих внутрішніх і зовнішніх стін - стрічкові бетонні (бутобетонні), мелкозаглубление, Для колон - окремо стоїть бетон. Міжповерхові перекриття та покриття двоповерхової частини будівлі виконані зі збірних залізобетонних пустотних плит. В одноповерховій частині будівлі покриття виконується зі стандартних ребристих залізобетонних плит 1,5 x 6 м і 3 x 6 м, що спираються як на стіни, так і на односкілі залізобетонні балки Т-подібного перерізу прольотом 6 м по осях 3-10 рядів Б-Д.

Покрівля безмансарна, тепла односкіла, покрівля - руберойдний килим на мастиці. Перемички над віконними, дверними та дверними прорізами є типовими залізобетонними блоками. Внутрішні сходи в осях 10-11 виконані із залізобетонних композитних сходинок на металевих косоурах. Ненесучі перегородки та стіни оштукатурені з цегли. Підлоги в службових приміщеннях та аудиторіях дерев'яні, у виробничих приміщеннях, у вестибюлі та коридорі другого поверху - бетон, мозаїка. Вікна та міжкімнатні двері - ПВХ. Будівля електрифікована, обладнана водопроводом, каналізацією, тралове опалення. Ззовні навколо будівлі асфальтобетонне покриття.

Стіни двоповерхової частини будівлі вздовж ряду А та осі 13 облицьовані керамічною плиткою на всю висоту, решта будівлі не оштукатурена.

Ворота боксів для спецтранспорту металеві.

Результати обстеження:

Під час обстеження в несучих конструкціях двоповерхової частини будівлі (цегляні стіни, залізобетонні плити перекриття та даху, перемички та елементи сходової клітки) не виявлено тріщин, видимих прогинів, зсувів та елементів сходової клітки. Із зовнішнього боку двоповерхової частини будівлі, на рівні цоколя і по висоті віконних прорізів спостерігається масове відшарування від кладки стін і відпадання облицювальної плитки внаслідок неорганізованого водовідведення від покрівлі і часткового просідання і руйнування дорожнього одягу по осі 13 і ряду А. У несучих залізобетонних односхилих балках даху і ребристих покрівельних плитах 1,5 x 6,0 і 3,0 x 6,0 м в одноповерховій частині будівлі тріщини, Зрушень (зсувів) від точок опори, видимих прогинів, денудації та корозії арматури не виявлено. Поверхня стелі плит і балок в боксах для спецтранспорту покрита вапняним розчином, в інших приміщеннях - підвісна стеля. На цегляних колонах ряду Д і внутрішній несучій стіні ряду В порушень (тріщин, нерівномірного осідання) також не виявлено.

Окремі деформації у вигляді тріщин з отвором 0,5 - 1,5 мм спостерігаються в підвіконних частинах цегляної кладки вікон зовнішньої стіни по ряду А. У торцевій частині будівлі (вісь 1) є вертикальна наскрізна тріщина в кладці у верхній частині стіни між дверними і віконними прорізами, що перетинає до 6 рядів кладки з максимальним отвором до 8 - 10 мм. У зовнішній стіні дворового фасаду вздовж ряду Д біля отвору воріт коробки No 22 (вісь 2) у верхній її частині також є наскрізна тріщина давнього походження з отвором до 15 мм, оштукатурена всередині. При цьому стіни не виходили з площини і не втрачали своєї стійкості. Внутрішні ненесучі перегородки знаходяться в задовільному стані. Тротуар навколо будівлі вздовж головного фасаду (ряд А) та торця (вісь 1) місцями просів та зламався, атмосферна вода з будівлі не відводиться. В цілому можна констатувати, що несучі та огорожувальні цегляні стіни двоповерхової

частини будівлі і стрічкові фундаменти під ними знаходяться в задовільному стані і придатні для подальшої експлуатації за прямим призначенням. Відсутність тріщин, видимих прогинів, оголеної арматури, зсувів з точок опори залізобетонних елементів (стержневих перемичок над прорізами, збірних залізобетонних пустотних плит, ребристих плит 1,5 x 6,0; 3,0 x 6,0 м, односхилих залізобетонних балок в покритті і перекриттях) всього адміністративно-виробничого (службового) будівлі в цілому характеризує їх технічний стан як задовільний. Подібним технічним станом характеризуються цегляні колони на ряду Д та елементи внутрішньої сходової клітки і ганку двоповерхової частини будівлі.

Рис.1.2 - план 2-го поверху А-2.

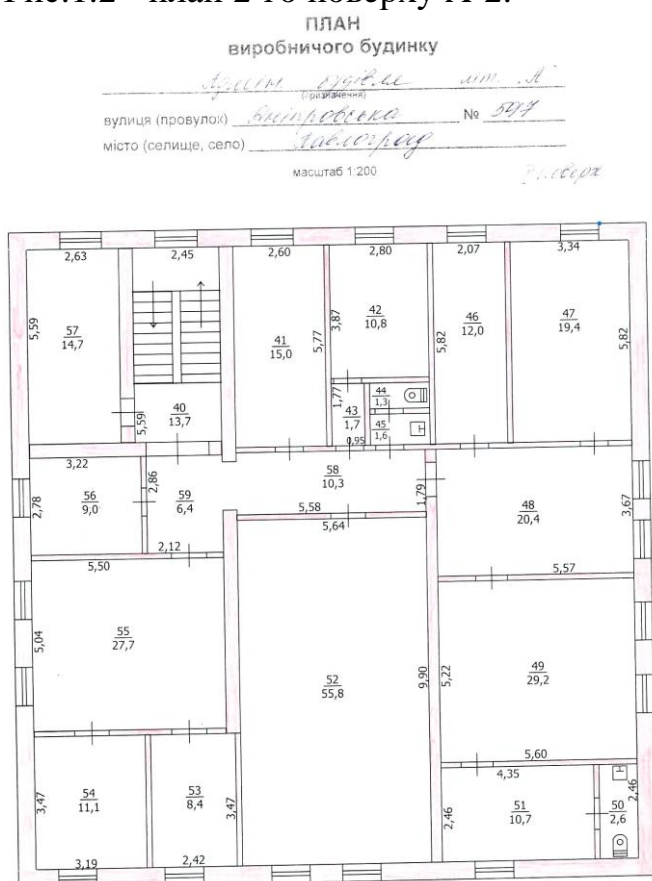
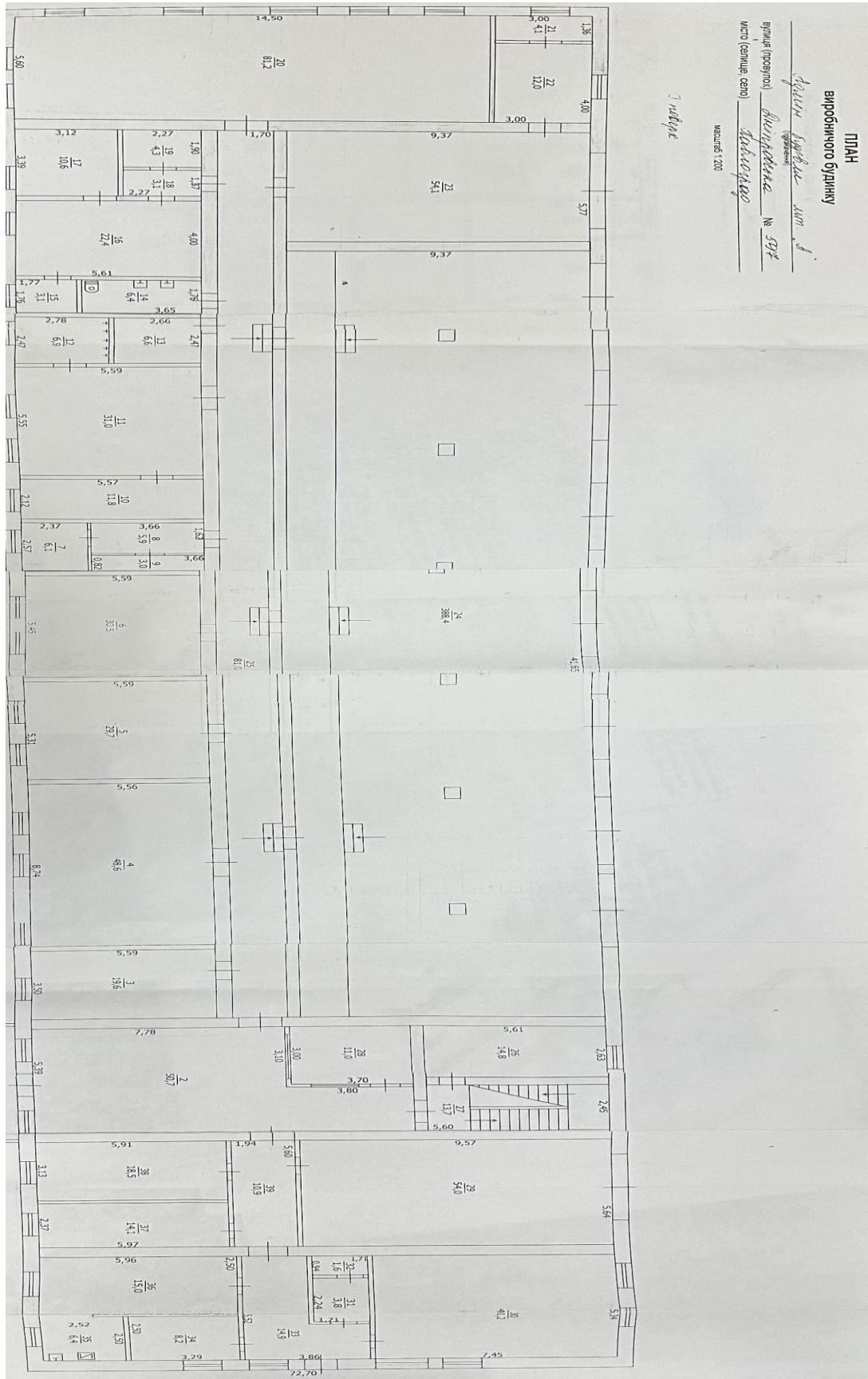


Рис.1.3 - план 1-го поверху А-1



Таблиця 1.1 – Фактичні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі		Площа $A, \text{ м}^2$	Приведений коефіцієнт теплопередачі і-го елемента будівлі $U_i, \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ К})$	Коефіцієнт теплопередачі трансмісією у загальному випадку. $H_x, \text{ Вт}/\text{ К}$
	Існує	Мінімаль			
Зовнішні стіни					
A-1	0,93	3,3	590,5	1,08	637,34
A-2	0,93	3,3	434,5	1,08	469,26
Усього:			1025		1106,6
Суміщені перекриття	-	-	-	-	-
A-1	1,21	4,75	1034,5	0,83	858,64
A-2	1,21	4,75	325,0	0,83	269,75
Усього:			1359,5		1128,4
Усього:					
Підлога	-	-	-	-	
A-1	0,26	-	1034,5	0,35	362,08
A-2	0,26	-	325,0	0,35	113,75
Усього:			1359,5		1128,4

Світлопрозорі огорожувальні конструкції					
A-1	0,35		40	2,86	114,4
A-2	0,35		50	2,86	143,0
Усього:			90		257,4
Зовнішні двері					
A-1	-		-		
A-2	0,5		6,6	2	13,2
Усього:	0,5		6,6	2	13,2
Ворота					
A-1	0,2		110,0	5	550,0
A-2	0,2		13,5	5	67,5
Усього:			123,5	10	617,5
$H_{tr,adj}$					4251,5

1.1 Характеристика огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни

Конструкція зовнішніх стін – цегляна кладка на песчано-цементному розчині, товщиною 0,5 м. Технічний стан огорожувальних конструкцій будівлі – задовільний. На час проведення енергетичного обстеження значних пошкоджень і деформацій фасадів будівель немає.

1 шар: цегляна кладка $\lambda=0,7 \frac{Вт}{м \cdot К}$ товщина $\delta=0,5$ м;

2 шар: внутрішня цементно-піщана штукатурка $\lambda=0,87 \frac{Вт}{м \cdot К}$ товщина $\delta=0,05$ м;

Розрахуємо термічний опір зовнішніх стін та порівняємо з нормативним значенням в І кліматичній зоні:

$$R_{cm} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{кб}}{\lambda_{кб}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{23} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,5}{0,7} + \frac{1}{8,7} = 0,93 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}. \quad (1.1.1)$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін:

$$R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідають нормативним.

Вікна.

В будівлі встановлені вікна на основі ПВХ-профілів із засклінням двокамерними склопакетами з селективним низькоемісійним покриттям та дерев'яні однокамерні вікна.

Опір теплопередачі кожного з типів вікон:

- металопластикові вікна $R_{МП} = 0,35 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$.

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон становить:

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

На момент проведення енергетичного обстеження технічний стан існуючих ПВХ віконних блоків – задовільний.

Зовнішні двері та ворота.

Вхідні двері – ПВХ без утеплювача з дотягувачем. На момент проведення енергетичного обстеження знаходяться у доброму стані.

Двері корпусу:

- двері типу 1 (ПВХ подвійні) $R_{\text{ПВХ}} = 1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;
- двері типу 2 (дерев'яні) $R_{\text{ДЕР}} = 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;
- двері типу 3 (металічні не утеплені) та ворота $R_{\text{МЕТ не ут}} = 0,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;
- двері типу 4 (металічні утеплені) $R_{\text{МЕТ ут}} = 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Середньозважене значення термічного опору дверей становить $R_{q \text{ min}} = 0,56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Приведений опір не відповідає мінімально допустимим вимогам.

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей становить $R_{q \text{ min}} = 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Дах(суміщенні прекреття).

Дах будівлі без технічного поверха. Покрівля плоска з м'яким покриттям. Проводився частковий ремонт даху, а саме: перекриття руберойдом. Технічний стан даху – задовільний.

Значення мінімального термічного опору даху становить $R_{q \text{ min}} = 0,83 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Приведений опір не відповідає мінімально допустимим вимогам.

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху становить $R_{q \text{ min}} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Підлога.

Підлога бетонна ,без підвалу по ґрунту, розрахунок коефіцієнту теплопередачі підлоги по ґрунту робимо згідно додатку Б ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для неізольованої або посередньо ізольованої підлоги:

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + dt} \ln\left(\frac{\pi B}{dt} + 1\right) = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (1.1.2)$$

1.2 Характеристика інженерних мереж

До інженерних мереж відносять наступні системи:

- Система опалення;
- Система охолодження, кондиціювання та вентиляції;
- Система гарячого водопостачання;
- Система освітлення.

Система опалення.

Теплопостачання будинку на потреби опалення здійснюється централізовано від зовнішніх водяних теплових мереж котельні. В будівлі відсутні абоненти з автономним опаленням. Загальний стан системи опалення – задовільний.

-Температурний графік 80/60°C.

-Схема підключення – залежна (приєднана безпосереднім способом).

-Циркуляція теплоносія в будинку примусова, механічна. Комерційний облік спожитої електроенергії здійснюється лічильником.

-Вузол теплового вводу знаходиться на поверхні. Теплова ізоляція вузла теплового вводу, у задовільному технічному стані.

-Магістральні трубопроводи, що прокладенні в технічному підвалі знаходяться в задовільному стані. Заміна сталевих трубопроводів не здійснювалась.

-За паспортом приєднання приладів опалення здійснено послідовно, з застосуванням обвідного трубопроводу (байпасу), без запірної арматури та термостатичних клапанів.

Система охолодження, кондиціонування, вентиляції.

Система охолодження відсутня. Відповідно до проекту будівництва, в будівлі передбачено витяжну систему вентиляції з природним натисканням. Приплив свіжого повітря неорганізований і забезпечується через віконні прорізи або нещільність вікон і дверей. Видалення відпрацьованого повітря з приміщень відбувається за допомогою витяжних решіток та вертикальних збірних вентиляційних каналів за рахунок гравітаційного тиску. Гравітаційна витяжна система вентиляції будинку знаходиться у задовільному стані.

Система постачання гарячої води.

Централізоване гаряче водопостачання будівлі – відсутнє. Джерело гарячого водопостачання – електричні накопичувальні та проточні водопідігрівачі. Загальний стан системи гарячого водопостачання – задовільний.

Система освітлення.

Протягом періоду експлуатації було проведено заміну певної частини світильників на світильники з LED-технологією, що характеризуються високою енергоефективністю та відповідають класу А. Щодо інших джерел освітлення, таких як лампи розжарювання (клас G) та люмінесцентні лампи (клас B), їх енергетична ефективність залишається менш ефективною. Вмикання та вимикання системи освітлення здійснюється вручну. Рівень загального

освітлення в окремих приміщеннях не відповідає нормативам, визначеним згідно з ДБН В.2.5-28. Однак загальний технічний стан внутрішньої системи освітлення є задовільним..

Регулювання енергоспоживання.

Під час огляду будівлі виявлено, що регулювання витрати енергії на опалення можливе лише за допомогою ручних кранів у системі теплопостачання. Згідно зі стандартом ДСТУ Б EN 15232:2011, обладнання та системи автоматизації, що використовуються в будівлях, надають ефективні функції для управління опаленням, вентиляцією, охолодженням, гарячим водопостачанням, освітленням, живленням побутових приладів і т.д., що призводить до підвищення функціональної та енергетичної ефективності будівель. Комплексні та інтегровані функції енергозбереження та відповідні режими експлуатації можуть бути налаштовані відповідно до реальних потреб споживача для уникнення непотрібного використання енергії та зменшення викидів CO₂. Функції технічного управління будівлею, як частина системи управління будівлею, надають інформацію щодо експлуатації, технічного обслуговування, служб обслуговування та управління будівлями, переважно для управління енергоспоживанням - вимірювання, документування результатів, видача аварійних повідомлень та виявлення надмірного використання енергії. Управління енергоспоживанням включає в себе документацію, управління, моніторинг, оптимізацію, визначення та виконання підтримуючих та запобіжних заходів для поліпшення енергоефективності будівель.

Впровадження системи АСМУБ, АМУБ та ТУБ проводять поступово. Тому на першому етапі до впровадження запропоновані найпростіші системи.

Автоматизація системи опалення.

Встановлюємо:

- управління та моніторинг виділення енергії – місцеве автоматичне регулювання терморегуляторами на опалювальних приладах приміщення (клас C);
- управління та моніторинг розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі – в залежності від погодних умов (клас C);
- регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів – двопозиційне управління та моніторинг (клас C);
- управління та моніторинг періодичності зниження виділення енергії системою та/або розподілення теплоносія – автоматичне програмоване управління та моніторинг за розкладом (клас C);
- управління та моніторинг джерела енергії за змінною температурою залежно від погодних умов (клас A);
- упорядкування джерел енергії за пріоритетністю, що базується лише на навантаженнях(клас C).

Система вентиляції.

- Управління та моніторинг повітряного повітря в приміщенні – ручне управління та моніторинг (клас D);
- Управління та моніторинг витрати повітря при його підготовці – двопозиційне управління та моніторинг за періодом часу (клас A);
- Управління та моніторинг захисту теплообмінника від переохолодження (клас A);
- Управління та моніторинг захисту теплообмінника від перегрівання (клас A);
- Використання повітря з низькою температурою у системах охолодження з механічним спонуканням – використання зовнішнього повітря з низькою температурою в нічний період часу (клас C);

- Управління та моніторинг температури припливного повітря – з постійним значенням заданої температури (клас С);
- Управління та моніторинг вологості – обмеження вологості припливного повітря).

Управління та моніторинг освітлення.

- Управління та моніторинг за присутності людей у приміщенні – автоматичне виявлення присутності людей та автоматичне вмикання/вимикання (клас А);
- Управління та моніторинг зовнішнього денного освітлення – автоматичне (клас А).

Технічне управління будівлею (ТУБ).

- Виявлення несправностей систем житла та будівлі і забезпечення підтримки для їх діагностики (клас А);
- Звітна інформація стосовно енергоспоживання, внутрішніх умов та можливості удосконалення (клас А).

Система автоматизації будівлі.

- Автоматизована система моніторингу та управління будівлею – централізоване пристосування АСМУБ до потреб користувачів, наприклад, розкладу роботи, заданих значень тощо (клас С).
-

Характеристика системи електропостачання

Постачальником електричної енергії для будівлі є ПАТ «ДТЕК Дніпровські Електромережі». Електропостачання споруди здійснюється за магістральною схемою електричних мереж. Розподіл електроенергії здійснюється двома

кабелями ААБ2Л 3х90 довжиною 10 м на напрузі 0,4кВ від ТП-47 та трьома кабелями ААБ 3х185 довжиною 25 м від ТП-47.

Фактичне енергоспоживання будівлі

Нижче у таблиці 1.2 приведений енергетичний баланс, який складений виходячи з фактичного споживання енергоресурсів при зазначених вище показниках ефективності інженерних систем та існуючих параметрах внутрішнього повітря.

Таблиця:1.2 - фактичне енергоспоживання.

		Електроенергія, кВт·год		
		2021	2022	2023
		Місяць	кВт·год	кВт·год
Електроенергія (актив)	Січень	0	<u>6576</u>	<u>9227</u>
	Лютий	4006	<u>6317</u>	<u>9548</u>
	Березень	8398	<u>6756</u>	<u>8096</u>
	Квітень	10626	<u>8051</u>	<u>9594</u>
	Травень	7424	<u>6091</u>	<u>6538</u>
	Червень	6197	<u>4975</u>	<u>4211</u>
	Липень	6370	<u>5523</u>	<u>4231</u>
	Серпень	7991	<u>5994</u>	<u>6722</u>
	Вересень	6190	<u>6122</u>	<u>4446</u>
	Жовтень	10790	<u>7709</u>	<u>8954</u>
	Листопад	10804	<u>9242</u>	<u>9780</u>
	Грудень	6025	<u>8471</u>	<u>7873</u>
УСЬОГО:				
		Місяць	кВт·год	кВт·год

Електроенергія (реактив)	Січень	1	<u>5261</u>	<u>7382</u>
	Лютий	1	<u>5053</u>	<u>7638</u>
	Березень	1	<u>5405</u>	<u>6476</u>
	Квітень	8501	<u>6441</u>	<u>7675</u>
	Травень	5939	<u>4873</u>	<u>5230</u>
	Червень	4957	<u>3980</u>	<u>3368</u>
	Липень	5096	<u>4419</u>	<u>3384</u>
	Серпень	6393	<u>4795</u>	<u>5377</u>
	Вересень	4952	<u>4897</u>	<u>3557</u>
	Жовтень	8632	<u>6167</u>	<u>7545</u>
	Листопад	8644	<u>7394</u>	<u>6997</u>
Грудень	7124	<u>6777</u>	<u>7230</u>	
УСЬОГО:				
	Місяць	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Електроенергія (розподіл)	Січень	0	<u>6576</u>	<u>9227</u>
	Лютий	4006	<u>6317</u>	<u>9548</u>
	Березень	8398	<u>6756</u>	<u>8096</u>
	Квітень	10626	<u>8051</u>	<u>9594</u>
	Травень	7424	<u>6091</u>	<u>6538</u>
	Червень	6197	<u>4975</u>	<u>4211</u>
	Липень	6370	<u>5523</u>	<u>4231</u>
	Серпень	7991	<u>5994</u>	<u>6722</u>
	Вересень	6190	<u>6122</u>	<u>4446</u>
	Жовтень	10790	<u>7709</u>	<u>8954</u>
	Листопад	10804	<u>9242</u>	<u>9780</u>
Грудень	6025	<u>8471</u>	<u>7873</u>	
	Усього			

	Місяць	Гкал	кВт·год	Гкал	кВт·год	Гкал	кВт·год
Теплопостачання	Січень	78,531	91331,5	36,029	41901,7	34,255	39838,6
	Лютий	78,155	90894,3	53,54	62267,0	62,765	72995,7
	Березень	54,215	63052,1	58,57	68116,9	45,037	52378,0
	Квітень	0		0			
	Травень	0		0			
	Червень	0		0			
	Липень	0		0			
	Серпень	0		0			
	Вересень	0		0			
	Жовтень	34,725	40385,2	0			
	Листопад	25,53	29691,4	28,54	33192,0	27,978	32538,4
	Грудень	75,69	88027,5	64,89	75467,1	70,134	81565,8

Висновки до розділу:

При проведенні обстеження були виявлені:

- Відхилення від нормативних значень мінімально допустимого опору – огорожувальних конструкцій, вікон, дверей, горища та підвалу;
- Відхилення освітлення приміщень від нормативного значення;
- Система опалення знаходиться у робочому стані, але потребує модернізації;
- Система вентиляції – природна. Приплив свіжого повітря неорганізований.

Пропонується виконати:

- Модернізацію інженерних систем
- Утеплення фасаду;
- Утеплення горища;
- Встановлення ФЕС;
- Впровадження системи АМУБ.

У результаті модернізації будівля перейде з класу Е у клас В. Енергетичний сертифікат будівлі для фактичного стану приведений у додатку Г.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.

2.1 Розрахунок енергопотребы на опалення та охолодження

Для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{H,nd}$, Вт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (2.1.1)$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для охолодження $Q_{C,nd}$, Вт·год, за умови постійного охолодження, розраховують за формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad (2.1.2)$$

де $Q_{C,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного охолодження будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт ·год;

$\eta_{C,ls}$ – безрозмірний коефіцієнт використання втрат.

Сумарна теплопередача та теплові надходження.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу, Q_{ht} , Вт·год, ($Q_{H,ht}$ – для режиму опалення, $Q_{C,ht}$ – для режиму охолодження) визначають за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.1.3)$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;

Q_{ve} – сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

Сумарні теплові надходження, Q_{gn} , Вт·год, ($Q_{H,gn}$ – для режиму опалення, $Q_{C,gn}$ – для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (2.1.4)$$

де Q_{int} – сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год;

Q_{sol} – сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год.

Теплопередача трансмісією.

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

- для опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_C)t \quad (2.1.5)$$

-для охолодження:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,C} - \theta_C)t \quad (2.1.6)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні;

$\theta_{int,Set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_{int,Set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С;

θ_C – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [2];

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком А [2].

Теплопередача або частина теплопередачі може мати від'ємний знак протягом певного періоду.

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (2.1.7)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку H_x , що відображає H_D , H_g , H_U або H_A , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \sum A_i U_i \quad (2.1.8)$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м² К). що становить $U_i = 1/R_{\Sigma pri}$;

$R_{\Sigma pri}$ – приведений опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, м² К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [4].

Для світлопрозорих елементів приймається за відповідними стандартами;

$b_{tr x}$ – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт b коригує коефіцієнт замість різниці температур.

Внутрішні тепло надходження.

Теплові потоки з внутрішніх джерел, включаючи витрати тепла на холодні джерела або "стоки" (наприклад, розсіяна теплота з кондиціонованого приміщення), визначаються як будь-яке тепло, що виникає в середовищі з кондиціонування, за винятком того, яке спеціально використовується для опалення, охолодження або нагрівання гарячою водою.

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
- теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = \left(\sum \Phi_{int,mn,k} A_f \right) t$$

(2.1.9)

де $\Phi_{\text{int,mm,k}}$ - усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м, з таблиці 6 [2];

A_f - кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t - тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Усі розрахунки і результати зводимо до таблиці 2.1.1 і таблиці 2.1.2

Таблиця 2.1.2 - енергопотреба на охолодження.

Місяць	Тривалість охолодження	Зовнішня температура	Внутрішня температура	Теплопердача трансмісією	Теплопердача вентиляцією	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх	Сонячні надходження	Теплонадходження від людей	Річна енергопотреба на охолодження
Січень	0	-4,7	24,00	0	0	13	37	40	13	0	0	0
Лютий	0	-3,8	24,00	0	0	24	58	62	24	0	0	0
Березень	0	1,1	24,00	0	0	38	79	83	39	0	0	0
Квітень	0	9,6	24,00	0	0	56	97	94	55	0	0	0
Травень	0	16	24,00	0	0	81	112	110	79	0	0	0
Червень	8	19,6	24,00	23708,0	3611,2	94	114	113	90	16903,1	7734,0	6744,5
Липень	31	21,6	24,00	13362,7	2035,4	87	115	112	86	16620,7	7734,0	11577,8
Серпень	9,167	20,7	24,00	18373,7	2798,7	69	118	117	68	14304,4	7734,0	7109,8
Вересень	0	15,4	24,00	0	0	46	109	110	46	0	0	0
Жовтень	0	8,6	24,00	0	0	22	77	77	22	0	0	0
Листопад	0	2,2	24,00	0	0	12	38	39	12	0	0	0
Грудень	0	-2,5	24,00	0	0	9	28	29	9	0	0	0

Сонячні тепло надходження.

Сонячна радіація є джерелом теплових потоків від сонця, і її характер у даній місцевості визначається орієнтацією поверхонь, які її сприймають, наявністю постійних або рухомих затінь, а також характеристиками теплопередачі цих поверхонь. Коефіцієнт, який враховує характеристики та площу поверхонь, які сприймають сонячну радіацію (враховуючи вплив затінення), отримав назву еквівалентної площі інсоляції. Загальні теплові надходження від сонця:

:

$$Q_{sol} = \left(\sum \Phi_{sol,mn,k} \right) t, \text{ Вт} * \text{ год} \quad (2.1.10)$$

де Φ_{sol} - усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t - тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах, приймають згідно з додатком А [2].

Сонячні тепло надходження через k-тий елемент будівлі $\Phi_{sol,k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k} \quad (2.1.11)$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні і дорівнює 1;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з додатком А [2];

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів.

Еквівалентна площа інсоляції зашкленого елемента A_{sol} , м², оболонки розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p} \quad (2.1.12)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

g_{gl} - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної проекції зашкленого елемента;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції зашкленого елемента, м².

Конструкції, які пропускають сонячні теплові потоки до будівлі, розташовані з трьох сторін світу. Середньомісячна сонячна радіація на відповідних поверхнях визначена згідно з додатком А [2] і представлена у таблиці.

Світлопрозорі конструкції, які використовуються для оздоблення будівлі, включають в себе вікна на основі ПВХ-профілів із зашкленням двокамерними склопакетами з селективним покриттям і дерев'яні однокамерні вікна. Коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 8 [2] для першого типу вікон становить $g_n = 0,58$, а для другого типу – $g_n = 0,75$.

Осереднене за часом значення загального коефіцієнта пропускання сонячної енергії, яке трошки менше за g_n , обчислюється за наступною формулою.:

$$g_{gl} = F_w g_n \quad (2.1.13)$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для не розсіювального скління, приймають рівним 0,9.

Якщо завіса, яка завжди залишається закритою (наприклад, фіксована), є присутня всередині чи ззовні приміщення, загальна прозорість для сонячного випромінювання зменшується. У цьому випадку, для визначення загального коефіцієнта прозорості скла з постійною завісою (g_{gl}), загальний коефіцієнт прозорості сонячного випромінювання скла необхідно помножити на понижувальний коефіцієнт.

Зводимо усі елементи до таблиці 2.1.3.

Таблиця 2.1.3 - значення параметрів для розрахунку еквівалентної площі інсоляції для зашкленних елементів.

	Фасад	ПнСх	ПдСх	ПдЗх	ПнЗх
Площа	$A_{w,p}, m^2$	33,6	28,8	56,0	25,6
Коефіцієнт затінення	$F_{sh,ob,k}$	1	1	1	1
Частка площі обрамлення	F_F	0,3	0,3	0,3	0,3
Коефіцієнт пропускання сонячної енергії	g_n	0,75	0,75	0,75	0,75
Поправочний коефіцієнт скління	F_w	0,9	0,9	0,9	0,9
Понижувальний коефіцієнт	-	0,9	0,9	0,9	0,9
Загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії	g_{gl}	0,68	0,68	0,68	0,68
Еквівалентна площа інсоляції	$A_{sol,k}, m^2$	15,99	13,71	26,66	12,19

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі.

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , m^2 , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \quad . \quad (2.1.14)$$

де $\alpha_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 10 [2];

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, m^2 К/Вт, приймають 0,043 m^2 К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(m^2 К); для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горизонтних покриттів значення необхідно помножити на коефіцієнт 0,04;

A_c – площа проекції непрозорої частини, m^2 .

Зводимо усі елементи до таблиці 2.1.4.

Таблиця 2.1.4 - значення параметрів для розрахунку еквівалентної площі інсоляції непрозорих елементів.

	Фасад	ПнСх	ПдСх	ПдЗх	ПнЗх	Перекриття
Площа	A_c , m^2	559,8	534,52	525,2	626,49	2578,0
Безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною	$\alpha_{S,c}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9
Тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини	R_{se} , m^2 К/Вт	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини	U_c , Вт/(м ² К)	1,08	1,08	1,08	1,08	0,83
Еквівалентна площа інсоляції	A_{sol} , м ²	15,59	14,89	14,63	17,45	82,8

Теплове випромінювання в атмосфері.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \quad (2.1.15)$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м² К/Вт, приймають 0,043 м² К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м² К);

A_c – площа проекції елемента, м²;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м² К);

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають = 11 К.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні h_r , Вт/(м² К), може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4\varepsilon\sigma(\theta_{ss} + 273)^3 \quad (2.1.16)$$

де ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають згідно з таблицею 10 [2] або за довідковими даними залежно від її типу;

σ – стала Стефана-Больцмана дорівнює $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² К⁴);

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосферного.

При першому наближенні h_r приймають 5ε Вт/(м²К), що відповідає середній температурі 10 °С.

Зводимо усі результати до таблиці 2.1.5.

Таблиця 2.1.5 - значення параметрів для розрахунку додаткового теплового випромінювання в атмосферу.

Тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини	$R_{se}, \text{ м}^2/\text{КВТ}$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини	$U_c, \text{ ВТ}/(\text{м}^2 \text{ К})$	1,08	1,08	1,08	1,08	0,83
Площа проекції елемента	$A_c, \text{ м}^2$	559,8	534,52	525,2	626,49	2578,0
Коефіцієнт теплопередачі нвипромінюванням зовнішньої поверхні	$h_r, \text{ ВТ}/(\text{м}^2 \text{ К})$	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери	$\Delta\theta_{er}, \text{ К}$	11	11	11	11	11
Додатковий тепловий потік за рахунок випромінювання в атмосферу	$\Phi_r, \text{ ВТ}$	1286,8 6	1228,7 4	1207,3 2	1440,1 6	4554,4 4

Таблиця 2.1.6 - значення параметрів для розрахунку сонячних тепло надходжень через k-тий елемент будівлі $\Phi_{sol,k}$, Вт

Фасад	ПнСх	ПдСх	ПдЗх	ПнЗх	ПнСх	ПдСх	ПдЗх	ПнЗх	Горизонтальна поверхня	
Параметр	$I_{sol,k}$, Вт/м ²	$I_{sol,k}$, Вт/м ²	$I_{sol,k}$, Вт/м ²	$I_{sol,k}$, Вт/м ²	$\Phi_{sol,k}$, Вт	$\Phi_{sol,k}$, Вт	$\Phi_{sol,k}$, Вт	$\Phi_{sol,k}$, Вт	$\Phi_{sol,k}$, Вт	Φ_{sol} , Вт
Січень	13	37	40	13	-273,944	338,01	882,78	-373,292	-2095,28	-1521,73
Лютий	24	58	62	24	38,698	878,55	1700,322	-79,856	140,32	2678,034
Березень	38	79	83	39	436,606	1419,09	2480,703	320,284	3493,72	8150,403
Квітень	56	97	94	55	948,202	1882,41	2889,474	747,1	7294,24	13761,43
Травень	81	112	110	79	1658,752	2268,51	3484,05	1387,324	11914,48	20713,12
Червень	94	114	113	90	2028,238	2319,99	3595,533	1680,76	13852	23476,52
Липень	87	115	112	86	1829,284	2345,73	3558,372	1574,056	13032,28	22339,72
Серпень	69	118	117	68	1317,688	2422,95	3744,177	1093,888	10647,64	19226,34
Вересень	46	109	110	46	663,982	2191,29	3484,05	507,016	6921,64	13767,98
Жовтень	22	77	77	22	-18,146	1367,61	2257,737	-133,208	1705,24	5179,233
Листопад	12	38	39	12	-302,366	363,75	845,619	-399,968	-1797,2	-1290,17
Грудень	9	28	29	9	-387,632	106,35	474,009	-479,996	-2765,96	-3053,23

2.2. Теплопередача вентиляцією

Система вентиляції будівлі природна. Проектна кількість людей у приміщенні – 75 осіб. Тривалість перебування людей на об'єкті – 168/50 год/тиждень.

При вентиляції (природній, припливно-витяжній) без попереднього підігріву, та без утилізації теплоти температуру припливного повітря $\theta_{sup,k}$ приймають рівною середньомісячній температурі зовнішнього середовища θ_e згідно з додатком А [2]. Внаслідок цього, температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для витрати потоку повітря від зовнішнього середовища дорівнює $b_{ve,k} = 1$.

Мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину q_p дорівнює $4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$ та мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень q_v дорівнює $0,4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при допустимих умовах мікроклімату згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [3].

Загальна питома витрата вентиляційного повітря в приміщенні взводу, при низькому рівні забруднення повітря будівлі $q_{tot, s}$ дорівнює $6,1 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ за допустимих умов мікроклімату.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \sum b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{К}} \quad (2.2.1)$$

де $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму дорівнює $0,33 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$;

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k-го елемента повітряного потоку і дорівнює 1;

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k-го елемента, $\text{м}^3/\text{год}$, визначають за наступною формулою:

$$\begin{aligned}
 q_{ve,k,mn} &= \left(S \cdot q_B + n \cdot q_p \cdot \frac{T_{\text{перебув}}}{24 \cdot 7} \right) \cdot 3,6 = \\
 &= \left(2000 \cdot 0,4 + (50 \cdot 4 \cdot \frac{50}{168} + 25 \cdot 4 \cdot \frac{168}{168}) \right) \\
 &\cdot 3,6 = 3454,29 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}
 \end{aligned}
 \tag{2.2.2}$$

де S – кондиційована площа, м^2 ;

n – проектна кількість людей у приміщенні, осіб;

$T_{\text{перебув}}$ – тривалість перебування людей на об'єкті, год/тиждень.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією:

$$\begin{aligned}
 H_{ve,adj} &= \rho_a c_a \sum b_{ve,k} q_{ve,k,mn} = 0,33 \cdot 1 \cdot 3454,29 = \\
 &= 1139,9 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}
 \end{aligned}
 \tag{2.2.3}$$

Усі дані заносимо до таблиці 2.2.1

Таблиця 2.2.1 - теплопередача вентиляцією.

Тип системи вентиляції	Природна	
Теплоємність повітря	$\rho_a c_a$, $\text{Вт} \cdot \text{год} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$;	0,33
Усереднена за часом витрата повітря	$q_{ve,k,mn}$, $\text{м}^3 / \text{ГОД}$	3454,59
Температурний поправочний коефіцієнт	$b_{ve,k}$	1
Кратність повітрообміну приміщення	$n_{inf,mn}$, ГОД^{-1}	1
Загальна питома витрата вентиляційного повітря згідно з таблицею Х.2 [3]	$q_{tot,s}$, $\text{дм}^3 / (\text{с} \cdot \text{м}^2)$	6,4
Кондиціонована площа	S	2000
Проектна кількість людей у приміщенні	n	50(25)

Мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину згідно з таблицею Х.1 [3]	$q_p, \text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{людина})$	4
Мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень згідно з таблицею Х.1 [3]	$q_b, \text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$	0,4
Тривалість перебування людей на об'єкті	год/тиждень	50(168)
Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією	Вт/К	1139,9

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної z-ої зони за формулами:

- для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,set,H,z} - \theta_e)t \quad (2.2.4)$$

- для охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,set,H,z} - \theta_e)t + \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} H_{ve,extra,j,k} (\theta_{int,set,C,z} - \theta_{e,j}) \right) \quad (2.2.5)$$

де $H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve,extra,j,k}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції (нічна вен тиліяція та/або природне охолодження) від k-го елемента, Вт/К;

$\theta_{jnt,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_{int,set,c,z}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С;

θ_e - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з додатком А [2];

$\theta_{e,j}$ – температура зовнішнього середовища, °С, для конкретної j-ої години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком А [2];

t - тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком А [2];

$f_{ve,extra,j,k}$ – частка роботи для конкретної-ої години доби i-го дня місяця від k-го елемента додаткової вентиляції (якщо нічна вентиляція та/або природне охолодження працює); $f_{ve,extra,j,k} = 1$, якщо не працює, $f_{ve,extra,j,k}=0$;

j = 1 до 24 – крок розрахунку в годинах;

j = 1 до N – крок розрахунку в добах (N = 31 для січня).

Теплопередача або частина теплопередачі може мати від'ємний знак протягом певного періоду в залежності від способу, в який теплота надходить до будівлі (зони).

2.3.Розрахунок освітлення.

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні W, кВт·год, розраховують за формулою:

$$W = W_L + W_P \quad (2.3.1)$$

де W_L – енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт·год;

W_P – паразитна енергія, що необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт·год.

Значення W_L розраховують за формулою:

$$W_L = (P_N \cdot F_C) \cdot ((t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)) \cdot \frac{A_f}{1000} = \quad (2.3.2)$$

$$= (6 \cdot 1) \cdot ((3000 \cdot 0,9 \cdot 1) + (2000 \cdot 0,9)) \cdot 2500 / 1000 = 67 \, 500 \text{ кВт/год};$$

де P_N – питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м²;
 F_C – постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання навантаження встановленого освітлення при функціонуючому контролі сталої освітленості зони, приймають згідно з таблицею 36 [2];

F_o – коефіцієнт використання освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, приймають згідно з таблицею 36 [2];

F_D – коефіцієнт природного освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, приймають згідно з таблицею 36 [2];

t_D – час використання природного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [2];

t_N – час використання штучного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [2];

A_f – кондиціонована площа будівлі, м².

Значення W_P розраховують за формулою:

$$W_P = (P_{em} + P_{pc}) A_f, \quad (2.3.3)$$

де P_{em} – загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт·год/м², приймають згідно з таблицею 36 [2]; (відсутня)

P_{pc} – загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт · год/м², приймають згідно з таблицею 36 [2];

A_f - кондиціонована площа будівлі, m^2 .

Питома потужність штучного освітлення становить $6 \text{ Вт}/m^2$, коефіцієнт яскравості – 1, коефіцієнт використання освітлення – 1, коефіцієнт природного освітлення – 1, час використання природного освітлення – 1800 год, час використання штучного освітлення – 200 год, кондиційована площа будівлі – $2500 m^2$. Енергія необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі дорівнює $67\,500 \text{ кВт}\cdot\text{год}$.

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні складає $67\,500 \text{ кВт}\cdot\text{год}$.

2.4. Енергопотреба та енергоспоживання гарячого водопостачання.

Річне енергоспоживання при постачанні гарячої води ($Q_{DHW,use}$), $\text{кВт}\cdot\text{год}$, розраховується за формулою:

$$Q_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,nd} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,colm} + Q_{W,em,l}}{\eta_{gen}}$$

(2.4.1)

де $Q_{DHW,nd}$ – енергопотреби гарячого водопостачання, $\text{кВт}\cdot\text{год}$;

$Q_{W,dis,ls}$ – річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води, $\text{кВт}\cdot\text{год}$;

$Q_{W,dis,ls,colm}$ – річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води, $\text{кВт}\cdot\text{год}$;

$Q_{W,em,l}$ – тепловтрати використаної води при водорозборі, $\text{кВт}\cdot\text{год}$;

η_{gen} – ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти визначається з додатком 1 наказу Мінрегіону від 11 липня 2018 року № 169 [6].

Енергопотреба для гарячого водопостачання ($Q_{DHW,nd}$), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{DHW,nd} = c_w \cdot V_w \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \cdot a_x, \quad (2.4.2)$$

де c_w – питома теплоємність води, 4,19 (кДж/кг·°С);

V_w – річний обсяг споживання води, (кг);

$\theta_{W,del}$ – встановлена температура подачі гарячої води, °С;

$\theta_{W,0}$ – середня річна температура холодної води, яку приймають рівною 10 °С;

a_x – коефіцієнт переведення, кДж, в кВт·год, який приймають рівним $0,278 \times 10^{-3}$ (кВт·год/кДж);

Річний обсяг споживання гарячої води, (V_w), кг, розраховується за формулою:

$$V_w = q_w \cdot n_m \cdot n_d \cdot \rho_w \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.3)$$

де q_w – середня за рік добова витрата води, (л/добу), яка визначається згідно Таблиць А.1 та А.2 [2] або розрахунковим шляхом, враховуючи фактичний обсяг споживання гарячої води, відповідно до показників вузла комерційного обліку, без врахування поставленої гарячої води для потреб басейнів (за наявності);

n_m – кількість розрахункових одиниць споживання гарячої води, вид яких визначається згідно Таблиць А.1 та А.2 [2], а кількість - згідно з фактичними значеннями;

n_d – кількість діб роботи системи гарячого водопостачання (діб);

ρ_w – густина води за нормальних умов (кг/м³).

Річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води $Q_{W,dis,ls}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{W,dis,ls} = \sum \frac{\psi_{W,j} L_{W,j} (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) t_w}{1000},$$

(2.4.4)

де $Q_{W,dis,ls}$ – річні тепловтрати підсистеми розподілення ГВП, кВт·год;

$\psi_{W,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К), визначається згідно з додатком 2 [6];

$L_{W,j}$ – довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$ – середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb,j}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

t_w – період користування ГВП (години/рік), що встановлюється при виявленні фактичного стану будівлі;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води $Q_{W,dis,ls,col,m}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off},$$

(2.4.5)

де $Q_{W,dis,ls,col,on}$ – тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls,col,off}$ – тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції (2.4.6), кВт·год;

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum \frac{\psi_{W,j} \cdot L_{W,j} (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) t_{w,on,i}}{1000}, \quad (2.4.6)$$

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum \frac{\rho_w c_w \cdot V_{W,dis,j} (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) n_{norm}}{1000}, \quad (2.4.7)$$

де $\psi_{W,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К), визначається згідно з додатком 2 [6];

$L_{W,j}$ – довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$ – середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb,j}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

$\rho_{w,cw}$ – теплоємність води, приймають 1150 Вт·год/(м³·К);

$V_{W,dis,l}$ – об'єм води, що міститься в секції трубопроводу, м³, визначений за допомогою значень довжини та діаметру трубопроводу;

$t_{w,on,j}$ – період циркуляції, години/рік; за відсутності точних даних приймають $t_{w,on} = 5840$ годин;

n_{norm} – кількість робочих циклів циркуляційного насоса протягом року; за відсутності точних даних приймають $n_{norm} = 1$ цикл в день;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Тепловтрати використаної води при водорозборі $Q_{W,em,l}$ кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{W,em,l} = \frac{Q_W \eta_{eq}}{100}, \quad (2.4.8)$$

де Q_W – річні енергопотреби ГВП, кВт·год;

η_{eq} – еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі, приймають згідно з даними тепловтрат використаної води при водорозборі у будівлях без циркуляційного контуру, наведених у додатку 7 [6], $\eta_{eq} = 10$.

Заносимо усі дані до таблиці 2.3.1

Таблиця 2.3.1 результати розрахунку ГВП

$Q_{DHW,use}$	23919,1	кВт·год
$Q_{DHW,nd}$	16845	кВт·год
$Q_{W,dis,ls}$	4672	кВт·год
$Q_{W,em,l}$	46,72	кВт·год
η_{gen}	97,00	%

2.5. Розрахунок встановлення ФЕС.

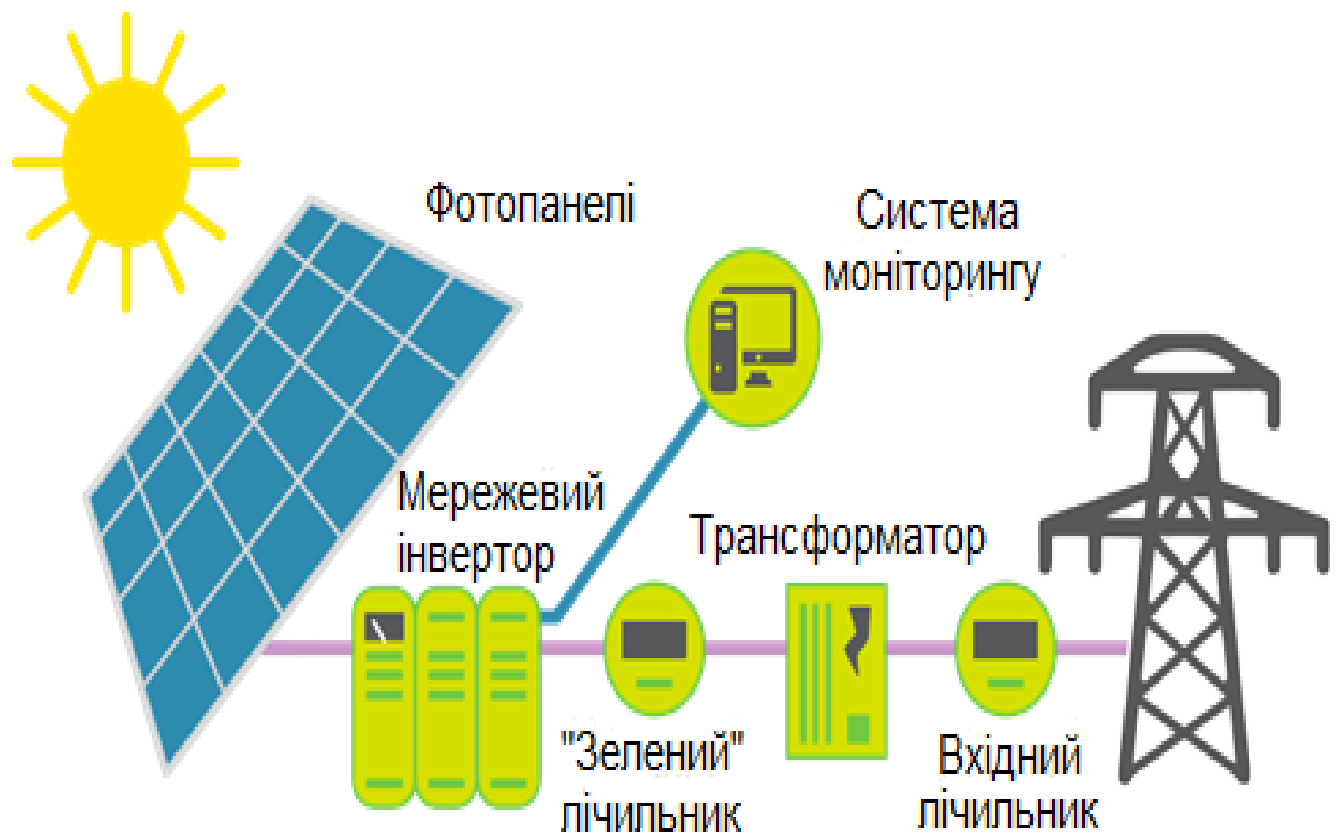
Загальні положення

Розрахунок і планування фотоелектричних установок відбувається на підставі існуючого законодавства, технічних умов, проєкту об'єкту.

Рис.2.1 - дахова мережева ФЕС (загальний вигляд).



Рис.2.2 – принципова схема ФЕС.



Вибір типу і параметрів фотоелектричних модулів (ФЕМ) до встановлення на ФЕС .

Точні розрахунки та інжиніринг систем енергопостачання з використанням відновлювальних джерел енергії є важливими для їх продуктивної та надійної експлуатації, а також для істотної економії ресурсів та мінімізації зовнішнього енергоспоживання. Для правильного розрахунку таких систем та врахування різних параметрів, що впливають на їх ефективність, застосовують спеціальні програми, автокалькулятори та статистичні метеодані, такі як сонячна інсоляція, швидкість вітру, температура та інші умови. Оскільки не існує універсального підходу до розрахунку всіх типів систем, виділимо основні параметри.

Кут нахилу панелей.

Кут нахилу розраховується за наступною формулою:

$$\beta = 0,76\varphi + 3,1^{\circ} = 0,76 * 48,5 + 3,1 \approx 40^{\circ}$$

де β – кут нахилу активної поверхні панелі до горизонту, $^{\circ}$; φ – широта місцевості, де встановлюється ФЕС, $^{\circ}$.

Рекомендації по установці фотомодулів. Для широт, що знаходяться в діапазоні до 25 градусів, значення широти потрібно помножити на коефіцієнт 0,87. Це буде найкращий кут по року, якщо не планується його міняти.

Для широт, що знаходяться в діапазоні від 25 до 50 градусів, значення широти потрібно помножити на коефіцієнт 0,76 і додати 3,1 градуса.

Якщо конструкція для орієнтації сонячних панелей передбачає зміну кута нахилу, можна застосувати такий спосіб: навесні і восени виставляють кут

нахилу сонячної панелі, рівний широті місцевості: взимку до широти додаємо 10-15 градусів, влітку від широти віднімається 10-15 градусів.

Слід розуміти, що максимальна кількість енергії забезпечує все ж трекер. Але вироблення установок без трекера, орієнтованих правильно (на південь, з дотриманням кута нахилу по широті) складають 70-75% від вироблення установок з трекером.

для Дніпра (широта 48 градусів) кут нахилу панелей = 39,8°.

Таблиця 2.5.1 – широта місцевості.

Місто	Широта	Довгота
Дніпро	48° 27'	34° 59'

Розрахунок приведених експлуатаційних параметрів ФЕМ.

1. Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму проектом слід передбачити встановлення фотоелектричних модулів ФЕМ певного типу, виробництва України (KNESS PV) або виробника зі списку TIER1 Bloomberg [4], які гарантують заявлені характеристики панелей та мають відповідні сертифікати якості.
2. Доцільно обирати монокристалічні модулі, які мають вищий ККД та ефективніше працюють у випадку хмарної погоди у порівнянні з полікристалічними, проте є дещо дорожчими. Порівняння доцільного варіанту повинно виконуватися шляхом проведення техніко-економічних розрахунків з обґрунтуванням доцільності кожного із запропонованих варіантів.
3. Для побудови автономних ФЕС рекомендується приймати фотоелектричні модулі з ККД не нижче 18% та потужністю STC не менше 300 Вт. Доцільно

використовувати паспортні параметри модуля з відповідної технічної документації на продукцію.

4. Конструктивні параметри ФЕМ: до складу модуля входить приєднувальна коробка, яка інтегрована в його конструкцію. Кожна коробка має подовжені виводи (два PV кабеля довжиною 1000-1200 мм кожен) з конекторами плюсового і мінусового виводів для швидкої комутації та виключення помилкових з'єднань. Модуль обрамлений в алюмінієву раму з технологічними отворами для його механічної фіксації на опорних металевих конструкціях.

Конструктивні параметри ФЕМ.

STC (Standard Test Conditions), що визначає стандартні тестові умови:

- рівень інсоляції повинен бути 1000 Вт на м²;
- температура сонячного модуля – 25°C;
- спектр випромінювання повинен відповідати відносній масі атмосфери 1,5;
- швидкість вітру 0 м/с.

Це відповідає орієнтації сонячних панелей на південь під кутом 37° до горизонту та регулює їхню роботу в умовах, близьких до весняних. Панелі оптимально працюють тоді, коли сонячні промені опівдні падають перпендикулярно їхній поверхні. На практиці це означає, що заявлена виробництвом потужність, розрахована за стандартом STC, може бути досягнута лише в обмежених умовах. Будь-яке відхилення від цих умов, таких як кут падіння сонячних променів чи температура модуля, призведе до зменшення фактично виробленої потужності. NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) - температура модуля при типових умовах експлуатації, яка стало однією з основних характеристик панелей.

NOCT визначається за таких умов:

- інсоляція 800 Вт/м²;
- температура повітря 20°C;
- орієнтації модуля на ПД.

Чим нижче NOCT сонячної панелі, тим ефективніше її функціонування. В залежності від використовуваних матеріалів і якості монтажу температура сонячного модуля може бути вищою на 15-30°C, ніж температура навколишнього середовища. Збільшення цього значення вказує на більше втрати енергії.

При виборі сонячного модуля завжди слід звертати увагу на NOCT – відповідальний виробник встановлює його не вище 47 °C. Важливо враховувати, що NOCT враховує відкриту задню поверхню модуля для природного охолодження. У випадку відсутності цього фактору панелі можуть перегрітися, і їх ефективність знизиться.

NOCT також може бути використаний для перерахунку заявленої потужності за стандартом STC на більш реалістичний PTC (Photovoltaics Test Conditions), який враховує температуру навколишнього середовища, а не тільки температуру сонячного елемента.

Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \times (NOCT - 20) \times (0,9 - \eta) \quad (2.5.1)$$

Значення (0,9 - η) відображає частку сонячної енергії, що досягає модуля і перетвориться в тепло. Передбачається, що 10% енергії відбивається. Частина енергії перетворюється в електрику - це корисна енергія модуля, ККД, відсоток якого вказано в технічних характеристиках.

Якщо температура елемента для умов PTC визначена, то можна обчислити потужність по PTC з потужності STC за допомогою температурного коефіцієнта (зазначеного в технічних характеристиках) потужності (C_T):

$$P_{PTC} = P_{STC} \cdot [1 - C_T (T_{PTC} - 25^\circ C)] \quad (2.5.2)$$

Оптимальним є значення співвідношення P_{PTC} / P_{STC} , що перевищує 88%. Якщо при перерахунку потужності на більш реальний стандарт панель втрачає понад 12% енергії, то використовувати такі панелі не рекомендується.

Наприклад, якісні модулі мають характеристики:

- сертифікована STC-потужність 260 Вт;
 - $NOCT = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$;
 - ККД $\eta = 16,0\%$;
 - температурний коефіцієнт потужності $St = 0,44\% / \text{ } ^\circ\text{C}$ (0,0044 в.о.).
- Підставивши значення в формули, можна легко підрахувати, що:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \times (45 - 20) \cdot (0,9 - 0,16) = 45,69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{PTC} = 260 \cdot (1 - 0,0044 \cdot (45,69 - 25)) = 236,34 \text{ Вт}$$

Це складає $P_{PTC} / P_{STC} = 90,9\%$ від номіналу. Ні один зі стандартів випробувань для фотомодулів не описує їх роботу в реальних умовах.

Наприклад, в сонячний зимовий день фотомодуль може видати потужність, яка навіть перевищує номінальну. Так само, необхідно враховувати відомий рівень деградації панелей (20% за 25 років).

Вибір кількості та параметрів інверторного обладнання для покриття потужності фотоелектричної станції.

Вибір інвертора починається з визначення типу сонячної фотоелектричної установки, такої як мережова, автономна чи гібридна. Кожен з цих типів систем має свої особливості, для яких підходить лише певний тип інвертора.

Далі наступним етапом є визначення потужності сонячних батарей, а також місця і способу їхньої установки. Усі ці фактори впливають на вибір конкретної моделі інвертора та кількості контролерів МРРТ в ньому.

Потужність сонячної електростанції (ФЕС) визначається потужністю інверторного обладнання, яке встановлено на ній. Таким чином, кількість інверторів може бути розрахована відповідно до цього принципу.

$$N_{\text{інв}} = P_{\text{ФЕС}}/P_{\text{ном.інв}} \quad (2.5.3)$$

де $P_{\text{ФЕС}}$ – потужність фотоелектричної станції, відповідно до технічних умов, кВт;

$P_{\text{ном.інв}}$ – номінальна одинична потужність інвертора, прийнятого до встановлення, кВт.

Потужність інвертора і сонячних батарей.

Номінальна потужність мережевого інвертора змінного струму (АС) вказує на максимальну потужність, яку може подавати в мережу, до якої він підключений. Цей параметр завжди вказується в технічному паспорті. Для оптимальної ефективності інвертор повинен працювати як найближче до своєї номінальної потужності. Коефіцієнт ефективності перетворення (ККД) може досягати до 98%, залежно від моделі. Проте, при зниженні потужності від сонячних батарей, наприклад, в похмурий день, коли сонячна інтенсивність не перевищує 200 Вт/м², ефективність інвертора різко знижується.

Потужність постійного струму (DC) зазвичай не є фіксованою і визначається на основі вихідної потужності сонячних батарей. Оптимальний діапазон потужності сонячних батарей зазвичай становить від 80 до 120% від номінальної вихідної потужності інвертора. Виробники інверторів часто рекомендують трохи "перенавантажувати" інвертор по стороні постійного струму, оскільки

потужність сонячних батарей завжди задається для умов стандартного тестування (STC), які рідко досягаються на практиці.

Крім того, потужність сонячних батарей з часом зменшується через ефект деградації кремнієвих фотоелементів. Цей процес відбувається повільно, але вже в перший рік експлуатації продуктивність може знизитися в середньому на 1-2%. Це означає, що сонячні батареї ніколи не досягнуть номінальної потужності, вказаної заводом-виробником для умов STC.

Таблиця 2.5.2 - технічні характеристики інвертора — загальні дані.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)					
ОБЩИЕ ДАННЫЕ	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Габариты (высота x ширина x глубина)			725 x 510 x 225 мм		
Масса	34,8 кг				43,4 кг
Степень защиты			IP 66		
Класс защиты			1		
Категория перенапряжения (пост. ток/перем. ток)*			2 / 3		
Потребление в ночное время			< 1 Вт		
Конструкция инвертора			Бестрансформаторная		
Охлаждение			Регулируемое воздушное охлаждение		
Установка			Установка внутри и вне помещений		
Диапазон температур окружающей среды			-40 - +60 °C		
Допустимая влажность			0 - 100 %		
Макс. высота			2 000 м / 3 400 м (неограниченный диапазон с напряжений)		
Технология подключения цепей постоянного тока	6 x постоянный ток прямой полярности и 6 x постоянный ток обратной полярности, зажимные контакты 2,5 - 16 мм ²				
Сетевое подключение			5- полюсов переменного тока, зажимные контакты 2,5 - 16 мм ²		
Сертификаты и соответствие стандартам			OVE / ONORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097		

* Согласно стандартам IEC 62109-1, DIN рейка для дополнительной защиты от перенапряжения (тип 2) входит в стоимость.

Таблиця 2.5.3 - технічні характеристики інвертора — вихідні дані

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)					
ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Номинальная мощность (AC) (P _{ac,r})	10 000 Вт	12 500 Вт	15 000 Вт	17 500 Вт	20 000 Вт
Макс. выходная мощность	10 000 В·А	12 500 В·А	15 000 В·А	17 500 В·А	20 000 В·А
Макс. выходной ток (I _{ac,max})	14,4 А	18,0 А	21,7 А	25,3 А	28,9 А
Подключение к сети (диапазон напряжений)	3-NPE 400 В / 230 В или 3-NPE 380 В / 220 В (+20 % / -30 %)				
Частота (диапазон частот)	50 Гц / 60 Гц (45 - 65 Гц)				
Фактор нелинейности	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Коэффициент мощности (cos φ _{ac,r})	0 - 1 инд./емк.				

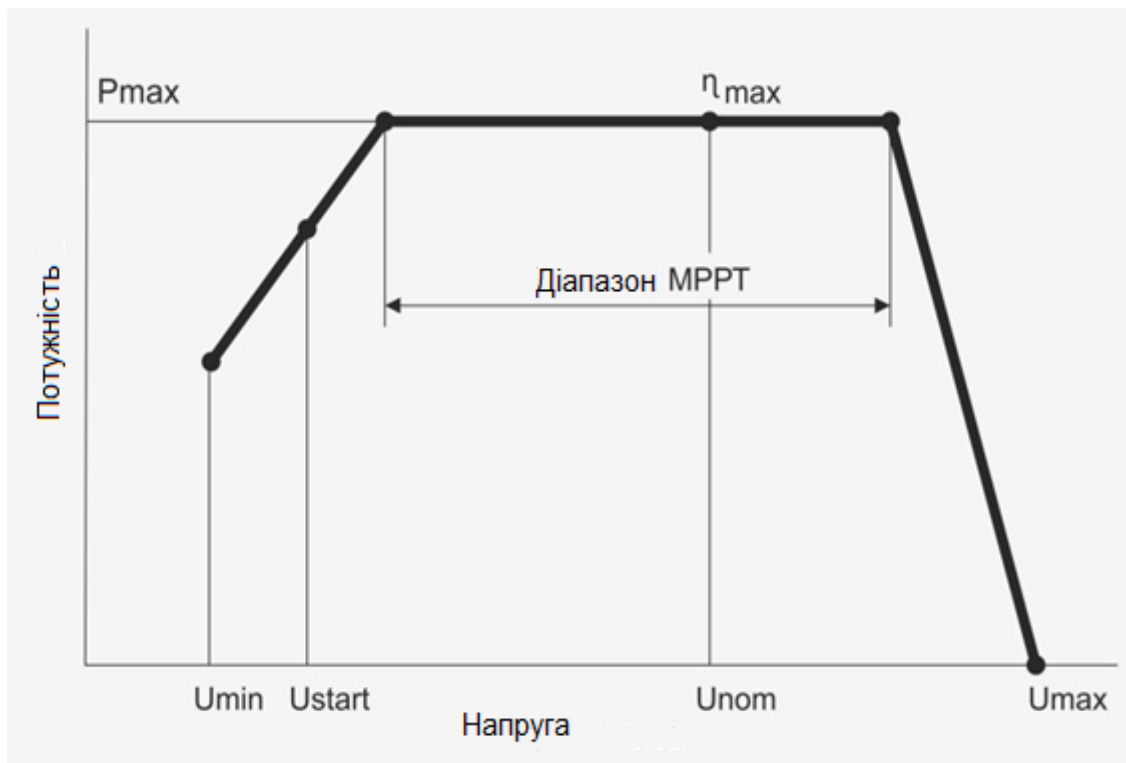
Таблиця 2.5.4 - технічні характеристики інвертора — вхідні дані (для прикладу розрахунків обираємо інвертор Fronius SYMO 10.0-3-M)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)					
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Количество трекеров MPP	2				
Макс. входной ток (I _{dc,max})	27,0 А / 16,5 А ¹⁾		33,0 А / 27,0 А		
Макс. суммарная величина эффективного входного тока (I _{dc,max} 1 + I _{dc,max} 2)	43,5 А		51,0 А		
Макс. ток короткого замыкания (MPP1/MPP2)	40,5 А / 24,8 А		49,5 А / 40,5 А		
Мин. входное напряжение (U _{dc,min})			200 В		
Подаваемое начальное напряжение (U _{dc,start})			200 В		
Макс. входное напряжение (U _{dc,max})			1 000 В		
Диапазон полезных напряжений MPP			200 - 800 В		
Количество разъемов постоянного тока			3+3		
Максимальная выходная мощность ФВ-генератора (P _{dc,max})	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}

¹⁾ 14,0 А для напряжений < 420 В

Робочий діапазон інвертора знаходиться між значеннями напруги старту $U_{dc \text{ start}}$ і максимальною напругою $U_{dc \text{ max}}$. Як тільки напруга постійного струму зі сторони сонячних батарей досягає значення $U_{dc \text{ start}}$, перетворювач активується і починає пошук точки максимальної потужності МРР. Якщо ця точка знаходиться між $U_{dc \text{ min}}$ і $U_{dc \text{ start}}$, інвертор запуститься і почне працювати. Поки напруга не перевищує мінімальне значення діапазону МРРТ $U_{mpp \text{ min}} - U_{mpp \text{ max}}$, інвертор працює з неповною потужністю. Найвища ефективність перетворювача досягається з напругою U_{nom} , так що конфігурація ланцюгів сонячних батарей повинна видавати напругу, близьку до U_{nom} інвертора.

Рис.2.3 - графік роботи інвертора сонячної електростанції.



Кожен інвертор має свій діапазон напруги МРРТ, який вказується в технічному паспорті. Цей параметр визначає, при якій нарузі на вході постійного струму інвертора буде виявлена максимальна точка потужності алгоритмом МРР. Ще одним важливим параметром є мінімальна напруга перемикачів інвертора, яка вказує на ту напругу PV-модулів, при якій інвертор запускається і починає генерувати енергію. У даному випадку (згідно з таблицею нижче), діапазон МРРТ становить 200-800 В, а мінімальна напруга - 200 В.

Обидва ці значення визначають структуру підключення сонячних батарей в стрінг (ланцюг), їх кількість і спосіб з'єднання (послідовний, паралельний, паралельно-послідовний). Кожна панель в стрінгу генерує певну напругу та струм в залежності від миттєвого освітлення і відповідає вольт-амперній характеристиці. Сонячні батареї, підключені одна до одної, в залежності від схеми (послідовно, паралельно), додають напругу чи струм. В будь-якому випадку ця сума не може перевищувати допустимі значення для обраної моделі інвертора на стороні постійного струму.

Для прикладу розглянемо, як розраховується кількість панелей в стрінгу відповідно до технічних параметрів інвертора. В якості прикладу оберемо панелі потужністю 270 Вт від компанії LG з вказаними характеристиками.

Рис.2.4 - технічні характеристики сонячної батареї.

Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell vendor	LG
Cell type	Monocrystalline
Cell dimensions	156.5 x 156.5 mm / 6 x 6 in
# of busbar	3
Dimensions (L x W x H)	1640 x 1000 x 35 mm 64.57 x 39.37 x 1.38 in
Static snow load	5400 Pa / 113 psf
Static wind load	2400 Pa / 50 psf
Weight	16.8 ± 0.5 kg / 36.96 ± 1.1 lb
Connector type	MC4 connector IP 67
Junction box	IP 67 with 3 bypass diodes
Length of cables	1000 mm / 39.37 in
Glass	High transmission tempered glass
Frame	Anodized aluminum

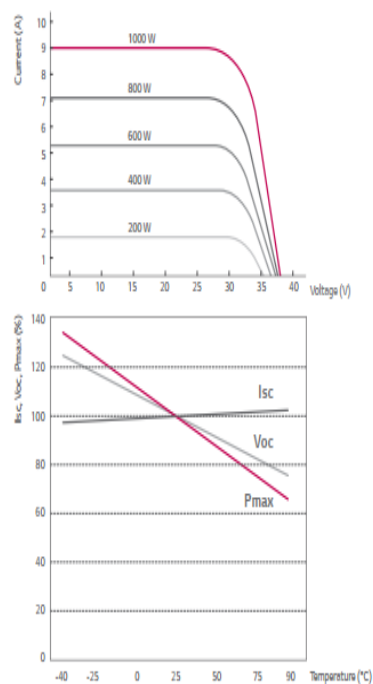
Certification and Warranty

Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, Salt Mist Corrosion Test (IEC61701), DLG-Fokus Test "Ammonia Resistance", UL 1703, ISO 9001
Product warranty	10 years
Output warranty of Pmax (measurement Tolerance ± 3%)	Limited Linear Warranty *

* 1) 1st year: 97%, 2) After 2nd year: 0.74% annual degradation, 3) 80.2% for 25 years

Temperature Coefficients

NOCT	45.0 ± 2 °C
Pmpp	-0.43 %/°C
Voc	-0.31 %/°C
Isc	0.04 %/°C

Characteristic Curves**Electrical Properties (STC*)**

	LG270S1C-B3
Maximum power at STC (Pmpp)	270
MPP voltage (Vmpp)	31.5
MPP current (Impp)	8.58
Open circuit voltage (Voc)	38.5
Short circuit current (Isc)	9.17
Module efficiency (%)	16.5
Operating temperature (°C)	-40 - +90
Maximum system voltage (V)	1000 (IEC), 600 (UL)
Maximum series fuse rating (A)	15
Power tolerance (%)	0 - +3

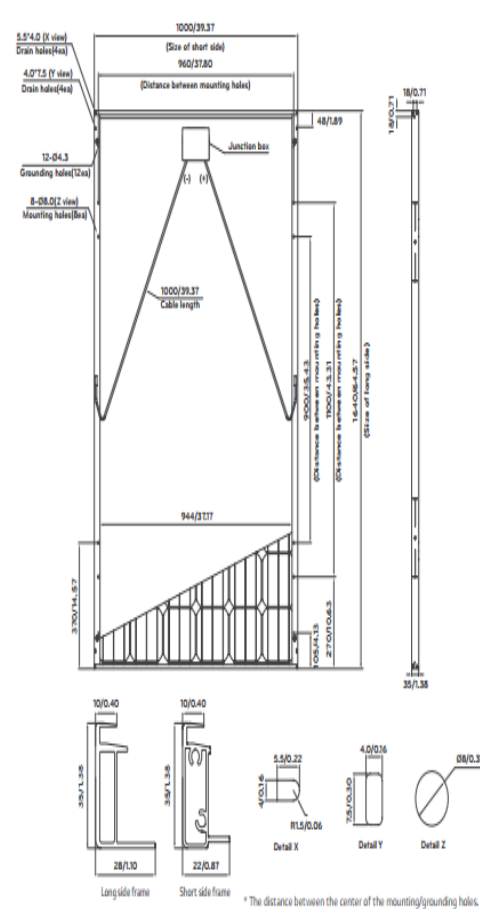
* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM 1.5

* The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

Electrical Properties (NOCT*)

	LG270S1C-B3
Maximum power at NOCT (Pmpp)	198
MPP voltage (Vmpp)	29.0
MPP current (Impp)	6.84
Open circuit voltage (Voc)	35.7
Short circuit current (Isc)	7.39
Efficiency reduction (from 1000 W/m ² to 200 W/m ²)	< 4.5 %

* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Dimensions (mm/in)

* The distance between the center of the mounting/grounding holes.

Сред цих параметрів найбільш важливими для нас будуть:

- максимальна потужність – P_{mpp} [Вт];
- допуск потужності – $\pm DP_{mpp}$ [%] (Power tolerance);
- напруга холостого ходу – U_{oc} [В];
- струм короткого замикання – I_{sc} [А];
- напруга при максимальній потужності – U_{mpp} [В];
- струм при максимальній потужності – I_{mpp} [А];
- робоча температура модуля в номінальних умовах – NOCT [°C] (зазвичай близько $43 \div 48$ °C);
- температурні коефіцієнти для: I_{sc} , U_{oc} , P_{mpp} , — α_T , β_T , γ_T [%/°C].

Температурні коефіцієнти дозволяють розрахувати напругу і потужність, що генеруються сонячною панеллю в граничних умовах, з постійним значенням сонячної радіації. В Україні панелі можуть працювати в температурному діапазоні від -25 до + 70 °C тому для таких граничних умов проводяться розрахунки.

Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів ФЕМ для підключення до інверторів.

Максимальний струм в колі.

Сила струму, що виробляється сонячними батареями, залежить від способу їх з'єднання. У випадку послідовного з'єднання, потужність струму визначається значенням найменш ефективного ланцюга в стрінзі, наприклад, при частковому затемненні одного з елементів. При паралельному з'єднанні сила струму є сумою струмів від окремих панелей. Також слід враховувати, що величина струму залежить від температури, і чим вища температура, тим більший струм генерується. Зміна інтенсивності струму в залежності від

температури визначається коефіцієнтом I_{sc} панелі (в даному випадку 0,04 %/К). Максимальний струм, який може генерувати одна панель, можна розрахувати за формулою:

$$I_{sc(Tr)} = I_{sc} \left(1 + \frac{(Tr-25)\alpha_T}{100} \right) ; \quad (2.5.4)$$

де:

- $I_{sc(Tr)}$ — значення струму сонячної батареї при 70° С;
- I_{sc} — значення струму короткого замикання в умовах STC, вказане в характеристиці модуля (9,17 А);
- Tr — максимальна температура (70 °С);
- α_T — температурний коефіцієнт I_{sc} (0,04 %/К).

$$I_{sc(Tr)} = 9,17 \cdot (1 + (70-25) \cdot 0,04/100) = 9,33 \text{ [A]}$$

З розрахунків видно, що для інвертора SYMO 10.0-3-M потужністю 10 кВт не рекомендується підключати більше 2-х паралельно з'єднаних сонячних батарей на перший вхід трекеру MPP, а на другий можливе лише послідовне з'єднання. Це зумовлено тим, що при паралельній роботі струми сумуються, і сума струмів може перевищити максимальні значення для кожного входу MPP.

Максимальна напруга в колі, видається сонячною батареєю, збільшиться при падінні температури панелі. Розрахунки проводяться для граничної температури батареї -25 °С. Теоретично висока напруга може мати місце при подальшому падінні температури, проте на практиці зимою важко досягти температури на сонячному модулі менше -25 °С при необхідній освітленості для генерації енергії. Розрахунок максимальної напруги враховує напругу холостого ходу та температурний коефіцієнт β_T . Значення максимальної напруги обчислюється за відповідною формулою :

:

$$U_{oc(Tr)} = U_{oc} \left(1 + \frac{(Tr-25)\beta_T}{100} \right) ; \quad (2.5.5)$$

де:

- $U_{oc (Tr)}$ — значення напруги при температурі — 25 °С;

- U_{oc} — напруга холостого ходу (38,5 В);

- T_r — мінімальна робоча температура (-25 °С);

- β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,31%/К).

Отже: $U_{oc (Tr)} = 38,5 \cdot (1 + (-25 - 25) \cdot (-0,31 / 100)) = 44,46$ [В]

Грунтуючись на цьому значенні, ми можемо підрахувати кількість модулів в стрінгу, з'єднаних послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC \ max} / U_{oc(Tr)}$$

де $U_{DC \ max}$ — максимально допустиме значення напруги на вході перетворювача.

$$N_{max} \leq 1000 / 44,46 = 22,49$$

Округляючи до цілого числа в менший бік, отримуємо, що в один стрінг можна установити до 22 сонячних батарей.

Розрахунок мінімальної кількості модулів в колі з урахуванням допустимої пускової напруги інвертора. Кожний інвертор має мінімальну напругу на вході, в нашому випадку це 200 В.

Таблиця 2.5.5 - мінімальна вхідна напруга інвертора Fronius SYMO 10 кВт

Кількість трекерів MPP	
Макс. входной ток ($I_{dc \ max}$)	27,0 А / 16,5 А ¹
Макс. суммарная величина эффективного входного тока ($I_{dc \ max \ 1} + I_{dc \ max \ 2}$)	43,5 А
Макс. ток короткого замыкания (MPP/MPP ₂)	40,5 А / 24,8 А
Мин. входное напряжение ($U_{dc \ min}$)	200 В
Подаваемое начальное напряжение ($U_{dc \ start}$)	200 В
Макс. входное напряжение ($U_{dc \ max}$)	1 000 В
Диапазон полезных напряжений MPP	200 - 800 В

В свою чергу, модулі досягають мінімальної робочої напруги при граничній температурі 70° С. Тому мінімальна кількість панелей в стрінгу розраховується для цієї ж температури, округляючи значення вгору. В цьому випадку використовуються формули:

$$U_{oc}(T_{max}) = U_{oc} \left(1 + \frac{(T_{max} - 25)\beta_T}{100} \right); \quad (2.5.6)$$

$$N_{min} \geq U_{DC \text{ start}} / U_{oc}(T_{max});$$

де:

- $U_{oc}(T_{max})$ — напруга при максимальній температурі 70 ° С;
- U_{oc} — напруга холостого ходу (38,5 В);
- T_{max} — максимальна робоча температура (70 ° С);
- β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,31 %/К);
- N_{min} — мінімальна кількість сонячних батарей;
- $U_{dcstart}$ — подавана початкова напруга (200 В).

$$U_{oc}(T_{max}) = 38,5 \cdot (1 + (70 - 25) \cdot (-0,31 / 100)) = 33,13 \text{ [В]}$$

$$N_{min} \geq 200 / 33,13 = 6,04$$

Приймаємо найближче ціле значення в більший бік, таким чином рекомендується встановлювати послідовно не менше 7 модулів в один стрінг. Визначення допустимої кількості модулів в колі з урахуванням МРР трекера інвертора. Інвертор має оптимальний діапазон напруги для роботи МРР трекера. В нашому випадку цей діапазон в межах: 200-800 В.

Таблиця 2.5.6 - діапазон напруги для роботи МРР трекера інвертора Fronius SYMO 10 кВт

Кількість трекерів МРР	27,0 А / 18,5 А	35,0 А / 27,0 А
Макс. вхідний ток ($I_{dc \text{ max}}$)		
Макс. сумарна величина ефективного вхідного току ($I_{dc \text{ max } 1} + I_{dc \text{ max } 2}$)	43,5 А	51,0 А
Макс. ток короткого замикання (МРР ₁ /МРР ₂)	40,5 А / 24,8 А	49,5 А / 40,5 А
Мин. вхідне напруга ($U_{dc \text{ min}}$)		200 В
Подаване початкове напруга ($U_{dc \text{ start}}$)		200 В
Макс. вхідне напруга ($U_{dc \text{ max}}$)		1 000 В
Діапазон корисних напруг МРР		200 - 800 В

При визначенні кількості модулів, що підключені до одного входу МРР, необхідно визначити кількість панелей, при якому все коло буде генерувати напругу в робочому діапазоні МРРТ при певних умовах. В цьому випадку підраховується максимальна і мінімальна напруга сонячної батареї для умов МРРТ, при цьому максимальне значення напруги підраховується при -25°C та мінімальне значення при $+70^{\circ}\text{C}$. На основі цих значень розраховується оптимальна кількість панелей за формулою:

$$U_{MPP(T_{max})} = U_{MPP(STC)} \left(1 + \frac{(T_{max} - 25)\beta_T}{100} \right); \quad (2.5.7)$$

$$N_{min} \cdot U_{MPP(T_{max})} \geq U_{DC\ min};$$

де:

- $U_{MPP(T_{max})}$ — напруга сонячної батареї при 70°C ;
- $U_{MPP(stc)}$ — оптимальна напруга МРРТ (31,5 В);
- T_{max} — максимальна робоча температура (70°C);
- β_T — індекс температури модуля ($-0,31\%/K$);
- N_{min} — мінімальна кількість модулів в стринзі;
- $U_{dc\ min}$ — мінімальне значення МРРТ інвертора (200 В);

$$U_{MPP(T_{max})} = 31,5 \cdot (1 + (70 - 25) \cdot (-0,31 / 100)) = 27,1 \text{ [В]}$$

$$N_{min} \cdot U_{MPP(T_{max})} \geq 200$$

Таким чином:

$$N_{min} \geq 200 / 27,1 = 7,38$$

Результат, який ми отримали, заокруглюється до найближчого більшого значення. Таким чином, для оптимальної роботи МРРТ інвертора рекомендується встановити не менше 8 модулів у стрінг.

Для перевірки сумарної кількості сонячних модулів з урахуванням номінальної потужності інвертора зазвичай виробники рекомендують приєднувати сонячні батареї, сумарна потужність яких становить від 80% до 120% від номінальної

вихідної потужності інвертора для оптимальної роботи перетворювача. У нашому випадку інвертор має номінальну вихідну потужність $P_{ac,r} = 10\,000$ Вт, тому оптимальне значення сумарної потужності сонячних батарей знаходиться в діапазоні від 8 000 до 12 000 Вт.

Іноді виробники допускають ще більшу кількість сонячних панелей зі співвідношенням до 1,6. Такий підключення може бути обґрунтовано у випадку, якщо панелі мають різне орієнтування відносно півдня, є затінення або регіон має низьку сонячну інтенсивність. Проте при проектуванні системи з таким перевантаженням важливо переконатися, що виробник допускає такий варіант і що інвертор не втрачає гарантію при такому виді монтажу.

Розрахуємо кількість модулів згідно з рекомендуємим діапазоном:

$$P_{ac,r} \cdot 0.8 / P_{mpp} \leq N_{sum\ gen} \leq P_{ac,r} \cdot 1.2 / P_{mpp}$$

где: $P_{ac,r}$ — номінальна потужність інвертора (10 000 Вт).

Отримані значення округляєм до найближчого цілого числа в більшу сторону для мінімального значення, і в меншу сторону для максимального значення:

$$10\,000 \cdot 0.8 / 270 \leq N_{sum\ gen} \leq 10\,000 \cdot 1.2 / 270$$

$$30 \leq N_{sum\ gen} \leq 44$$

Таким чином, оптимальна кількість сонячних батарей повинна бути в діапазоні від 30 до 44 шт. Згідно з розрахунками, до інвертора 10 кВт SYMO 10.0-3-M рекомендується приєднувати від 30 до 44 сонячних батарей LG 270S1C-B3. При цьому в одному стрінгу повинно бути від 8 до 22 панелей приєднаних послідовно. На один із входів MPP можливе паралельне підключення панелей не більш ніж в 2 ряди.

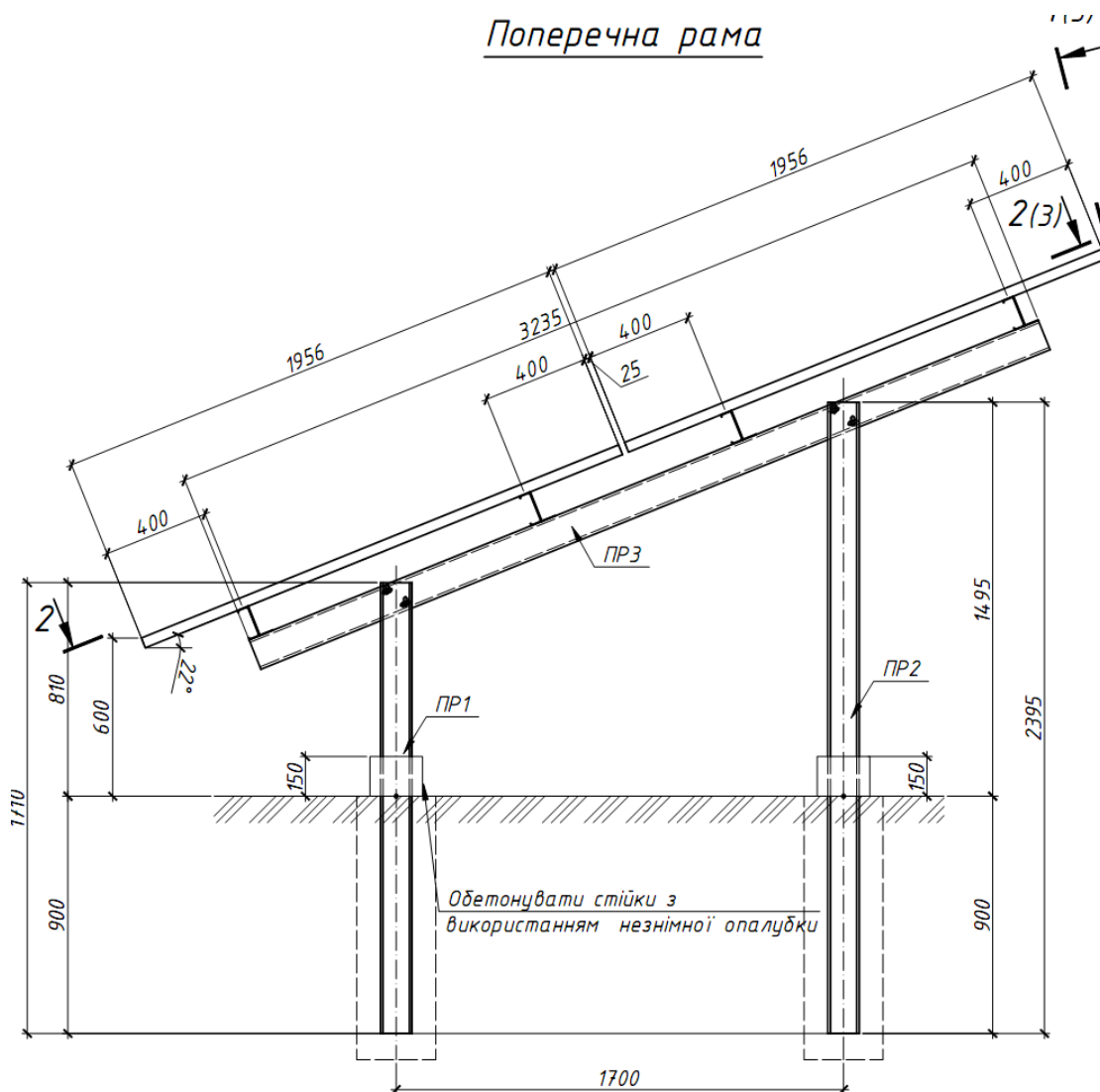
Визначення конструктивних параметрів окремого «стола» ФЕМ.

ФЕМ встановлюються на комплект опорних металокопункцій (стіл) з кутом нахилу φ .

Опорні металокопункції (столи) для встановлення ФЕМ:

- стійки каркасу столу встановлюються в попередньо утворені в ґрунті отвори на глибину 1,0 м, буром 300 мм;
- кріплення стійок виконується шляхом заповнення свердловини бетоном класу С12/15 (В15), F100, w4.

Рис. 2.5 - стійки каркасу столу.



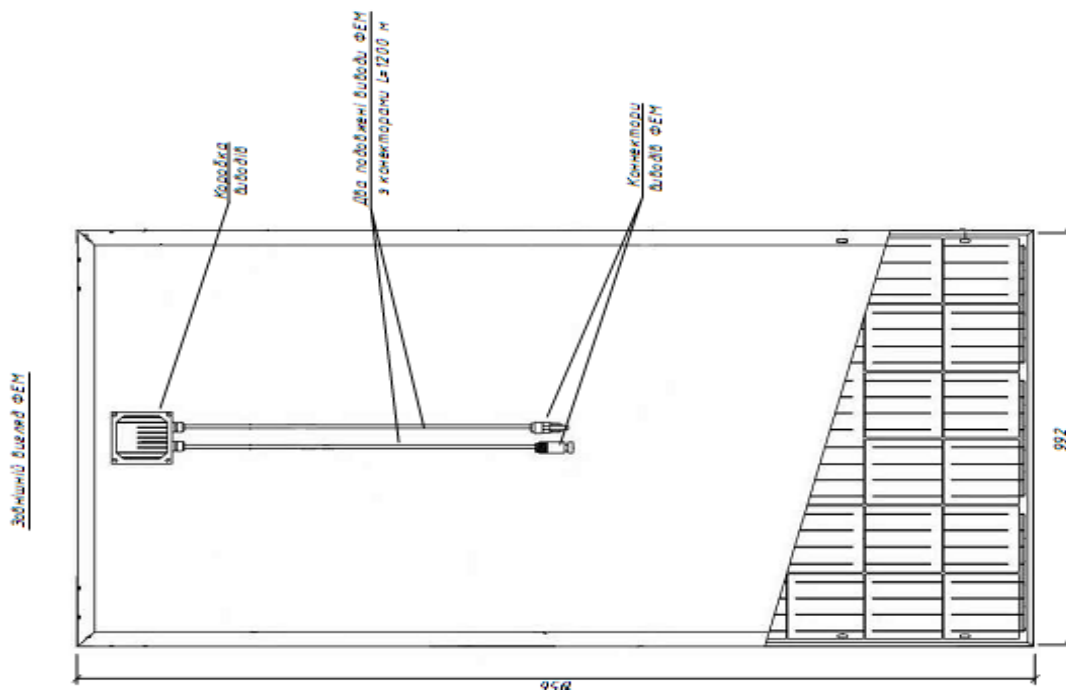
У прикладі, наведеному нижче, столи виконуються фотоелектричними модулями у вигляді 2 збірок по 17 сонячних модулів в кожній (кількість модулів у збірці-стрінгу визначається з розрахунку оптимальної їх кількості для роботи інвертора у корисному діапазоні напруги).

$$L_{\text{ст}} = N_{\text{ФЕМ}} \cdot (b_{\text{ФЕМ}} + \Delta_{\text{фем}}) ; \quad (2.5.8)$$

$b_{\text{ФЕМ}}$ – ширина модуля, м

Наприклад, для 17 фотомодулів у стрінгу:

Рис.2.6 – зовнішній вигляд ФЕМ.



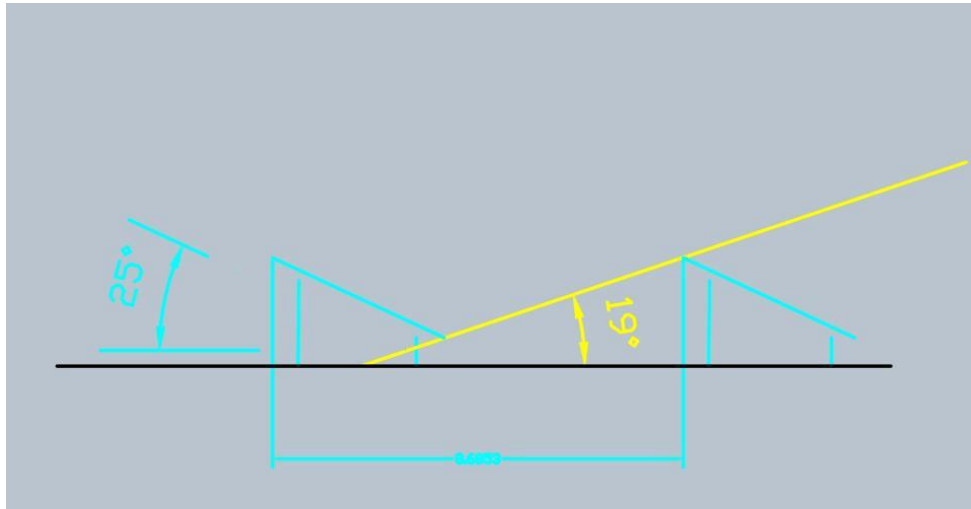
$$L_{\text{ст}} = N_{\text{ФЕМ}} \cdot b_{\text{ФЕМ}} + (N_{\text{ФЕМ}} - 1) \Delta_{\text{фем}} = 17 \cdot 0,992 + (17 - 1) \cdot 0,02 = 17,2 \text{ м}$$

Відстань між столами паралельних рядів:

- 1) За координатами місцевості визначаємо кут сонця 21 грудня о 12:00 на сайті (якщо немає точних даних кут застосовуємо 19 градусів) [5].
- 2) Враховуємо рельєф майданчика і прорисовуємо схил.
- 3) Далі прорисовуємо 1:1 конструктив столу з потрібним градусом (градус нахилу столу визначаємо в PV syst) і рухаємо столи уникаючи затінення.

Графічно це виглядає так:

Рис.2.7 – кут нахилу столів уникаючи затінення.



Альтернативний спосіб. Деякі джерела рекомендують приймати відстань між рядами не менше $1,7 \cdot H_{ст}$, де $H_{ст}$ – висота столу сонячних панелей, яка визначається геометрично за параметрами столу.

Рис.2.8 – вузол підключення ФЕМ у стінг.

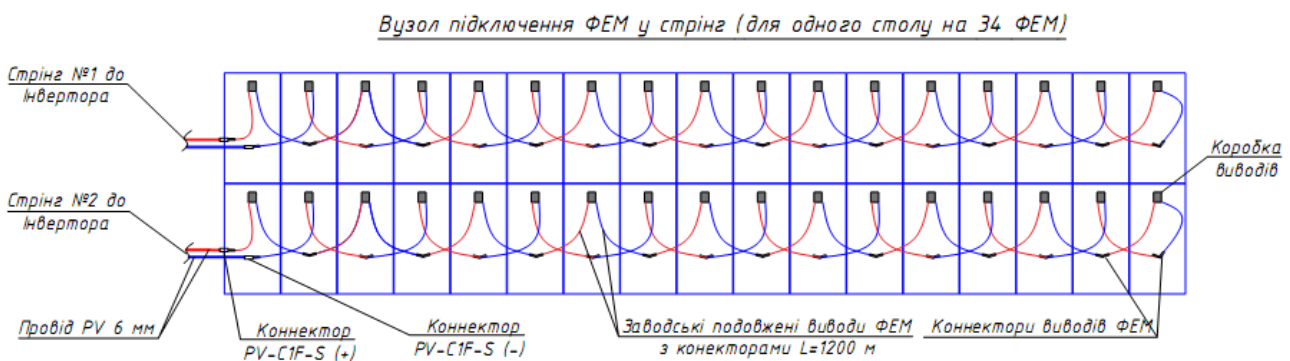


Рис.2.9 - конструктивне виконання одного столу ФЕМ.

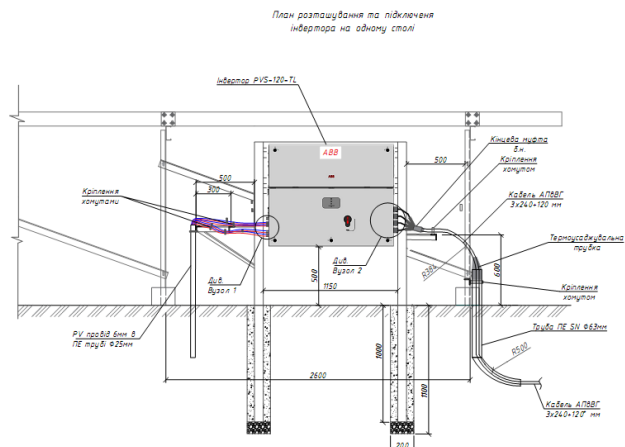
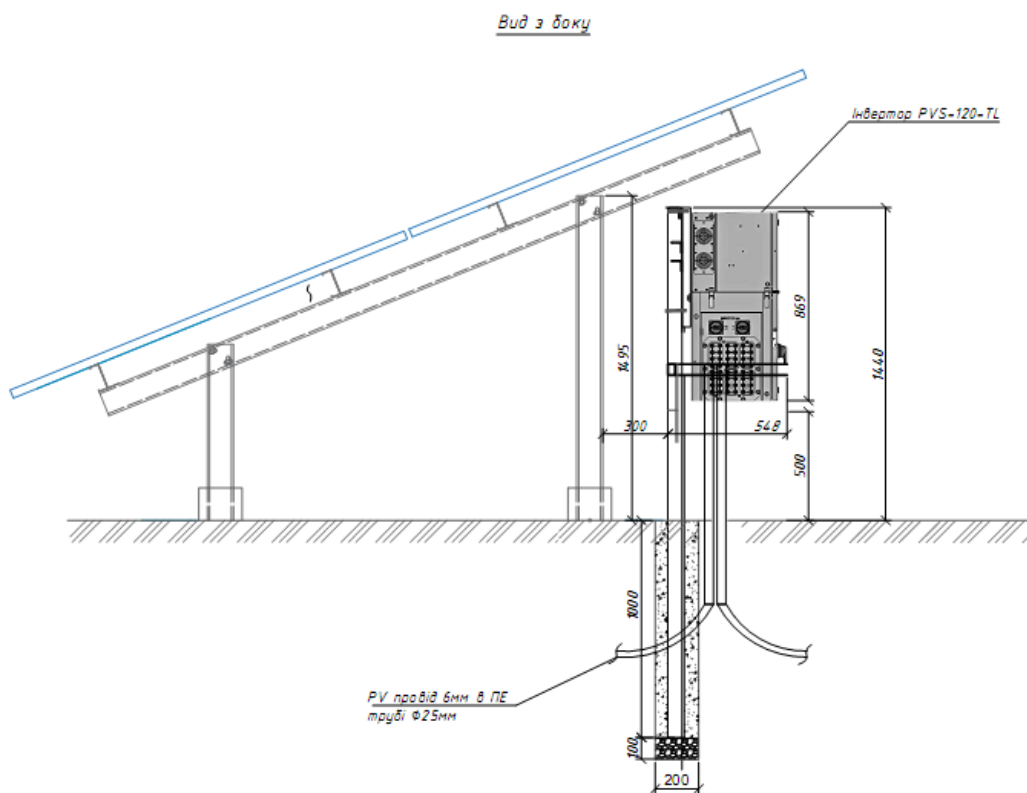


Рис.2.10 - підключення кабелів постійного та змінного струму до інвертора.



Визначення місця розташування інвертора.

Інвертори фотоелектричних систем (ФЕС) виступають як перша ланка в перетворенні енергії з постійного струму в змінний для фотоелектричних модулів (ФЕМ). Місце розташування інвертора визначається його оптимальною відстанню від крайніх столів ФЕМ, які до нього підключаються. Це дозволяє скоротити довжину постійного струму та знизити втрати потужності і напруги в системі. Іншими словами, розумне розташування інвертора - це на середньому столі з фотоелектричними модулями, особливо якщо існує кілька столів і розташування їх рядком, кожен з яких працює на окремий вхід МРРТ. Альтернативно, якщо є декілька рядів (див. приклад нижче), інвертор розташовується на середньому ряді (якщо рядів більше двох) з тильної сторони столу або ближче до КТП в напрямку ряду.

Вибір параметрів кабельних ліній мережі постійного струму.

Мережу постійного струму в фотоелектричних системах формується за допомогою PV-кабеля з перерізом 6 мм², обладнаного мідними жилами. Фотоелектричні модулі послідовно з'єднуються за допомогою кабелів постійного струму (PV-кабелів) з перерізом 1x6 мм² в збірки (стрінги) з оптимально вибраною кількістю модулів. Довжина кабелю в межах кожної збірки розраховується на основі паспортних параметрів обраних для встановлення фотоелектричних модулів. Після визначення місця розташування інвертора обчислюється довжина кабелю постійного струму від виводів кожної збірки до інвертора, враховуючи заплановані переходи та опуски, і забезпечуючи додатковий запас кабелю в розмірі 1%. Далі, для електричних мереж постійного струму, розраховуються втрати потужності, виходячи з викладених вище врахувань. Наприклад, за даними кабельного журналу, наведеного вище, довжина кабелю PV 1x6 для ліній "+" та "-" становить по 34 метри, загальна довжина складає 68 метрів.

$$\Delta P = 2I_{стр}^2 I_{кЛDC} R_0; \quad (2.5.9)$$

де R_0 – питомий опір КЛ постійного струму, який дорівнює для кабелю перерізом 6 мм² можна прийняти значенням 0,0031 Ом/м;

$I_{стр}$ – струм, який протікає через стрінг (збірку) ФЕМ, А (наприклад, $I_{стр} = 8,58$ А)

Тоді, для випадку, що розглядається:

$$\Delta P = 2I_{стр}^2 I_{кЛDC} R_0 = 2 * 8,58^2 * 68 * 0,0031 = 31 \text{ Вт.}$$

Втрати в мережі постійного струму складають, %:

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P_{дс}}{\Delta P_{інв}} * 100\% = \frac{31}{10000} * 100 = 0,31\%$$

Таким чином, точні розрахунки втрат в мережі постійного струму можна провести за наведеними вище співвідношеннями, або прийняти їх на рівні 0,5-2%, тобто ККД мережі DC прийняти на рівні 0,98-0,995.

Примітка. Технічні характеристики кабелю постійного струму: PV-1 F 1x6 - електричний кабель для фотоелектричних систем.

Номинальна напруга – до 1500 В;

Номинальний струм – до 70 А.

Конструкція:

1. Мідна багатодротяна луджена струмопровідна жила.
2. Ізоляція білого кольору зі спеціального зшитого компаунда.
3. Оболонка чорного, червоного або синього кольору із зшитого компаунда.

Сфера застосування:

Кабель PV-1 F 1x6 виробляється спеціально для підключення сонячних електростанцій, фотоелектричних установок. За допомогою кабелю цієї марки сонячні панелі підключають і з'єднують в збірки. Спеціальна гнучка безшовна ізоляція і оболонка з зшитого компаунда, має другий клас захисту і надійно захищає жилу від агресивного впливу навколишнього середовища, кислот, лугів.

У зв'язку з цим термін експлуатації кабелю в умовах зовнішнього використання становить 25-30 років.

Кабель відповідає Директиві пристрій низького струму 2014/35 / ЕУ, пройшов випробування на вміст галогенів, поширення вогню, щільність диму.

Визначення загальної кількості фотоелектричних модулів з урахуванням втрат потужності в мережі постійного струму та інверторах.

Втрати в мережі постійного струму та неоптимальні умови роботи ФЕМ доцільно компенсувати шляхом додаткового встановлення сонячних модулів в ланцюгах інверторів з урахуванням ККД інвертора та ККД мережі DC.

Кількість ФЕМ, які мають бути підключені до одного інвертора, можна визначити зі співвідношення та округлити до більшого парного числа, враховуючи переважну парну кількість панелей, що формують стіл ФЕМ:

$$N^{inv}_{ФЕМ} = \frac{P_{інв}}{P_{ртс} \eta_{інв} \eta_{dc}} = \frac{10000}{0,99 * 0,98 * 236} = 43,67 ; \quad (2.5.10)$$

де $\eta_{інв}$ - ККД інвертора відповідно до паспортних даних, в.о., як правило, становить 0,97-0,985.

Кількість ФЕМ, які формують ФЕС, можна визначити зі співвідношення за кількістю інверторного обладнання:

$$N_{\Sigma ФЕМ} = N^{inv}_{ФЕМ} N_{інв} = 44 * 2 = 88 ; \quad (2.5.11)$$

У простих оціночних розрахунках підрахувати кількість ФЕМ можна за загальною потужністю станції.

В даному проекті передбачено розробку сонячної електростанції з загальною потужністю P , кВт. Ця електростанція включає в себе поле, де встановлюється масив фотоелектричних модулів (ФЕМ) обраного типу для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму. Фотоелектричні модулі з'єднуються послідовно кабелями постійного струму (PV кабелями) з перерізом $1 \times 6 \text{ мм}^2$ в збірки, кількість яких дорівнює $N_{стр}$.

Після цього вироблена потужність від збірок ФЕМ передається до інверторів постійного струму обраного типу за допомогою PV кабелів. З інверторів отримана потужність передається до мережі кабельними лініями марки АвВГ-1, переріз жил яких становить $3 \times A + 1 \times B$ мм².

Вибір параметрів кабельних ліній напругою 0,4 кВ.

Для передачі генерованої потужності від інвертору до мережі 0,4 кВ застосовується чотирипровідний силовий кабель з алюмінієвими токопровідними жилами, з ізоляцією із зшитого поліетилену з перерізами жил $3 \times A + 1 \times B$ мм². Напрямок трас кабельних ліній вибирається з урахуванням розташування інверторів, та опорних стійок металоконструкцій (столів

Рекомендації та вимоги:

1. Для захисту кабелю від вологи та бруду на момент прокладки використовувати термоусадочний кабельні капи. Після прокладки кожного кабелю виконати його маркування з обох сторін з застосуванням кабельного маркування.
2. Всі електромонтажні роботи виконувати згідно з ПУЕ, ПТЕЕС і ПБЕЕС.
3. Після виконання будівельно-монтажних робіт відновити благоустрій території .

Порядок вибору перерізів провідників 0,4 кВ за нагрівом.

Виконаємо розрахунок кабелю 0,4 кВ з ізоляцією із зшитого поліетилену для мережі 0,4 кВ від інвертора до КТП з перевітками:

- по допустимому тривалому струму навантаження;
- по допустимому струму короткого замикання по жилі;
- за втратами напруги.

Розраховуємо струмове навантаження на 1 фазу для інвертора потужністю 10 кВт:

$$I_{\text{інв}}^{\text{М}} = \frac{P_{\text{ном.інв}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi} = 10 / (\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,99) = 15 \text{ А} \quad (2.5.12)$$

Приймаємо кабель марки АВВГ 4*10 мм²

Кабелі АВВГ 0,4 кВ [6]:

1. Перевірка кабелю по допустимому тривалому струму навантаження Кабель підходить, якщо виконується умова:

$$I_{\text{р}} < I_{\text{доп}}$$

де $I_{\text{р}}$ - розрахунковий струм в мережі , А;

$I_{\text{доп}}$ - максимальний розрахунковий струм.

16 А < 46,5 А - умова виконується.

Переріз жили 10 мм² у заданих умовах прокладання достатній. Враховуючи нетривалий режим роботи СЕС по генерації сонячної електроенергії обраний номінальний переріз 10 мм² забезпечує пропускну здатність КЛ на всій

довжині траси в заданих умовах прокладання. Перевіряємо кабелі на термічну стійкість при протіканні струмів короткого замикання.

Умова перевірки: $F_{\text{min}} \leq F$,

де F_{min} – мінімальний переріз провідника, що відповідає вимозі його термічної стійкості при короткому замиканні, мм².

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{\text{відк}} + T_a}}{C}; \quad (2.5.13)$$

де I_{∞} – струм КЗ, А; $t_{\text{відк}}$ – час протікання струму КЗ, с; T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ, рівна для розподільчих мереж напругою 0,4 кВ 0,01 с; C – постійна, що визначається в залежності від заданої ПУЕ кінцевої температури нагріву жил і напруги, А·с^{-1/2}/мм². Перевірка по відхиленням напруги зводиться до визначення фактичної і допустимої втрати напруги. Втрати напруги в елементах електричної мережі визначаються за формулами: - для електричних мереж 3-х фазного струму

$$\Delta U = 100 \frac{\sqrt{3} I_{\text{мЛ}}}{U} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = 100 \frac{\sqrt{3} \cdot 16 \cdot 0,1}{0,38} \cdot 3,08 \cdot 0,99 = 2,24 \text{ В.} \quad (2.5.14)$$

- ККД фотоелектричного модуля $k_{\text{мод}}$ беруть відповідно до вибраного типу ФЕМ;
- загальну сумарну площу фотобатарей S визначають за передпроектним кресленням розміщення фотобатарей на площадці (за максимально можливої щільності з урахуванням раціонального розміщення їх та незатінення).

2.6. Аналіз заходів енергоефективності та визначення очікуваної економії від впровадження заходів.

Утеплення зовнішніх стін.

При модернізації будівлі першочерговою дією є утеплення фасаду. Застосовується система зовнішньої теплоізоляції, яка скріплюється зовнішнім шаром штукатурки. Коефіцієнт теплопередачі існуючих стін становить $R=1,828$ Вт/(м²·К). Для утеплення пропонується використовувати мінераловатні плити товщиною 150 мм, щільність яких складає 150 кг/м³, та коефіцієнт теплопровідності не перевищує 0,040 Вт/(м·К). Вартість утеплення за 1 м² – 400 грн. Загальна площа утеплення 2053,9 м². Тому, витрати на утеплення становитимуть: $400 * 1148,5 = 459\,400$ грн.

Тепловтрати до утеплення складають: 40981 кВт·год. Тепловтрати після утеплення складають: 35767 кВт·год. Після реалізації цього заходу тепловтрати зменшаться на: 47214 кВт·год. Вартість 1 Гкал становить: 2434,37 грн.

Переводимо кВт·год у Гкал, знаючи, що в 1 Гкал – 1163,87 кВт·год:

$$\frac{47214 * 1}{1163,87} = 40,57 \text{ Гкал}$$

Сума яку з економили при впровадженні заходу:

$$40,57 * 1276,37 = 98762,39 \text{ грн};$$

Термін окупності: $\frac{821560}{98762,39} = 8,3$ роки;

Теплоізоляція дахового перекриття.

Для будівель з плоским типом даху, які мають технічний поверх, що не обігрівається, рекомендується виконати теплоізоляцію перекриття технічного поверху за допомогою мінераловатних плит. Загальна товщина теплоізоляції складає 220 мм, і матеріал має теплопровідність не більше 0,048 Вт/(м·К). Ця ізоляція розміщується в два шари.

-1-й шар мінераловатних плит щільністю не менше 115 кг/м³;

-2-й шар мінераловатних плит щільністю не менше 185 кг/м³.

Під шаром утеплювача слід влаштувати пароізоляцію, а зверху утеплювача – армовану стяжку.

Площа утеплення даху становить 868,92 м². Загальні витрати на утеплення становитимуть 347568 грн.

Тепловтрати до теплоізоляції: 401981 кВт·год

Тепловтрати після теплоізоляції: 369586 кВт·год

Тепловтрати зменшуються на: 32395 кВт·год

Економія в Гкал 27,83.

В грошових одиницях 35526,31 грн.

Термін окупності 10 років.

Встановлення локальних систем вентиляції з рекуперацією тепла.

В рамках запланованого заходу рекомендується встановити в основних приміщеннях локальні вентиляційні установки - рекуператори реверсивного типу. Вентиляційний рекуператор реверсивного типу - це пристрій, який в першому циклі використовує тепле повітря, що видаляється з приміщення, для нагрівання керамічного акумулятора тепла. У другому циклі відбувається нагрівання холодного повітря з вулиці до температури, нижчої за кімнатну на кілька градусів. Впровадження цього заходу дозволить забезпечувати

нормативний обмін повітря в основних приміщеннях будівлі, зберігаючи тепловий комфорт..

Тепловтрати до встановлення локальних систем вентиляції: 511263 кВт·год

Тепловтрати після встановлення локальних систем вентиляції: 347039 кВт·год

Тепловтрати зменшуються на: 164224 кВт·год

Модернізація системи внутрішнього освітлення.

Протягом періоду експлуатації було здійснено заміну приблизно половини світильників у системі внутрішнього освітлення на LED-світильники з енергетичною ефективністю, що відповідає класу А. З метою додаткового зменшення витрат на потреби системи внутрішнього освітлення та відповідно до встановлених норм освітленості, пропонується провести заміну люмінесцентних та розжарювання ламп на сучасні енергоефективні світлодіодні лампи класу енергоефективності не нижче А+.

Світлодіодні джерела світла мають ряд переваг:

- відсутність ультрафіолетового випромінювання та стробоскопічного ефекту (мерехтіння);
- значний термін експлуатації (не менше 30 000 годин);
- без інерційність вмикання;
- екологічна безпека (не потребують утилізації);
- стійкість до перепадів напруги;
- простота установки (не потребують додаткових пускових пристроїв).

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.

Вступ:

В даному дипломному проекті обґрунтування заходів підвищення енергетичної ефективності будівлі взводу Державної гірничо-рятувальної служби України.

При проведенні обстеження будівлі було виявлено ряд недоліків:

- Не відповідність термічних опорів зовнішніх стін, підвалу та даху;
- Заміна освітлення;
- Необхідність переведення будівлі на електричне опалення.
- Встановлення ФЕС на даху оперативного гаражу.

Для усунення цих недоліків, у дипломному проекті пропонується провести ряд необхідних заходів, а саме:

- утеплення фасаду будівлі, даху та підвалу. Це дозволить знизити тепловтрати та термічний опір буде відповідати нормативним значенням;
- заміна ламп розжарювання на нові LED лампи дозволить притримуватися нормативного значення освітленості робочого приміщення та подальшої економії за сплату електроенергії;
- так як електрична енергія коштує дуже дорого для юридичних осіб, планується встановлення автономної ФЕС.

Усі прийняті рішення потребують економічної оцінки. Тому у економічному розділі розрахуємо наступні пункти:

*Капітальні витрати:

- Вартість придбання обладнання;
- Транспортно-заготівельні і складські витрати;
- Витрати на монтажні роботи;
- Витрати на налагоджувальні роботи;
- Інші одноразові вкладення грошових коштів;

*Розрахунок експлуатаційних витрат:

- Амортизаційні відрахування;
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу;
- Єдиний соціальний внесок;
- Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж;
- Вартість витрат електроенергії;
- Інші витрати.

3.1. Розрахунок капітальних витрат.

Капітальні витрати визначаємо за наступною формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}, \quad (3.1.1)$$

де $K_{\text{об}}$ – вартість придбання обладнання;

k – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ – витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{\text{пр}}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 3.1 - зведення капітальних витрат.

з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю	Сума, грн.
1	Теплоізоляційний матеріал (мінеральна вата)[12]	1025	950	973750
2	Електронні радіаторні терморегулятори	75	942	70650
3	LED лампи [15]	2720	40	108800
4	Дріт ПВС 3·1,5 [17]	1160	12,01	13 931
5	Дріт ВВГнг 3·2,5 [18]	3472	19,5	67704
6	Розетка одно штепсельна [19]	280	39,21	10978,8
7	Розетка дво штепсельна [20]	392	43,45	17032,4
8	Вимикач одно клавішний [21]	84	33,38	2803,92
9	Вимикач три клавішний [22]	126	48,22	6075,72
10	Автоматичний вимикач С20[25]	210	55	11550
11	Автоматичний вимикач В16 [24]	210	55	23100

12	Автоматичний вимикач С20[25]	210	55	11550
13	Сонячний кабель для підключення панелей[31]	136	49,4	6718,4
14	Запобіжники ланцюга постійного струму[32]	2	279	558
15	Захист від імпульсних перенапруг (ПЗІП) [33]	4	1143	4572
16	Автоматичний вимикач введення мережі[34]	2	741	1482
17	Щиток захисту і комутації[35]	2	3369	6738
18	Кабель підключення до мережі	100	40,83	4083
19	ФЕМ[36]	68	8 799	598332
20	Інвертор[37]	2	72 000	144000
	Всього:			2084409

Вартість транспортно-заготівельних та складських витрат розраховується на основі кількох факторів, включаючи відстань доставки від пункту покупки до пункту експлуатації, масу, об'єм і розміри вантажу, вид транспорту, тарифи на перевезення, вартість вантажних робіт і витрати на складську обробітку. Враховуючи інформацію від компанії MasterTrans [26], вартість перевезення складає 7 грн за 1 км при вазі 2 тонни. З урахуванням відстані від Києва до Дніпра у 487,9 км, загальні транспортно-заготівельні і складські витрати оцінюються в 3415,3 грн. Загальна формула для розрахунку витрат на монтажні і налагоджувальні роботи:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{CM} \cdot K_{np} \quad (3.1.2)$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a_i - годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;;

$K_{см}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр}$ - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Для виконання робіт з утеплення фасаду була вибрана бригада "Покров" [27], яка складається з восьми осіб. Робітники отримують 500 грн. за кожен квадратний метр утеплення. Згідно з проектними даними, обсяг утеплення становить 1025 м².

Для робіт з електрикою був обраний майстер Павло Лузан [28]. Вартість встановлення одного автоматичного вимикача складає 85 грн. Демонтаж та відключення розеток, автоматичних вимикачів, вимикачів і світильників обійшлися в 40 грн. за кожен елемент. Встановлення розеток та вимикачів коштує 85 грн. за кожен. Підведення та закріплення проводу коштує 20 грн. за кожен метр. Підключення світильників обійшлося в 150 грн. за кожен.

Для встановлення електронних радіаторних терморегуляторів обрано компанію "ТОВ «Тепло.Освітлення.Економія»" [39]. Вартість встановлення одного електронного радіаторного терморегулятора складає 350 грн., а їх кількість - 75 штук.

Для монтажу сонячної фотоелектричної станції (ФЕС) на 20 кВт (2 * 10 кВт) обрано компанію SolarTeamUkraine (СоларТимЮкрейн) [40]. Вартість монтажу несучої конструкції та системи кріплень складає 2 * 8000 грн. Монтаж сонячних панелей (64 шт.) обійшовся в 64 * 300 грн., прокладка трас до інвертора - 2 * 5000 грн. Установка інвертора і щита захисту і комутації обійшлася в 2 * 6000 грн., а прокладка траси до вступного щита - 2500 грн.

Загальні витрати на монтажні і налагоджувальні роботи стін, проводки, автоматичних вимикачів, вимикачів та розеток, сонячної ФЕС складуть:

$$Z_{м(н)} = 400 * 1025 + 55 * 210 * 3 + 30 * (280 + 392 + 84 + 126 + 210 * 3) + 75 * (280 + 392 + 84 + 126) + 20 * (3472 + 1160) + 150 * 1160 + 75 * 350 + 2 * 8000 + 64 * 300 + 2 * 5000 + 2 * 6000 + 2500 = 908750 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні витрати розраховуються за формулою:

$$K_{пр} = 2084409 + 3415,3 + 908750 = 2\,996\,574,3 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

1. Амортизаційні відрахування (C_a).
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3).
3. Єдиний соціальний внесок (C_c).
4. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (C_T).
5. Вартість втрат електроенергії (C_e).
6. Інші витрати ($C_{пр}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_{пр} + C_e + C_{ін}, \text{ тис. грн.} \quad (3.2.1)$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань.

В дипломному проекті використовується обладнання, яке було відібране у спеціальному розділі та входить до четвертої групи. Мінімумально припустимий термін його корисного використання складає 5 років, що відображено у встановленій нормі амортизації на рівні 20%.

Розраховуємо річні амортизаційні відрахування:

$$AO = \frac{\Phi_{п} * N_a}{100} = \frac{2\,996\,574,3 * 20}{100} = 599\,314,86 \text{ грн.} \quad (3.2.2)$$

Розрахунок річного фонду заробітної плати.

У проекті не передбачено внесення змін у кількісний та якісний склад персоналу, зокрема, особового та командного складу. Таким чином, витрати на оплату праці та єдиний соціальний внесок залишатимуться без змін.

Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт інженерних мереж та внутрішньо-будинкового обладнання складає 1% від капітальних витрат:

$$C_T = 2\,996\,574,3 \cdot 1\% = 29\,965,7 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості спожитої електроенергії.

Вартість електроенергії, що споживається радіаторами, світильниками та іншою технікою протягом року, визначається як:

$$C_e = W_p * C_e, \text{ грн.}, \quad (3.2.3)$$

де C – тариф на електроенергію, грн./кВт·год;

W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·год.

Тариф на електроенергію, станом на 10 грудня 2023 року . У гривнях вартість становитиме 3758.39 грн./МВт*год. [30]

Розраховуємо обсяг спожитої електроенергії, враховуючи плановану установку 6720 ламп потужністю 8 Вт. Загальне щоденне споживання буде визначатися при роботі освітлення протягом 12 годин на добу. З 01.10 по 30.04 також передбачено функціонування електричних обігрівачів протягом 12 годин на добу. Кількість опалювальних днів складає 172. Сумарна потужність всіх обігрівачів розрахована відповідно до пункту №2.4 і становить 21,72 кВт.

Отже, вартість електроенергії, що споживається буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} C_e &= (2720 * 8 * 12 * 10^{-6}) * (365 - 104 - 10) * 3758,39 \\ &= 246\,329,089 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складатимуть:

$$C = 599\,314,86 + 29\,965,7 + 246\,329,089 = 875\,609,65 \text{ грн.}$$

Визначення інших витрат.

Інші витрати на експлуатацію охоплюють витрати на охорону праці, спецодяг і т. д. Згідно з загальноприйнятою практикою, ці витрати визначаються на рівні 4% від річного фонду оплати праці обслуговуючого персоналу. Однак, оскільки фонд річної заробітної плати не був визначений у рамках проекту, розглядаємо інші витрати як нульові.

Висновки до розділу.

На підставі проведених розрахунків можна визначити, що капітальні витрати складають 2 896 575 ,3 грн., а щорічні експлуатаційні витрати – 869 709,65 грн. Це вказує на високі матеріальні витрати на впровадження та подальшу експлуатацію заходів з енергоефективності. Однак такі заходи є необхідними, оскільки вони сприятимуть зменшенню втрат теплової енергії, піднесенню багатьох параметрів будинку до нормативного рівня та переходу до нового класу енергоефективності – рівня В. Після впровадження заходів з енергоефективності втрати тепла значно зменшаться, що призведе до суттєвої економії енергетичних ресурсів.

Висновки:

у вступній частині проведено аналіз фактичного стану будівлі, огорожувальних конструкцій та інженерних мереж. Усі мережі виявилися у задовільному стані, не має значних пошкоджень. Порівняно фактичні параметри будівлі з нормативними, встановлено, що термічний опір огорожувальних конструкцій не відповідає нормам. Запропоновано заходи для модернізації, які, при впровадженні, підвищать клас енергетичної ефективності з рівня Е до В.У основній частині проведено розрахунки теплонадходження, енергопотребі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання. Розглянуто розрахунок електромережі для переходу на електричне опалення та обрано нові елементи для освітлювальних, розподільчих та силових мереж. В економічному розділі видно, що капітальні витрати складатимуть 2 896 575 ,3 грн., а щорічні експлуатаційні витрати – 869 709,65 грн.. Впровадження заходів енергетичної ефективності та їх подальша експлуатація є високими за місцевими стандартами, проте вони необхідні для зменшення втрат теплової енергії та виведення параметрів будинку на нормативний рівень. Після введення заходів з енергоефективності буде значна економія на енергетичних ресурсах.

Список використаної літератури

1. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями: ДСТУ Б EN 15232:2011. – [Чинні від 2012-04-01] //Мінрегіон України – К.: Мінрегіон України, 2012. - 108 с. – (Державний стандарт України)
2. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б А.2.2-12:2015 – [Чинні від 2016-01-01] //Мінрегіон України – К.: Мінрегіон України, 2015. - 137 с. – (Державний стандарт України)
3. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинні від 2014-01-01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013– [Чинні від 2014-01-01] //Мінрегіон України – К.: Мінрегіон України, 2014. - 48 с. – (Державний стандарт України)
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006.] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. –33 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» зареєстрований в Міністерстві юстиції України 16 липня 2018 року за №822/32274.
7. Бондарчук А. С. Внутрішньобудинкове електропостачання. Курсове проектування. Навчальний посібник – К.: Освіта України, 2015.-480 с.
8. Бондарчук А. С., Рудницький В. Г. Внутрішньоквартальне електропостачання. Курсове проектування. Навчальний посібник – С.: Університетська книга, 2012. – 371 с.
9. Тимошенко Л. В., Дементьєва Н. В. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» - Д.: НГУ, 2018. – 15с.
10. Теплоізоляційний матеріал (мінеральна вата) URL: [https://epicentrk.ua/ua/shop/bazaltovaya-i-mineralnaya-vata/filter/prop_12360-is-0ad527b16a33d13d5d8f69c10698b48d/prop_10267-is-599c2ae3026c5714d5adbf8707e9b1a8/prop_10275-is-a2d2261348438f1d7b7b890ff77b9ec3-or-c7f2e1ec641a4c8e5e12a3418609acfe/apply/;](https://epicentrk.ua/ua/shop/bazaltovaya-i-mineralnaya-vata/filter/prop_12360-is-0ad527b16a33d13d5d8f69c10698b48d/prop_10267-is-599c2ae3026c5714d5adbf8707e9b1a8/prop_10275-is-a2d2261348438f1d7b7b890ff77b9ec3-or-c7f2e1ec641a4c8e5e12a3418609acfe/apply/)

11. Вікна ПВХ великі URL: [https://zakupka.com/p/7609188-trehstvorchatoe-okno-rehau-s-dvuhkamernym-steklopaketom-plastikovye-okna-rehau/?e=1&i=glRQD7xj7VPOQ3GSzysg-kZKfc1HrNsucfVw raPpJHc-e5SHu2t2_x-TVCA5uhsBHtt14vWQZFBtB3XIEHiKighCL3RsCg4apFXYI-Q1bEXaAVrYOG_EvbluFcemiXxdWs9hyVzti3e66UbUEa9YqxQ7Zpi1oaoP-J4aPgeLtpPW1fHyfArWn0vf2Tm8UzDJ7pS9gQ02mYxbdZoAxH8CNQ==&gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj7VPuoGFwtwcwQqCcOjFPC1gynqDe8SxXNkyxj0gNETUEgWqIRSxBBoC_cwQAvD_BwE](https://zakupka.com/p/7609188-trehstvorchatoe-okno-rehau-s-dvuhkamernym-steklopaketom-plastikovye-okna-rehau/?e=1&i=glRQD7xj7VPOQ3GSzysg-kZKfc1HrNsucfVw raPpJHc-e5SHu2t2_x-TVCA5uhsBHtt14vWQZFBtB3XIEHiKighCL3RsCg4apFXYI-Q1bEXaAVrYOG_EvbluFcemiXxdWs9hyVzti3e66UbUEa9YqxQ7Zpi1oaoP-J4aPgeLtpPW1fHyfArWn0vf2Tm8UzDJ7pS9gQ02mYxbdZoAxH8CNQ==&gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj7VPuoGFwtwcwQqCcOjFPC1gynqDe8SxXNkyxj0gNETUEgWqIRSxBBoC_cwQAvD_BwE;);
12. Вікна ПВХ малі URL: [https://vikna-mobile.com.ua/?gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj76hnn5HV3Sno82C_2-euw-c3FJqRNqxBrpVxCOpcfxXBIdO-ajOEhoCxpKQAvD_BwE](https://vikna-mobile.com.ua/?gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj76hnn5HV3Sno82C_2-euw-c3FJqRNqxBrpVxCOpcfxXBIdO-ajOEhoCxpKQAvD_BwE;);
13. LED лампи URL: [https://mskelectric.com.ua/product/led-lampa-t8-120-sm-8w-4000k-750lm-lemanso/?gclid=CjwKCAjwL2BRA_EiwAacX32UcS_FoX-nZVNPapBWUo9pHyZxhTeLX9ZoLNTpN-bzCBeOoHW2Z1zxoCm_wQAvD_BwE](https://mskelectric.com.ua/product/led-lampa-t8-120-sm-8w-4000k-750lm-lemanso/?gclid=CjwKCAjwL2BRA_EiwAacX32UcS_FoX-nZVNPapBWUo9pHyZxhTeLX9ZoLNTpN-bzCBeOoHW2Z1zxoCm_wQAvD_BwE;);
14. Електричні радіатори URL: [https://electroradiator.com.ua/catalog/elektrobatarei](https://electroradiator.com.ua/catalog/elektrobatarei;);
15. Дріт ПВС 3·1,5 URL: <https://vse-e.com/provod-mednyj-pvs-3h15->;
16. Дріт ВВГнг 3·2,5 URL: https://volt-shop.com.ua/product/kabel-silovoj-inter elektrokabel-vvgng-3x2_5/;
17. Розетка одно штепсельна URL: [https://elektrikua.com.ua/rozetka-gunsan-visage-s-zazemleniem-belaya-2811115](https://elektrikua.com.ua/rozetka-gunsan-visage-s-zazemleniem-belaya-2811115;);
18. Розетка дво штепсельна URL: [https://elektrikua.com.ua/rozetka-dvoynaya-gunsan-visage-s-zazemleniem-belaya-2811150](https://elektrikua.com.ua/rozetka-dvoynaya-gunsan-visage-s-zazemleniem-belaya-2811150;);
19. Вимикач одно клавiшний URL: [https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-odnoklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811101](https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-odnoklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811101;);
20. Вимикач три клавiшний URL: [https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-trehklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811160](https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-trehklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811160;);
21. Автоматичний вимикач В6 URL: [https://principal.ua/p16644214-avtomaticheskij-vyklyuchatel-avtomat.html?gclid=Cj0KCQjwoPL2BRDxARIsAEMm9y-wzM70n2gfV SaGUPCj4of3H61XMfBxGhDTO_MfeH3vrlhv6MemsiaAaAiDbEALw_wcB](https://principal.ua/p16644214-avtomaticheskij-vyklyuchatel-avtomat.html?gclid=Cj0KCQjwoPL2BRDxARIsAEMm9y-wzM70n2gfV SaGUPCj4of3H61XMfBxGhDTO_MfeH3vrlhv6MemsiaAaAiDbEALw_wcB;);
22. Автоматичний вимикач В16 URL: [https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-trehklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811160](https://elektrikua.com.ua/vyklyuchatel-trehklavishnyu-gunsan-visage-belyy-2811160;);
23. Автоматичний вимикач С20 URL: https://principal.ua/p19756328-avtomaticheskij-vyklyuchatel-avtomat.html?gclid=Cj0KCQjwoPL2BRDxARIsAEMm9y8KHsILNH3XvY1G3Xa9XqsalpyZeFUVtPlcapOLwKMdQEdC_mIxNhEaAoVCEALw_wcB
24. Компанія MasterTrans URL: <https://www.master-trans.com.ua/>;

25. Данні про оплату робітників бригади «Покров» URL: <https://www.rabotniki.ua/brigada/18299/#tab-price;>
26. Данні про оплату майстра Павла Лузана URL: <https://www.rabotniki.ua/master/8460/#tab-price;>
27. Данні про оплату за роботу компанії «ТОВ «ТБК Аква-стайл»» URL: <https://www.rabotniki.ua/company/64508/#tab-price;>
28. Тариф на електричну енергію URL: <https://www.oree.com.ua>
29. Кабель 1*6 мм <https://sun-energy.com.ua/solar-power/accessories/solarcable6mm>
30. Запобіжник <https://poltrade.com.ua/ua/p1440725548-ogranichitel-perenapryazheniya-feeo.html>
31. Обмежувач пренапруги <https://electrolend.com.ua/ua/p123573004-avtomaticheskij-vyklyuchatel-va77.html>
32. Автоматичний вимикач <https://voltelectro.com.ua/ua/p1727237575-metallicheskij-schit-400x300x250.html>
33. Щиток https://www.avtomats.com.ua/2744-cable_avvg_4x10.html#:~:text=%D0%90%D0%92%D0%92%D0%93%204%D1%8510%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%20%D1%82%D1%80%D1%91%D1%85%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%83%D1%8E,%D1%81%20%D0%9D%D0%94%D0%A1%20%2F%20%D0%BC.&text=0.29%20%D0%BA%D0%B3.
34. Кабель 0.4 <https://alfa.solar/uk/sonyachna-batareya-lg-lg320n1c-g4-id612.html>
35. Сонячні панелі <https://home-energy.com.ua/alternativnaya/solar-inverters/avtonomniy-invertor-10kw/>
36. Інвертор <https://solarteam.com.ua/installation-solar-panels-cost/>
37. Установка терморегуляторів <https://eteplo.kiev.ua/product/living-eco/>
38. Монтаж ФЕС <https://solarteam.com.ua/installation-solar-panels-cost/>

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

	Формат	Позначення	Найменування	Кіл-ть	Примітка
			Документація		
1	A4	ЕЕ.141.24.05.ПЗ	Пояснювальна записка	98	
			Демонстраційні матеріали		
2	A4		Презентація	12	


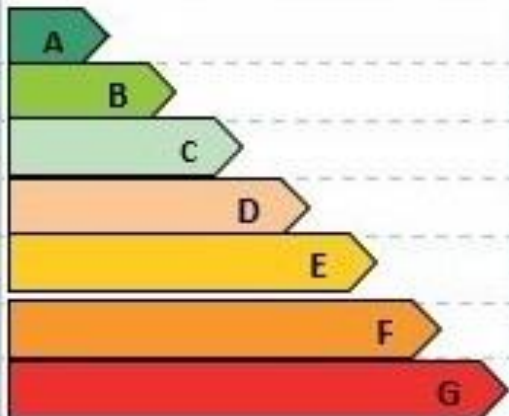


ДОДАТОК Б

Відгук керівника:

ДОДАТОК В

Відгук керівників економічного розділу :

ДОДАТОК Г

Адреса (місцезнаходження) будівлі:	Дніпропетровська область, м. Павлоград, вул. Дніпровська, буд. 597		
Ідентифікатор об'єкта будівництва:	-		
Відомості про об'єкт сертифікації	проект термомодернізації існуючої будівлі		
Функціональне призначення та назва будівлі:	Оперативний взод ДВГРС за адресою: м. Павлоград, вул. Дніпровська, буд. 597		
Відомості про конструкцію будівлі			
Загальна площа, (м ²):	1025,5		
Загальний об'єм, (м ³):	5928,0		
Опалювана площа, (м ²):	1025,5		
Опалюваний об'єм, (м ³):	5928,0		
Кількість поверхів:	2		
Рік прийняття в експлуатацію:	1975		
Шкала класів енергоефективності		Клас енергетичної ефективності та питомих енергоспоживання	
	кВт·год/м ²	E	
A	< 17		
B	< 30		
C	≤ 33		
D	≤ 42		
E	≤ 50		55,1
F	≤ 58		
G	> 58		
Питомих споживання первинної енергії:		60,17 кВт·год/м ²	
			
			
Питомих викиди парникових газів:		29,67 кг/м ²	

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, (м ² ·К/Вт)		Площа А, (м ²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни	3,3	4,0	1025
Суміщені покриття	4,75	7,0	1359,5
Покриття опалюваних горіщ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	6,0	-
Горіщні перекриття неопалюваних горіщ	-	5,0	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	-	5,0	1779,0
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,35	0,9	90
Зовнішні двері	0,5	0,7	131,5
Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій			
<p>Зовнішні стіни: Конструкція зовнішніх стін – цегляна кладка товщиною 0,5 м. Технічний стан огорожувальних конструкцій будівлі – задовільний. На час проведення енергетичного обстеження значних пошкоджень і деформацій фасадів будівлі немає.</p> <p>Світлопрозорі конструкції (віконні, балконні блоки та ін.): В будівлі встановлені вікна на основі ПВХ-профілів із застосуванням двокамерними склопакетами з селективним низькоемісійним покриттям та дерев'яні однокамерні вікна.</p> <p>Зовнішні двері: Вхідні двері та ворота металеві утеплені та неутеплені. Приведений опір теплопередачі зовнішніх дверей становить 0,5 (м²·К)/Вт, що не задовольняє мінімальні вимоги до опору теплопередачі зовнішніх дверей у I температурній зоні згідно ДБН В.2.6-31:2021. Вхідні двері потребують утеплення та улаштування теплових тамбурів.</p> <p>Дах: Покрівля безмансардна, тепла одношарова, покрівля - руберойдний килим на мастиці.</p>			

II. Показники енергетичної ефективності та фактичного енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

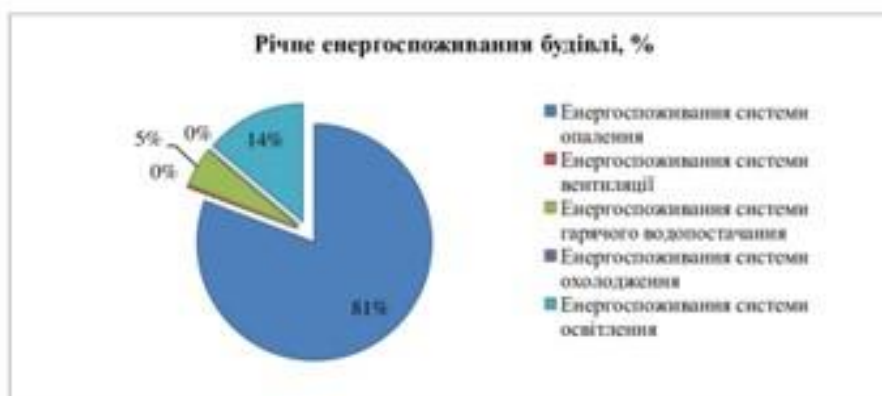
Назва показника енергетичної ефективності будівлі	Значення показника енергетичної ефективності будівлі	
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальні вимоги
Питома енергопотреба (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	34,6	
Питома енергоспоживання (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	55,1	Кладіть або торкніться тут, щоб ввести текст.
Питома споживання первинної енергії (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	60,17	
Питомі викиди парникових газів (кг/м ²)	29,67	

Показники енергоспоживання будівлі

Вид енергоспоживання	Обсяг енергоспоживання за рік			
	Визначений за показами відповідних приладів обліку		Визначений за результатами сертифікації	
	тис. кВт·год	кВт·год/м ² [кВт·год/м ²]	тис. кВт·год	кВт·год/м ² [кВт·год/м ²]
Види енергоспоживання, за якими визначається клас енергетичної ефективності будівлі				
Енергоспоживання при опаленні	н/д	н/д	649,446	91,27
Енергоспоживання при охолодженні	н/д	н/д	6,619	0,93
Енергоспоживання при постачанні гарячої води	н/д	н/д	317,516	44,62
Енергоспоживання при вентиляції	н/д	н/д	4,595	0,65
Обсяг енергоспоживання при освітленні	н/д	н/д	92,506	13,00
УСЬОГО:	н/д	н/д	1 070,682	150,47

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних:

Дані щодо фактичного енергоспоживання будівлі відсутні.



III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

<p>Системи опалення</p> <p>Теплопостачання будинку на потреби опалення здійснюється централізовано від зовнішніх водяних теплових мереж котельні. В будинку відсутні абоненти з автономним опаленням. Загальний стан системи опалення – задовільний.</p> <p>Температурний графік 80/60°C.</p> <p>Схема підключення – залежна (приєднана безпосереднім способом).</p> <p>Циркуляція теплоносія в будинку примусова, механічна. Комерційний облік спожитої електроенергії здійснюється лічильником.</p> <p>Вузол теплового вводу знаходиться в підвалі. Теплова ізоляція вузла теплового вводу, у задовільному технічному стані.</p> <p>Магістральні трубопроводи, що прокладені в технічному підвалі знаходяться в задовільному стані. Заміна сталених трубопроводів не здійснювалась.</p> <p>За проектом будівництва приєднання приладів опалення, в межах стояку, здійснено послідовно, з застосуванням обвідного трубопроводу (байпасу), без запірної арматури та термостатичних клапанів.</p>
<p>Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції</p> <p>Система охолодження відсутня. В будівлі за проектом будівництва передбачена витяжна система вентиляції з природним спонуканням. Приплив свіжого повітря неорганізований, забезпечується через віконні квартирки або нещільності вікон і дверей. Видалення відпрацьованого повітря з приміщень – через витяжні решітки, по вертикальних збірних вентиляційних каналах за рахунок гравітаційного напору. Система гравітаційної витяжної системи вентиляції будинку знаходиться у задовільному стані.</p>
<p>Системи постачання гарячої води</p> <p>Централізоване гаряче водопостачання будівлі – відсутнє. Джерело гарячого водопостачання – електричні накопичувальні водопідігрівачі. Загальний стан системи гарячого водопостачання – задовільний.</p>
<p>Системи освітлення</p> <p>За період експлуатації частина світильників замінено на LED світильники енергетична ефективність ламп відповідає класу А (світлодіодні). Енергетична ефективність інших ламп освітлення відповідає класу G (лампи розжарювання) і класу В (люмінесцентні лампи). Вмикання та вимикання системи освітлення – ручне. Рівень загального освітлення основних приміщень не відповідає нормативним показникам згідно ДБН В.2.5-28. Загальний технічний стан системи внутрішнього освітлення – задовільний.</p>

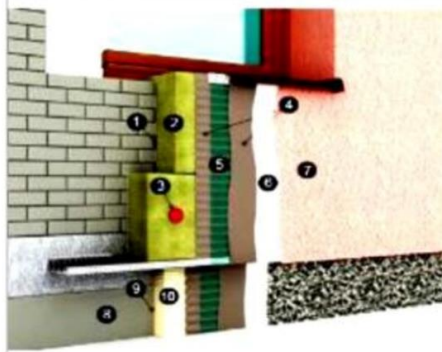
IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

Захід №1. Теплоізоляція зовнішніх стін (мінераловатні плити товщиною 150 мм)

Утеплення зовнішніх стін із застосуванням системи скріпленої зовнішньої теплоізоляції (з опорядженням штукатуркою).

В якості утеплювача пропонується використати мінераловатні плити товщиною 150 мм з щільністю не менше 150 кг/м^3 та коефіцієнтом теплопровідності не більше $0,040 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Для утеплення стін цоколю використати екструзійний пінополістирол XPS товщиною 100 мм та коефіцієнтом теплопровідності не більше $0,031 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Утеплення фасаду слід здійснювати згідно нормативних вимог України, зокрема ДБН В. 2. 6- 33 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією».

Перед впровадженням заходу необхідно виконати оцінку технічного стану будівельних конструкцій і, в разі необхідності, виконати відповідні ремонтно-відновлювальні роботи.



Захід № 2. Встановлення енергоефективних вікон

В рамках заходу пропонується існуючі застарілі дерев'яні вікна пропонується замінити на сучасні енергоефективні ПВХ вікна, що мають розрахунковий опір теплопередачі віконної конструкції $1,25 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, які складається з наступних елементів:

- двокамерний склопакет наповнений аргоном з пластиковими дистанційними рамками (4Low-e16CuAr-4-12CuAr-4Low-e);
- 5-ти камерна профільна система (Euro-Design 70);
- теплоізоляція зовнішніх і внутрішніх укосів та місць примикань віконної конструкції до стіни.

Нові вікна дозволять зменшити втрати теплової енергії через віконні конструкції у 3 рази.

Встановлення ПВХ вікон без організованого припливу повітря спричиняють значне зниження рівня повітрообміну (при зачинених вікнах). Для забезпечення нормативного рівня повітрообміну, встановлення енергоефективних вікон рекомендується виконувати у комплексі з встановленням локальних систем вентиляції з рекуперацією тепла.



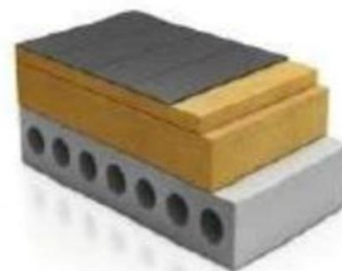
Захід № 3. Теплоізоляція дахового перекриття

Для будівель з плоским типом даху з неопалювальним технічним поверхом, пропонується виконати теплоізоляцію перекриття технічного поверху із застосуванням мінераловатних плит загальною товщиною 220 мм та теплопровідністю не більше $0,048 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ укладених в два шари:

- 1-й шар мінераловатних плит щільністю не менше 115 кг/м^3 ;
- 2-й шар мінераловатних плит щільністю не менше 185 кг/м^3 .

Під шаром утеплювача слід влаштувати пароізоляцію, а зверху утеплювача – армовану стяжку.

Перед впровадженням заходу необхідно виконати оцінку технічного стану будівельних конструкцій та дахового перекриття і, в разі необхідності, виконати відповідні ремонтно-відновлювальні роботи



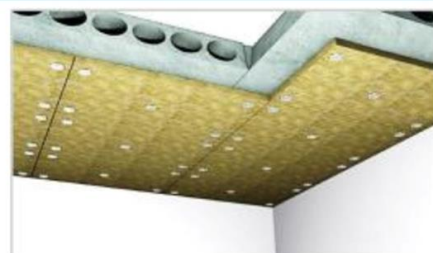
Захід № 4. Теплоізоляція перекриття підвалу

В рамках заходу пропонується виконати теплоізоляцію перекриття неопалювального підвалу із застосуванням мінераловатних плит товщиною 100 мм і теплопровідністю не більше $0,048 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, щільністю не менше 150 кг/м^3 .

Технологія утеплення перекриття підвалу – скріплена теплоізоляція із захистом утеплювача від вологи.

Перед реалізацією заходу необхідно виконати оцінку технічного стану перекриття підвалу, прилеглих будівельних конструкцій, а також інженерних мереж, що знаходяться в підвалі.

В разі необхідності, виконати відповідні ремонтно-відновлювальні роботи (витрати на ремонт перекриття підвалу не включені до складу інвестицій енергоефективного заходу).



Реалізація заходу дозволить привести опір теплопередачі підвального перекриття до нормативного рівня відповідно до ДБН В.2.6-31.

Захід № 5. Встановлення локальних систем вентиляції з рекуперацією тепла

В рамках заходу в основних приміщеннях пропонується встановити локальні вентиляційні установки – рекуператори реверсивного типу. Вентиляційний рекуператор реверсивного типу - пристрій, у якому в першому циклі тепле повітря, що видаляється з приміщення, нагріває керамічний акумулятор тепла, а в другому циклі холодне повітря з вулиці, нагрівається до температури, що менша за кімнатну на декілька градусів.



Виконання заходу дозволить дотримуватись нормативного повітрообміну в основних приміщеннях будівлі при забезпеченні теплового комфорту перебування.

Економічний ефект очікується за рахунок зниження на 75-85% (в залежності від режиму експлуатації рекуператорів) тепловтрат у порівнянні з традиційною системою вентиляції при дотриманні нормативного повітрообміну в основних приміщеннях будівлі.

Захід № 6. Модернізація системи внутрішнього освітлення

За період експлуатації близько 50% світильників системи внутрішнього освітлення замінено на LED світильники енергетична ефективність ламп відповідає класу А (світлодіодні).

З метою додаткового зниження витрат коштів на потреби системи внутрішнього освітлення та забезпечення нормативних умов освітленості приміщень, пропонується виконати заміну люмінесцентних ламп та ламп розжарювання на сучасні енергоефективні світлодіодні лампи класу енергоефективності не нижче А+.



Світлодіодні джерела світла мають ряд переваг:

- відсутність ультрафіолетового випромінювання та стробоскопічного ефекту (мерехтіння);
- значний термін експлуатації (не менше 30 000 годин);
- безінерційність вмикання;
- екологічна безпека (не потребують утилізації);
- стійкість до перепадів напруги;
- простота установки (не потребують додаткових пускових пристроїв).

При виборі світлодіодних світильників та ламп, особливу увагу слід приділити наявності сертифікату відповідності державним санітарним вимогам щодо їх застосування в навчальних закладах.