

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз систем енергозаощадження приватного домогосподарства з використанням потужніших джерел енергії для умов м. Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18-143
спеціальності 144 теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

О.С. Козаренко
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Бакіт В.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент С.М. Величків
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

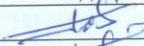



« 26 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Коздренко Александр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)


- Тема роботи (проекту) Аналіз систем енергостатичної приватного підприємства з використанням поновлюваних джерел енергії для завод м. Запоріжжя
керівник роботи Балетін Валерій Костянтинович к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 1537
- Строк подання студентом роботи 26 грудня 2019
- Вихідні дані до роботи структуральний бюджет з м. Запоріжжя, соціальні колектори, соціальні бізнеси.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз теплових систем енергостатичних з м. Запоріжжя. 2. Калібрування виробничих потужностей та експлуатаційної енергії. 3. Екологічна ситуація.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Структуральний бюджет соціальних колекторів та бізнесів. 2. План перших повертів бюджету. 3. План другого повертів бюджету. 4. План третього повертів бюджету. 5. План четвертого повертів бюджету. 6. План п'ятого повертів бюджету.
- Консультанти розділів роботи

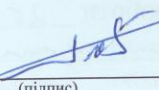
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бахтін В.І., доцент ТГЕ		
2	Бахтін В.І., доцент ТГЕ		
3	Бахтін В.І., доцент ТГЕ		
Нормо контроль	Каюков Ю.М., доцент ТГЕ		

7 Дата видачі завдання 10 вересня 2019 року № 1537

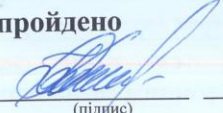
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	10.10.2019	
2	Характеристика об'єкта дослідження	20.10.2019	
3	Розгляд основних альтернативних джерел енергії	15.11.2019	
4	Аналіз систем енергопостачання приватного домогосподарства з використанням поновлювальних джерел енергії для умов м. Запоріжжя	25.11.2019	
5	Охорона праці	01.12.2019	
6	Оформлення графічного матеріалу	15.12.2019	
7	Оформлення магістерської роботи	26.12.2019	

Студент  (підпис) О.С. Карапетко (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)  (підпис) Бахтін В.І. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Каюков Ю.М. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Назаренко О.С. Аналіз систем енергопостачання приватного домогосподарства з використанням поновлювальних джерел енергії для умов м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник В.І. Бахтін. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Виконаний аналіз систем енергопостачання для умов м. Запоріжжя. Визначені оптимальні для регіону поновлювальні джерела енергії.

Ключові слова: СОНЯЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ГЕЛІОСИСТЕМА, СОНЯЧНА БАТАРЕЯ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ.

ANNOTATION

Nazarenko O.S. Analysis of energy supply systems of a private household using renewable energy sources for the conditions of the city of Zaporizhzhya.

Qualification final work for a master's degree degree in the specialty 144 - Thermal Power Engineering, scientific adviser V.I. Bakhtin. Zaporizhzhia National University. Engineering institute. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Thermal Power and Hydropower, 2020.

The analysis of energy supply systems for the conditions of the city of Zaporizhzhya. The optimum sources of energy for the region are determined.

Keywords: SOLAR RADIATION, SOLAR COLLECTORS, HOT WATER SUPPLY, HELIOSYSTEMS, SOLAR BATTERY, SOLAR POWER PLANT.

АННОТАЦИЯ

Назаренко А.С. Анализ систем энергоснабжения частного домохозяйства с использованием возобновляемых источников энергии для условий г. Запорожье.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель В.И. Бахтін. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет энергетика, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Проведен анализ систем энергоснабжения для условий г. Запорожье. Определены оптимальные для региона поновлювальні источники энергии.

Ключевые слова: СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ГЕЛИОСИСТЕМЫ, СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ, СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	11
1.1 Використання енергії Сонця	11
1.2 Фотоелектричні елементи і їх види	15
1.2.1 Фотоелементи монокристалічного типу	15
1.2.2 Фотоелементи з полікристалічного кремнію	16
1.2.3 Фотоелементи з аморфного кремнію	16
1.3 Типи сонячних колекторів	17
1.3.1 Плоскі сонячні колектори	17
1.3.2 Вакуумні сонячні колектори	18
1.3.3 Сонячні повітряні колектори	18
1.4 Пристрій побутового колектора	20
1.5 Енергія вітру	20
2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ УМОВ М. ЗАПОРІЖЖЯ	24
2.1 Основні дані досліджуваного об'єкта	24
2.2 Розрахунок витрат і приходу енергії будівлі	28
2.3 Розрахунок сонячного колектора Hewalex KS2100F TLP AC при використанні одного сонячного колектора	36
2.4 Розрахунок сонячного колектора Duda Solar DS-SC5814-15T при використанні одного сонячного колектора	49
2.5 Розрахунок сонячного колектора Hewalex KS2600F-TLP-ACR при використанні одного сонячного колектора	60

2.6 Вибір інвертора для сонячних батарей	74
2.7 Визначення необхідної ємності акумуляторів і їх кількості	76
2.8 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора KS2100F-TLP-AC	79
2.8.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR	80
2.8.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKМ320P-72	83
2.9 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора DS-SC5814-15T	86
2.9.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR	86
2.9.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKМ320P-72	89
2.10 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора KS2600F-TLC-ACR	91
2.10.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR	92
2.10.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKМ320P-72	94
2.11 Аналіз розглянутих варіантів енергопостачання	97
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	101
3.1 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	101
3.2 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	105
ВИСНОВКИ	108
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	109

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні практично всі провідні країни світу розробляють принципово нову ідеологію побудови та функціонування енергетичної галузі з метою надання безпечного, надійного, економічно доцільного та екологічно прийняттого енергозабезпечення споживачів. Зазначена ідеологія базується на активній інформатизації та інтелектуалізації енергетичних об'єктів, широкому використанні розосередженої генерації, в першу чергу, на рівні розподільних електричних мереж середньої та низької напруги, створенні та впровадженні провідних енергоефективних технологій у сфері генерації, акумулявання, розподілу енергії, систем зв'язку та телекомунікацій, засобів керування та захисту, формуванні нової тарифної та регуляторної політики.

Важлива роль у покращенні ситуації в енергетичній сфері надається розосередженій генерації, використанню альтернативних традиційних та поновлюваних джерел енергії. На сьогодні когенераційні установки, вітроенергетика, сонячні колектори та теплові насоси реально конкурентоспроможні порівняно з традиційними формами енергопостачання, характеристики витрат на їх створення та експлуатацію мають тенденцію до зменшення, тоді як ціни на традиційні енергоносії органічного походження постійно зростають.

З кожним роком, споживання теплової та електричної енергії в Україні зростає на (1...2) %, що загострює енергетичну проблему. З ростом тарифів все більшої актуальності набирає використання альтернативних джерел енергії для забезпечення побутових потреб.

Використання сонячних колекторів означає революцію в принципах будівництва, опалення та забезпеченні житла гарячою водою. Використання сонячної енергії дозволяє зменшити витрати на опалення в два рази, а на отримання гарячої води в 4 рази. А з використанням в парі з

сонячними панелями і електричним котлом, дозволяє майже повністю виключити витрати на отримання гарячої води і суттєво знизити витрати на опалення.

Використання вітрової енергії є так само досить перспективною, не дивлячись на її мінливість, на відміну від сонячної енергії, вона може виробляти енергію цілодобово і компенсувати недоліки сонячних панелей.

Однак, існує ряд складнощів, пов'язаних з використанням альтернативної енергетики в Україні. По-перше, є труднощі з розрахунком реальної продуктивності сонячних елементів, так як в реальних умовах вони просто не здатні видавати ті характеристики, які описані підприємством-виробником. На потужність, що видається сонячним елементом, впливають такі чинники, як широта місцевості, де розташована сонячна електростанція, кут нахилу по відношенню до Сонця, спектральний склад випромінювання, погода, час доби і температура. По-друге, використання вітрової енергії актуально тільки в регіонах з підвищеною вітровою активністю, наприклад, поблизу морів і океанів.

Об'єкт дослідження – спроектований будинок, розташований в місті Запоріжжя.

Мета роботи – аналіз продуктивності використання альтернативних джерел енергії в місті Запоріжжя.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати огляд літературних джерел сонячних колекторів та батарей;
- проаналізувати методики розрахунків геліосистем;
- виконати розрахункове порівняння декількох колекторів та батарей;
- виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

Предметом дослідження є процеси в сонячних геліосистемах та батареях.

Методи дослідження. Використано розрахунково-дослідницький метод, заснований на результатах досліджень і експлуатаційних даних, а також, розрахунок окремих складових технологічного процесу.

Наукова новизна отриманих результатів. Полягає у аналізі експлуатаційно-економічних параметрів сонячних колекторів і батарей для умов міста Запоріжжя.

Практичне значення отриманих результатів. Полягає в тому, що установка сонячних батарей і колекторів згідно з отриманими результатами, допоможе покращити енергоефективність кожного будинку.

Особистий внесок. Наукові результати, які викладено в дипломній роботі, отримані особисто автором.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на XXIV університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених та викладачів, що проходила в грудні, “Аналіз систем енергопостачання приватного домогосподарства з використанням поновлювальних джерел енергії для умов м. Запоріжжя” (м. Запоріжжя, 2019); Енергетика, електроніка та інформаційні технології Запоріжжя: ЗНУ, 2019ю Т.3 С. 13.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з 45 позицій. Загальний обсяг складає 112 сторінок, у тому числі 18 ілюстрацій та 43 таблиць.

1 ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

1.1 Використання енергії Сонця

Для вивчення інформації пов'язаної з темою роботи були розглянуті джерела інформації [1-25].

Загальна кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі в 6,7 разів більше світового потенціалу ресурсів органічного палива. Використання тільки 0,5 % цього запасу могло б повністю покрити світову потребу в енергії на тисячоліття.

Відомо, що кожен рік в світі споживається стільки нафти, скільки її утворюється в природних умовах за 2 млн років. Гігантські темпи споживання не відновлюваних енергоресурсів за відносно низькою ціною, яка не відображає реальні сукупні витрати суспільства, по суті означають життя в позиці, кредити у майбутніх поколіннях, яким не буде доступна енергія за такою низькою ціною. Енергозберігаючі технології для сонячного будинку є найбільш прийнятними з економічної ефективності їх використання. Їх застосування дозволить знизити енергоспоживання в будинках до 60 %.

Сонячна батарея - кілька об'єднаних фотоелектричних перетворювачів (фотоелементів) - напівпровідникових пристроїв, які перетворюють сонячну енергію в постійний електричний струм.

Найбільш практичне застосування в світі отримали гібридні сонячно-паливні електростанції з параметрами: ККД 13,9 %, температурою пари 371 °С, тиском пари 100 бар, вартість виробленої електроенергії 0,08-0,12 дол./кВт·год, сумарна потужність в США 400 МВт при вартості 3 долара/Вт. СЕС працює в піковому режимі при відпускній ціні за 1 кВт·год електроенергії в енергосистемі: з 8 до 12 години - 0,066 долара і з 12 до 18 години - 0,353 долара. ККД СЕС може бути збільшений до 23 % - середнього ККД системних електростанцій, а вартість електроенергії знижена за рахунок комбінованого виробництва електричної енергії і тепла. Основним технологічним досягненням цього проекту є створення Німецької фірмою

Flachglass Solartechnik GmbH технології виробництва скляного параболоциліндричного концентратора довжиною 100 м з апертурою 5,76 м, оптичним ККД 81 % і ресурсом роботи 30 років.

Його головні характеристики - поєднання позитивних моментів сонячних електростанцій з центральним приймачем модульного типу та можливість використання в якості приймача як традиційних паронагрівачів, так і сонячних елементів на основі кремнію.

Однією з найбільш перспективних технологій сонячної енергетики є створення фотоелектричних станцій з сонячними елементами на основі кремнію, які перетворюють в електричну енергію пряму і розсіяну складові сонячної радіації з ККД (12...15) %. Лабораторні зразки мають ККД 23 %. Світове виробництво сонячних елементів перевищує 50 МВт в рік і збільшується щорічно на 30%. Сучасний рівень виробництва сонячних елементів відповідає початковій фазі їх використання для освітлення, підйому води, телекомунікаційних станцій, харчування побутових приладів в окремих районах і в транспортних засобах. Вартість сонячних елементів складає 2,5-3 дол./Вт при вартості електроенергії (0,25...0,56) дол/кВт·год. Сонячні енергосистеми замінюють газові лампи, свічки, сухі елементи і акумулятори, а при значній відстані від енергосистеми і малої потужності навантаження - дизельні електрогенератори і лінії електропередач.

Щосекундно Сонце випромінює $8 \cdot 10^{24}$ кал теплоти, тобто $1,25 \cdot 10^{16}$ т у.п. або $1,02 \cdot 10^{20}$ кВт·год. А до Землі доходить невелика частина - біля 10^{18} кВт·год. ($123 \cdot 10^{12}$ т у.п.) за рік, що у ~ 1000 разів більше від енергії всіх горючих копалин планети. В космосі Густина сонячного потоку сягає $1,35$ кВт/м².

До Землі доходить приблизно 50 % загальної кількості сонячного випромінювання. Воно проходить через верхній шар атмосфери, де є і розсіяна і пряма сонячна радіація. Максимальна інтенсивність сонячного випромінювання на поверхні Землі складає близько 1 кВт/м², однак тривалість його становить всього (1...2) години в літні дні. Середня

інтенсивність сонячного випромінювання в більшості районів земної кулі становить (200...250) Вт/м². При створенні та впровадженні сонячного енергетичного обладнання використовуються дані про кількість сумарної сонячної радіації і її складових, періодичність та змінність режимів її надходження.

Енергія сонячної радіації відносно традиційних видів палива має значні переваги, а саме:

- може бути джерелом місцевого енергетичного палива в різних частинах земної кулі;
- безпосереднє перетворення енергії сонячної радіації в електричну;
- джерело сонячної радіації є невичерпне;
- отримання високих температур (> 500 °C);
- прискорення дії фотохімічних процесів.

Країни у всьому світі вирішують будувати сонячні електростанції. Людство все більше турбується про збереження навколишнього середовища, завдяки чому воно усвідомлює важливість та користь сонячної енергії, а також те, що фінансово вона доступна. Існує багато різних типів сонячних електростанцій. Користь від них можна мати пасивну та активну.

Активне використання сонячної електростанції - це коли енергію сонця спрямовують одразу на живлення будь-якої стандартної домашньої техніки. Пасивне використання сонячної енергетики відбувається, коли оселі та будівлі спроектовані таким чином, що отримують максимальну вигоду від сонячних променів.

По всьому світу збудовано різні види сонячних електростанцій. Серед них ті, які працюють з допомогою фотоелементів, сонячні теплові електростанції та концентруючі сонячні електростанції.

Є три основні типи СЕС:

1. *Сонячні теплові електростанції.* Вони використовуються для створення нагрівачів, які можуть загри́ти воду чи бути обігрівачем всередині оселі. У спеціальних теплових комірках збирається спродукована сонцем

енергія, яку потім перетворюють у теплову енергію. Її можна використати також для приготування їжі і для сушіння одягу. Нижчі температури придатні для нагрівання води, наприклад, у басейнах. Середні температури використовують для обігріву осель чи офісів всередині. З допомогою високих температур можна спродувати електрику для щоденних потреб в оселях та офісах.



Рисунок 1.1 - Теплова система нагрівання води

2. *Сонячні електростанції, які працюють за допомогою фотоелементів.* Це найвдаліший замінник звичайної електрики, яка живить техніку в оселях. Фотоелектричні комірки захоплюють енергію, згенеровану Сонцем і перетворюють її на електрику. Процес конверсії - чистий та простий, в атмосферу не потрапляє жодних шкідливих хімічних сполук чи диму. Чимало компаній прийняли рішення встановити у своїх приміщеннях сітки з фотоелектричними перетворювачами, щоб добути з них максимум енергії та знизити залежність від традиційних джерел електрики.

3. *Концентруючі сонячні електростанції.* Працюють за тим самим принципом, що й сонячні електростанції, які працюють за допомогою фотоелементів. Додатковим елементом є використання лінз і дзеркал, щоб

зібрати енергію променів сонця. Сонячне світло спрямовують у фотоелектричні комірки, де його перетворюють у теплову енергію. Зазвичай, такий тип електростанцій використовують дуже великі компанії, які таким чином утилізують сонячну енергію.

1.2 Фотоелектричні елементи і їх види

Фотоелектричні елементи являють собою об'єднання безлічі фотоелектричних перетворювачів, зафіксованих на жорсткій або гнучкій підкладці.

Кожен фотоелемент панелі складається з двох пластин кремнію з струмовідвідними мідними смужками. У місці зіткнення пластини мають найтонше покриття: одна - борне, інша - фосфорне. Під дією фотонів сонячного світла в фотоелементі з'являються області з надлишком і недоліком (так звані «дірки») електронів. На стику пластин, в місці напівпровідникового р-п переходу, виникає електрогенеруючий ефект. Далі електричний струм по мідним смужках надходить до перетворювачів напруги [12].

На продуктивність сонячних панелей багато в чому впливає орієнтація кристалів і чистота кремнію. Протягом останніх десятиліть розробники б'ються над поліпшенням цих параметрів, здешевленням виробництва очищеного, однорідного силіциуму. В якості напівпровідникового матеріалу може виступати не тільки кремній, але принцип роботи сонячних панелей залишається тим же.

1.2.1 Фотоелементи монокристалічного типу

Для виробництва сонячних панелей монокристалічного типу використовують очищений, найчистіший кремній. Такий вид сонячної панелі виглядає як силіконові стільники, або осередки, які з'єднані в одну структуру. Після того, як очищений монокристал твердне, його поділяють на супертонкі

пластини, товщиною до 300 мкм. Такі готові пластини з'єднані тонкою сіткою з електродів. У порівнянні з аморфними батареями, такі коштують дорожче, адже технологія їх виробництва в рази складніше. При цьому такі батареї варто вибрати хоча б за їх високий коефіцієнт корисної дії (ККД). На рівні 20 %. Так, для сонячних батарей це хороший показник.

1.2.2 Фотоелементи з полікристалічного кремнію

Для того щоб отримати полікристали, кремнієву субстанцію повільно охолоджують. Такий підхід до технології виробництва значно дешевше ніж в попередньому типі панелей, тому й коштує цей вид дешевше. При цьому для виготовлення потрібно менше енергії, а це ще раз благотворно діє на ціну. Тому у таких батареї ККД нижче - до 18%. Пов'язано таке падіння коефіцієнта з утвореннями всередині полікристала, які знижують ефективність.

1.2.3 Фотоелементи з аморфного кремнію

Даний вид сонячних батарей можна віднести як до кремнієвих (бо матеріал виготовлення - кремній) так і до плівкових, адже виготовлені вони за принципом виробництва плівкових батарей. Але все ж відмінності є.

На сьогоднішній день існує три покоління аморфних сонячних панелей. І якщо ефективність перших зразків становила всього лише (4...5) %, ККД останніх розробок досягає 12 %. На ринку ж масово представлені панелі другого покоління з продуктивністю (8...9) %. Протягом стандартного для них терміну служби (20...25) років потужність аморфних фотоелементів знижується на (15...20) %.

Однак низьке енергоспоживання, простота виробництва і невисока його вартість, можливість виробництва великих за розмірами елементів робить модулі з аморфного кремнію затребуваними в найширших сферах людської

діяльності. Аморфний кремній досить широко застосовується при виробництві годин і калькуляторів, однак для установок великої потужності він непридатний внаслідок меншої стабільності. «Метод осадження з газової фази», за допомогою якого відбувається виготовлення аморфного кремнію, полягає в осадженні тонкої плівки кремнію на підкладку і нанесенні захисного покриття. Внаслідок такого осадження утворюються рp переходи, що проводять електрику. Такі модулі ефективні навіть в умовах слабкої освітленості і хмарності і краще захищені від агресивного впливу зовнішніх факторів.

1.3 Типи сонячних колекторів

1.3.1 Плоскі сонячні колектори

Плоский колектор складається з елемента, що поглинає сонячне випромінювання (абсорбер), прозорого покриття і термоізолюючого шару. Абсорбер пов'язаний з теплопроводною системою. Він покривається чорним кольором або спецрозчином, для підвищення ефективності. Прозорий елемент зазвичай виконується із загартованого скла з пониженим вмістом металів, або особливого рифленого полікарбонату. Задня частина панелі покрита теплоізоляційним матеріалом. Трубки, по яких поширюється вода, виготовляються із зшитого поліетилену або міді. Сама панель є повітронепроникною, для чого отвори в ній закладаються силіконовим герметиком [25].

При відсутності розбору тепла (застій) плоскі колектори здатні нагрівати воду до (190...200) °С.

Чим більше падаючої енергії передається теплоносію, що протікає в колекторі, тим вище його ефективність. Підвищити її можна, застосовуючи спеціальні оптичні покриття, що не випромінюють тепло в інфрачервоному спектрі. Стандартним рішенням підвищення ефективності колектора стало застосування абсорбера з листової міді з-за її високої теплопровідності,

оскільки застосування міді проти алюмінію дає вигаш 4 % (хоча теплопровідність алюмінію вдвічі менше, що означає значне перевищення "запасу потужності" по теплопередачі), що незначно в порівнянні з ціною. Використовується також алюмінієвий екран.

1.3.2 Вакуумні сонячні колектори

Можливе підвищення температур теплоносія аж до (250...300) °С в режимі обмеження відбору тепла. Добитися цього можна за рахунок зменшення теплових втрат в результаті використання багатошарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму.

Фактично сонячна теплова труба має пристрій, схожий з побутовими термосами. Тільки зовнішня частина труби прозора, а на внутрішній трубці нанесено високоселективне покриття для вловлювання сонячної енергії. Між зовнішньою і внутрішньою скляною трубкою знаходиться вакуум. Саме вакуумний прошарок дає можливість зберегти близько 95 % зібраної теплової енергії [14].

Крім того, у вакуумних сонячних колекторах знайшли застосування теплові трубки, які виконують роль провідника тепла. При опроміненні установки сонячним світлом, рідина, що знаходиться в нижній частині трубки, нагріваючись, перетворюється на пару. Пара піднімається у верхню частину трубки (конденсатор), де конденсуючись, передає тепло колектору. Використання даної схеми дозволяє досягти більшого ККД (порівняно з плоскими колекторами) при роботі в умовах низьких температур і слабкої освітленості.

Сучасні побутові сонячні колектори здатні нагрівати воду аж до температури кипіння навіть при негативній температурі навколишнього середовища.

1.3.3 Сонячні повітряні колектори

Сонячні повітряні колектори - це прилади, що працюють на енергії Сонця і нагрівають повітря. Сонячні повітряні колектори являють собою найчастіше прості плоскі колектори і використовуються в основному для опалення приміщень, сушіння сільськогосподарської продукції.

Повітря проходить через поглинач завдяки природній конвекції або під впливом вентилятора. Оскільки повітря гірше проводить тепло, ніж рідина, він передає поглиначу менше тепла, ніж рідкий теплоносій.

У деяких сонячних повітрянагрівачах до поглинаючої пластини приєднані вентилятори, які збільшують турбулентність повітря та поліпшують теплопередачу. Недолік цієї конструкції в тому, що вона витрачає енергію на роботу вентиляторів, таким чином збільшуючи витрати на експлуатацію системи. У холодному кліматі повітря направляється в проміжок між пластиною-поглиначем і утепленій задньою стінкою колектора: таким чином, уникають втрат тепла крізь засклення. Однак, якщо повітря нагрівається не більше, ніж на 17 °С вище температури зовнішнього повітря, теплоносій може циркулювати по обидві сторони від пластини-поглиначі без великих втрат ефективності.

Основними перевагами повітряних колекторів є їх простота і надійність. Такі колектори мають просту будову. При належному догляді якісний колектор може прослужити (10...20) років, а управління ним досить нескладно. Теплообмінник не потрібний, так як повітря не замерзає. Потенційним способом зниження вартості колекторів є їх інтеграція в стіни чи даху будівель, а також створення колекторів, які можна буде збирати з готових збірних компонентів. Колектори призначені для обігріву приміщень в умовах достатньої сонячної освітленості і при відсутності (або паралельно з ними) інших джерел енергії (таких як газ, електрика, рідке і тверде паливо).

Колектори не можуть бути основною системою опалення, так як не забезпечують постійних характеристик, як протягом доби, так і при зміні

сезонів року. Однак система може бути інтегрована в будь-яку існуючу систему опалення та вентиляції.

1.4 Пристрій побутового колектора

Теплоносій (вода, повітря, масло або антифриз) нагрівається, циркулюючи через колектор, а потім передає теплову енергію в бак-акумулятор, що накопичує гарячу воду для споживача.

У найпростішому варіанті циркуляція води відбувається природно через різницю температур в колекторі і баку-акумуляторі, який розташовується вище.

У більш складному варіанті колектор має свій контур, заповнений водою або антифризом. У контур включається насос для циркуляції теплоносія. Бак може розташовуватися як безпосередньо поруч з колектором, так і всередині будівлі.

У тих випадках, коли сонячної енергії недостатньо, температуру води на потрібному рівні підтримує додатковий електричний нагрівальний елемент, який встановлюють за баком-акумулятором. Таке рішення дозволяє підвищити ефективність сонячної установки, оскільки ККД сонячного колектора знижується з ростом температури теплоносія.

1.5 Енергія вітру

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) досягли сьогодні рівня комерційної зрілості і в місцях зі сприятливими швидкостями вітру можуть конкурувати з традиційними джерелами електропостачання. Із пристроїв, що перетворюють енергію вітру в механічну роботу, в переважній більшості випадків використовуються лопатеві машини з горизонтальним валом, що встановлюються за напрямком вітру. Набагато рідше застосовуються пристрої з вертикальним валом.

Кінетична енергія, що переноситься потоком вітру в одиницю часу через площу в 1 м^2 (питома потужність потоку), пропорційна кубу швидкості вітру. Тому установка ВЕУ виявляється доцільною тільки в місцях, де середньорічні швидкості вітру досить великі.

Вітрове колесо, розміщене у вільному потоці повітря, може в кращому випадку теоретично перетворити в потужність на його валу $16/27 = 0,59$ (критерій Бетца) потужності потоку повітря, що проходить через площу перетину вітрового колеса. Цей коефіцієнт можна назвати теоретичним ККД ідеального вітрового колеса. Насправді ККД нижче і досягає для кращих вітрових коліс приблизно 0,45. Це означає, наприклад, що вітрове колесо з довжиною лопаті 10 м при швидкості вітру 10 м / с може мати потужність на валу в кращому випадку 85 кВт.

Найбільшого поширення з установок, що приєднуються до мережі, сьогодні отримали вітроенергетичні установки (ВЕУ) з одиничною потужністю від 100 до 500 кВт. Питома вартість ВЕУ потужністю 500 кВт складає сьогодні близько 1200 дол. / кВт і має тенденцію до зниження.

Поряд з цим створюються ВЕУ і з істотно більшою одиничною потужністю. У 1978 р. в США була створена перша експериментальна ВЕУ мегаватного класу з розрахунковою потужністю 2 МВт. Слідом за цим у 1979-1982 рр. в США були споруджені і випробувані 5 ВЕУ з одиничною потужністю 2,5 МВт. Найбільша на той час ВЕУ (Гровіан) потужністю 3 МВт була споруджена в Німеччині в 1984 р, але, на жаль, вона пропрацювала лише кілька сот годин. Побудовані трохи пізніше в Швеції ВЕУ WTS-3 і WTS-4 потужністю відповідно 5 і 4 МВт були встановлені в Швеції і США і проробили перша 20 тис. год, а друга 10 тис. год.

У Канаді ведуться роботи зі створення великих вітрових установок з вертикальним валом (ротор Дарині). Одна така установка потужністю 4 МВт проходить випробування з 1987 р. Всього за 1987-1993 рр. в світі було споруджено близько 25 ВЕУ мегаватного класу.

Розрахункова швидкість вітру для великих ВЕУ звичайно приймається на рівні (11...15) м/с. Взагалі, як правило, чим більше потужність агрегату, тим на більшу швидкість вітру він розраховується. Однак у зв'язку з мінливістю швидкості вітру велику частину часу ВЕУ виробляє меншу потужність. Вважається, що якщо середньорічна швидкість вітру в даному місці не менше (5...7) м/с, а еквівалентне число годин у році, при якому виробляється номінальна потужність не менш як 2000, то таке місце сприятливе для установки великої ВЕУ і навіть вітрової ферми.

Автономні установки кіловатного класу, призначені для енергопостачання порівняно дрібних споживачів, можуть застосовуватися і в районах з меншими середньорічними швидкостями вітру.

Сьогодні в деяких промислово розвинених країнах встановлена потужність ВЕУ досягає помітних значень. Так, в США встановлено понад 1,5 млн. ВЕУ, в Данії ВЕУ виробляють близько 3 % споживаної країною енергії; велика встановлена потужність ВЕУ в Швеції, Нідерландах, Великобританії і Німеччині.

У міру вдосконалення устаткування ВЕУ і збільшення обсягу їх випуску вартість ВЕУ, а одже і вартість виробленої ними енергії знижуються. Якщо в 1981 р. вартість електроенергії виробленої ВЕУ, складала приблизно 30 американських центів за кВт · год, то сьогодні вона становить (6...8) центів. З урахуванням того, що тільки в 1995 р. в США велися роботи по чотирьох великих вітрових ферм із загальною потужністю близько 200 МВт, стане ясно, що плановане Департаментом Енергетики США зниження вартості вітрової електроенергії до 2,5 цент. / (кВт · год) цілком реально.

У країнах, що розвиваються, інтерес до ВЕУ зв'язаний в основному з автономними установками малої потужності, які можуть використовуватися в селах, віддалених від систем централізованого електропостачання. Такі установки вже сьогодні конкурентноздатні з дизелями, що працюють на привозному паливі. Однак в деяких випадках мінливість швидкості вітру змушує або встановлювати паралельно з ВЕУ акумуляторну батарею, або

резервувати її установкою на органічному паливі. Природно, це підвищує вартість установки і її експлуатації, тому поширення таких установок поки невелика.

Переваги та недоліки ВЕУ.

Переваги:

- екологічно-чистий вид енергії;
- ергономіка;
- відновлюваних енергія;
- вітрова енергетика - краще рішення для важкодоступних місць.

Недоліки:

- нестабільність;
- відносно невисокий вихід електроенергії;
- висока вартість;
- природні умови;
- шумове забруднення;
- пожежі.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ УМОВ М. ЗАПОРІЖЖЯ

2.1 Основні дані досліджуваного об'єкта

Для дослідження було обрано будинок спроектований фірмою Z500 [1]. Цей будинок має плоский дах, це дозволяє встановлювати сонячні батареї і колектори під практично будь-яким кутом, що дозволить збільшити їх ефективність. План будинку наведений на рисунках 2.1 та 2.2.

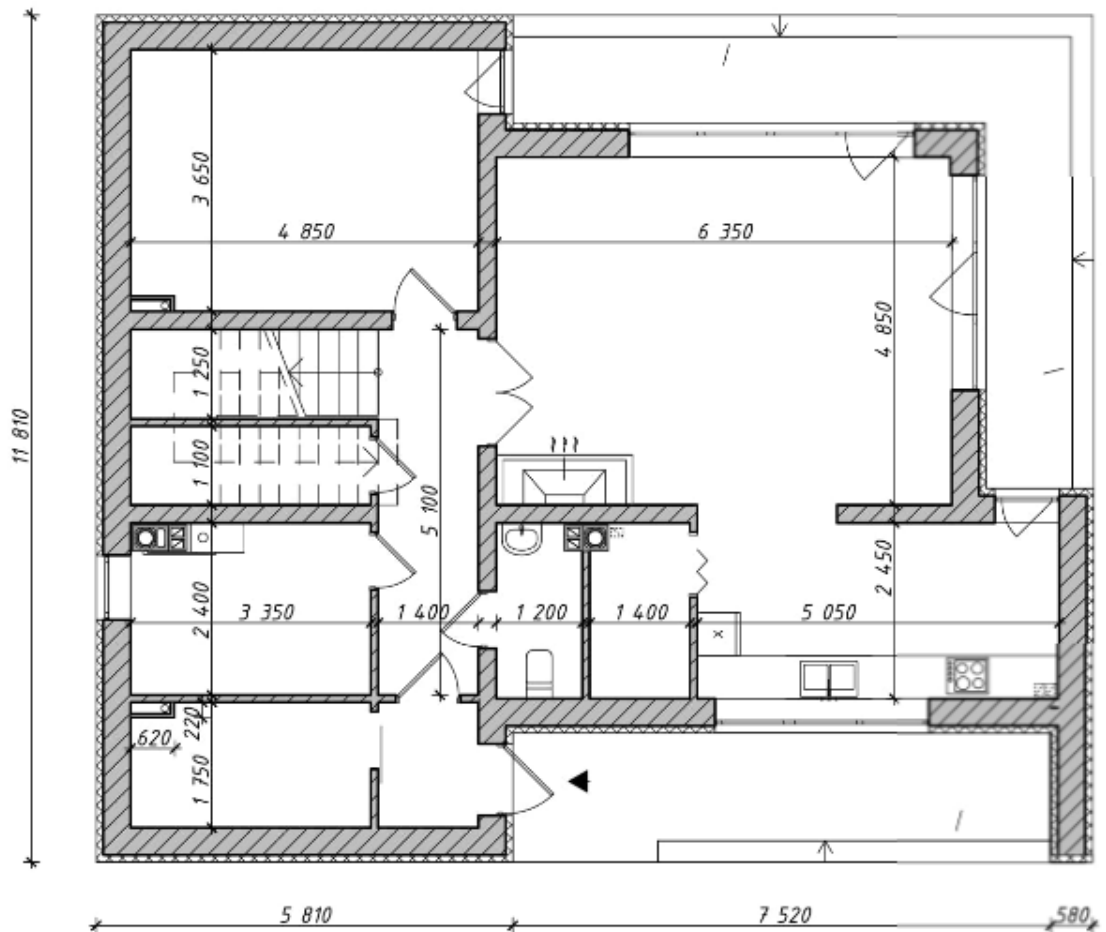


Рисунок 2.1 – План першого поверху будинку

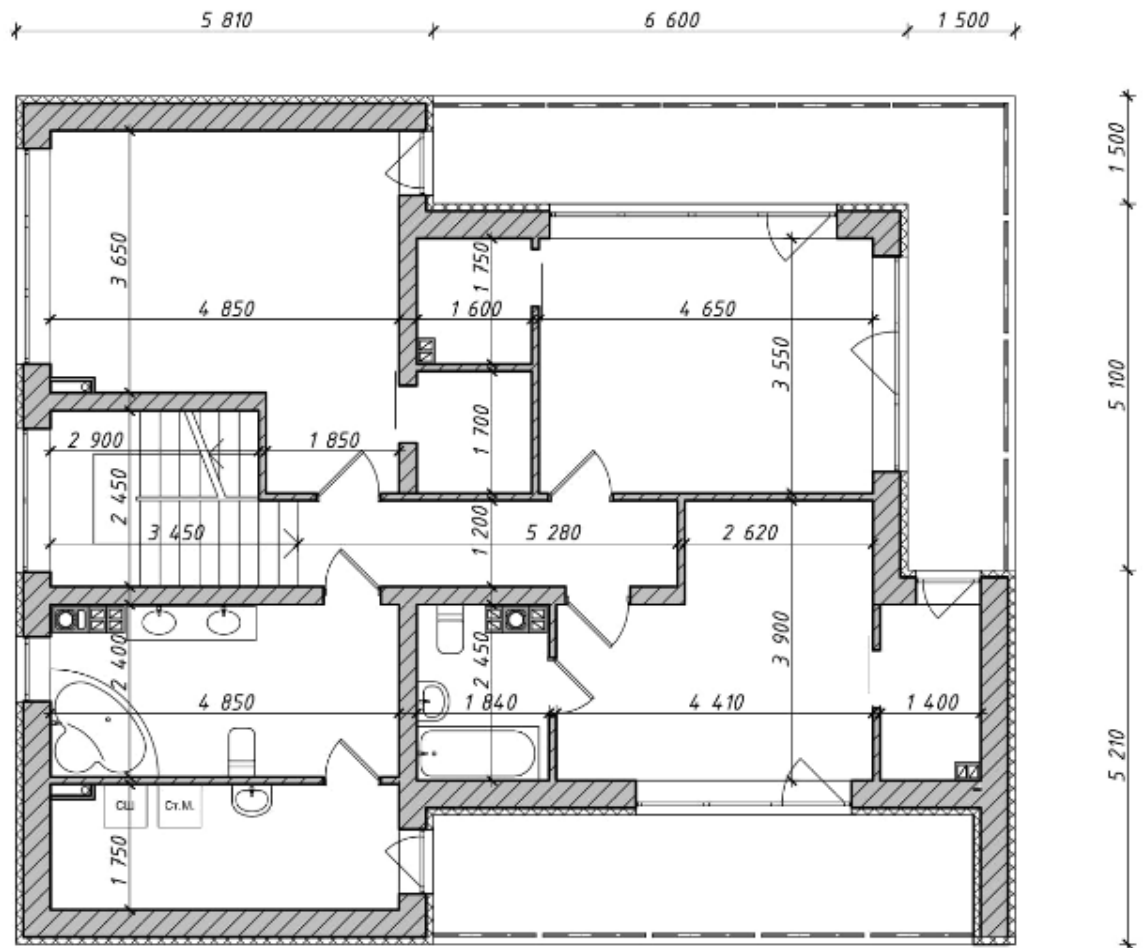


Рисунок 2.2 – План другого поверху будинку

Розміри будівлі, м:

$$-a = 11,81;$$

$$-b = 13,91;$$

$$-h = 7,25.$$

Приймаємо число жителів в будівлі, шт.

$$N = 7.$$

Для розрахунку економічної частини сонячних колекторів потрібно вибрати проміжний теплообмінник і бак акумулятор.

Теплообмінник Emaux серії HE забезпечує високу теплопередачу і ефективний прогрів води. Має безшовні труби з обмежувачами потоку. Може приєднуватися до нагрівачів різного типу, теплових насосів, сонячних панелей. Виготовлений з нержавіючої сталі AISI316 із захисним антикислотним покриттям. Обираємо до установки теплообмінник Emaux HE 40 [3].

Ціна проміжного теплообмінника Emaux HE 40, грн

$$B_m = 4992.$$

Бак акумулятор Drazice ОКС 200 NTRR/SOL застосовується в опалювальних системах, джерелом тепла в яких є твердопаливний котел, електричний котел, тепловий насос і т.д. Встановлюється в системі між генератором тепла і опалювальними приладами. Виконує відразу кілька функцій: економить споживання палива котлом, виступає в ролі захисту системи від закипання, дозволяє розширити діапазон регулювання температури. Принципова схема теплообмінника відображена на рисунку 2.3, розміри вказані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розміри теплообмінника Drazice ОКС 200 NTRR/SOL

D, мм	d, мм	A, мм	B, мм	C, мм	E, мм	F, мм	H, мм	I, мм	J, мм	K, мм	L, мм
584	490	1510	356	624	95	220	245	775	1300	170	475

Ціна бака акумулятора Drazice ОКС 200 NTRR/SOL, грн

$$B_a = 12889.$$

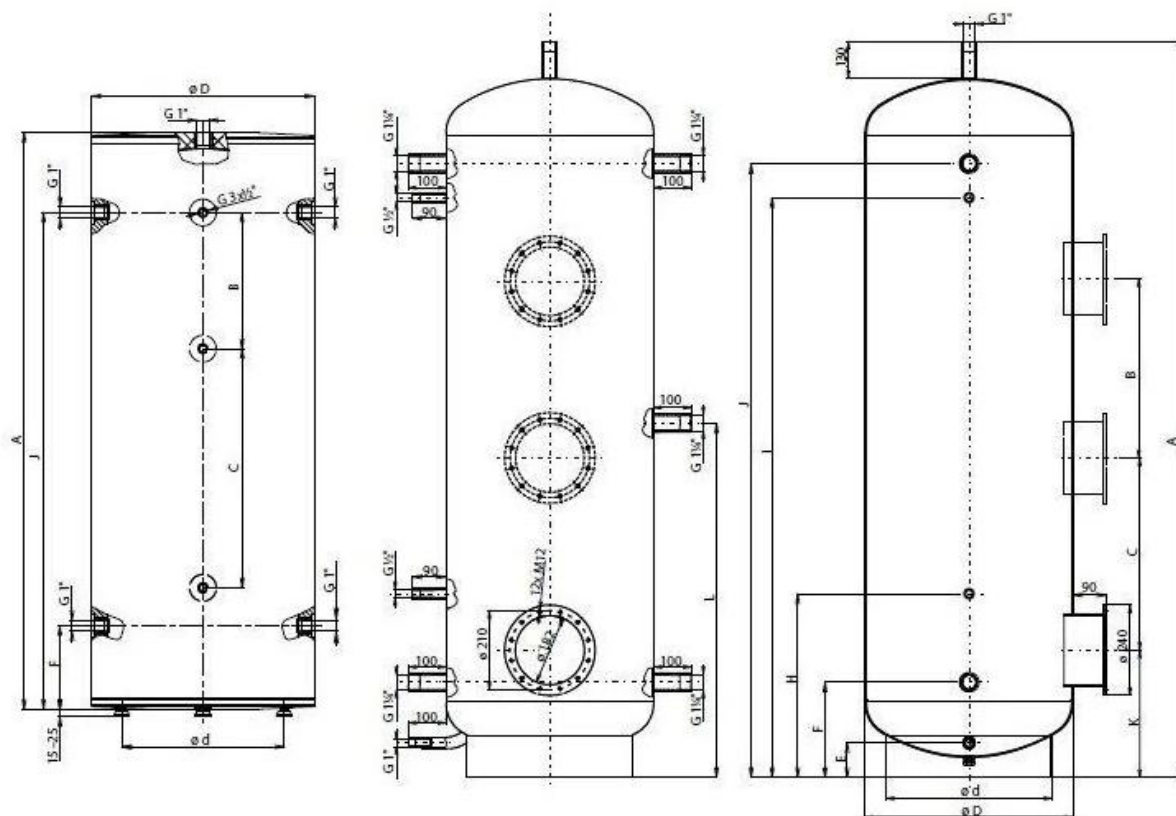


Рисунок 2.3 - Принципова схема теплообмінника Drazice OK 200 NTRR/SOL

Величезну роль в роботі сонячних колекторів грає робоча рідина. Оскільки температура в місті Запоріжжя взимку опускається нижче нуля, в якості робочої рідини повинен виступати антифриз, щоб уникнути розриву труб сонячного колектора і витікань. В якості антифризу був обраний антифриз марки Antifrogen - Antifrogen SOL НТ. Теплоносій Antifrogen SOL НТ - готовий до застосування теплоносій з антифризними і інгибіруючими властивостями для сонячних систем опалення, які працюють при підвищених теплових навантаженнях.

Antifrogen SOL НТ - фізіологічно безпечний теплоносій, який представляє собою прозору рідину на основі водного розчину високомолекулярних гликолей, використовується в сонячних системах опалення, особливо тих, які працюють при підвищених температурах. Продукт змішаний з деіонізованою водою і має морозостійкість близько $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5].

Щільність антифризу Antifrogen SOL HT, кг/м³

$$\rho_{an} = 1082.$$

Середньомісячне добове надходження сумарної H і дифузної H_d сонячної радіації, коефіцієнт ясності атмосфери K_j , температура зовнішнього повітря T_v зведені до таблиці 2.2.

Кут нахилу колектора, град

$$\beta = \varphi - 10 = 37,5.$$

Кут нахилу колектора, рад

$$\beta = \beta \cdot \frac{3,14}{180} = 0,65.$$

Розрахункова температура зовнішнього повітря для міста Запоріжжя, °С

$$t_{3,n} = -21.$$

2.2 Розрахунок витрат і приходу енергії будівлі

Розрахунок витрати енергії будинку є дуже важливим етапом розрахунку, він потрібен для коректного вибору кількості сонячних колекторів, розрахунку економії і терміну окупності.

Розрахунки виконано за методикою [2] для умов міста Запоріжжя.

Таблиця 2.2 - Середньомісячне добове надходження сумарної H і дифузної H_d сонячної радіації, МДж / (м²·доб), на горизонтальну поверхню, коефіцієнт ясності атмосфери K_y , температура зовнішнього повітря T_v , °С

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
H , $\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{доб}}$	4.36	7.2	10.48	15.12	20.23	20.59	21.17	18.65	13.93	8.78	4.5	3.42
H_d , $\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{доб}}$	2.29	3.43	5.53	7.51	9.18	10	9.45	7.69	5.84	3.91	2.08	1.62
T_v , °С	-3.5	-2.6	2	10.1	16.4	20.2	22.4	21.4	16.2	9.6	3.5	-1.1
K_y	0.35	0.39	0.44	0.45	0.49	0.53	0.52	0.51	0.5	0.45	0.29	0.3

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні, рад

$$\omega = \arccos(-tg\varphi tg\delta) = \arccos(-tg(0,83)tg(-0,36)) = 1,14.$$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні, рад

$$\omega' = \min[\omega; \arccos(-tg(\varphi - \beta)tg\delta)] = \min[1,14; \arccos(-tg(0,83 - 0,65)tg(0,83))] = 1,14.$$

Відношення середньомісячних надходжень прямої радіації на похилу і горизонтальну поверхні для січня

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \frac{\pi}{180} \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta} =$$

$$= \frac{\cos(0,83 - 0,65) \cos(-0,36) \sin(1,14) + \frac{\pi}{180} \sin(0,83 - 0,65) \sin(-0,36)}{\cos(0,83) \cos(-0,36) \sin(1,14) + \frac{\pi}{180} 1,14 \sin(0,83) \sin(-0,36)} = 1,47,$$

де δ - схилення сонця.

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.2.

Залежність частки дифузної радіації від показника хмарності для січня

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,39 - 4,03 \cdot K_{я} + 5,53 \cdot K_{я}^2 - 3,11 \cdot K_{я}^3 =$$

$$= 1,39 - 4,03 \cdot 0,35 + 5,53 \cdot 0,35^2 - 3,11 \cdot 0,35^3 = 0,52.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.3.

Відношення загальної радіації на похилу поверхню до радіації на горизонтальну поверхню для січня

$$\begin{aligned}\bar{R} &= \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right)R_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \frac{1 + \cos\beta}{2} + 0,2 \frac{1 - \cos\beta}{2} = \\ &= (1 - 0,52)1,47 + 0,52 \frac{1 + \cos(0,65)}{2} + 0,2 \frac{1 - \cos(0,65)}{2} = 1,19.\end{aligned}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.3.

Середньомісячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню для січня, кДж/ (м² · доб)

$$\bar{H}_T = \bar{R} \cdot \bar{H} = 1,19 \cdot 4,36 = 5,18.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.3.

Питома теплова характеристика будівлі, Вт/(м³ · К)

$$g = 1,16 \cdot \frac{(1 + 2d) \cdot A_c + S}{V_H} = 1,16 \frac{(1 + 2 \cdot 0,31) \cdot 372,94 + 164,28}{1191,01} = 0,73,$$

де d – частка заскління огорожувальних конструкцій $d = 0,31$.

Коефіцієнт врахування району будівництва будівлі

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_e - t_{3.n.}} = 0,54 - \frac{22}{20 - (-21)} = 1,08.$$

Таблиця 2.3 - Відношення середньомісячних надходжень прямої радіації на похилу і горизонтальну поверхні, залежність частки дифузної радіації від показника хмарності, відношення загальної радіації на похилу поверхню до радіації на горизонтальну поверхню, середньомісячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
R_b	1.47	1.46	1.46	1.47	1.55	1.61	1.58	1.5	1.46	1.46	1.47	1.47
$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}$	0.52	0.47	0.42	0.41	0.38	0.34	0.35	0.36	0.37	0.41	0.61	0.59
\bar{R}	1.47	1.46	1.46	1.47	1.55	1.61	1.58	1.5	1.46	1.46	1.47	1.47
\bar{H}_T	5.18	8.75	13.01	18.99	26.77	28.58	28.8	24.27	17.71	10.98	5.13	3.93

Величина теплових витрат по площі зовнішніх стін, Вт/К

$$UA_3 = a \cdot g \cdot V_H = 1,08 \cdot 0,73 \cdot 1191,01 = 931,36,$$

де U - повний коефіцієнт теплових втрат, Вт/ (м² · К);

A_3 - площа зовнішніх поверхонь будівлі, м².

Число градусо-днів у місяці, (К · доб) для січня

$$H_{Г.д.} = (18 - T_B) \cdot N = (18 - 3,5) \cdot 31 = 666,5.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.4.

Середньомісячне навантаження опалення для січня, ГДж / міс.

$$Q_0 = UA_3 \cdot H_{Г.д.} \cdot 86400 = 931,36 \cdot 666,5 \cdot 86400 \cdot 10^{-9} = 53,63.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.4.

Навантаження ГВП для січня, ГДж / міс.

$$\begin{aligned} Q_{ГВП} &= \rho \cdot C_p \cdot V_{Г.В.} \cdot (T_{Г.В.} - T_{Х.В.}) \cdot N \cdot n_d = \\ &= 1000 \cdot 4187 \cdot 0,12 \cdot (65 - 5) \cdot 7 \cdot 31 = 4,36. \end{aligned}$$

де ρ - щільність води, кг/м³;

C_p - теплоємність води, Дж/(кг · К);

$V_{Г.В.}$ - добова витрата гарячої води на 1 людину, м³;

$T_{Г.В.}$ - температура гарячої води, °С;

N - кількість жителів;

n_d - число днів у відповідному місяці.

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.4.

Середньомісячне навантаження тепlopостачання для січня, ГДж / міс.

$$Q_n = Q_0 + Q_{ГВП} = 53,63 + 6,45 = 60,09.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.4.

Річне навантаження тепlopостачання, ГДж / рік

$$Q_n^{річ} = \sum_{i=1}^{12} Q_n^i = 60,09 + 52,24 + 45,83 + \\ + 24,79 + 9,91 + 5,2 + 5,38 + 5,38 + 10,07 + 26,87 + 40,73 + 54,1 = 340,58.$$

Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку тільки за рахунок використання електричної енергії для січня, кВт-год

$$Q_{безск} = \frac{Q_n \cdot 10^6}{3600} = \frac{60,09 \cdot 10^6}{3600} = 16690,31.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.5.

Ціна електроенергії у разі тепlopостачання будинку тільки за рахунок використання електричної енергії для січня, грн

$$S_{безск} = Q_{безск} \cdot 1,68 = 16690,31 \cdot 1,68 = 28039,71.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Число градусо-днів, середньомісячне навантаження опалення, навантаження ГВП, середньомісячне навантаження теплопостачання

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$H_{Г.д.},$ К · доб	666.5	576.8	496	237	49.6	0	0	0	54	260.4	435	592.1
$Q_0, ГДж$	53.63	46.41	39.91	19.07	3.99	0	0	0	4.35	20.95	35	47.65
$Q_{ГВП}, ГДж$	6.45	5.83	5.91	5.72	5.91	5.2	5.38	5.38	5.72	5.91	5.72	6.45
$Q_n, ГДж$	60.09	52.24	45.83	24.79	9.91	5.2	5.38	5.38	10.07	26.87	40.73	54.1

Таблиця 2.5 – Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку тільки за рахунок використання електричної енергії

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$Q_{безск},$ кВт·год	16690.31	14511.83	12729.82	6887.49	2751.6	1445.38	1493.55	1493.55	2796.96	7463.54	11313.32	15027.27

Капітальні витрати на котел при тепlopостачанні будинку тільки за рахунок використання електроенергії, грн

$$KЗ_{безск} = \frac{Q_{безск} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{16690,31 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 33649,81.$$

2.3 Розрахунок сонячного колектора Hewalex KS2100F TLP AC при використанні одного сонячного колектора

Сонячні колектори Hewalex KS2100F TLP AC призначені для роботи як в невеликих, так і великих сонячних установках, в яких очікується насамперед висока ефективність роботи. Вони працюють, зокрема, в блоках підігріву побутової води в одно- і багатосімейних будинках, а також в промислових і інших об'єктах. Їх застосування також можливо в разі підігріву води в басейні і за підтримки опалення будівель. Кріпильні системи дозволяють встановлювати колектори на різного виду покриттях плоского даху, вбудовувати їх в скат даху, а також встановлювати їх на рівні землі, на плоскому даху або фасаді [6].

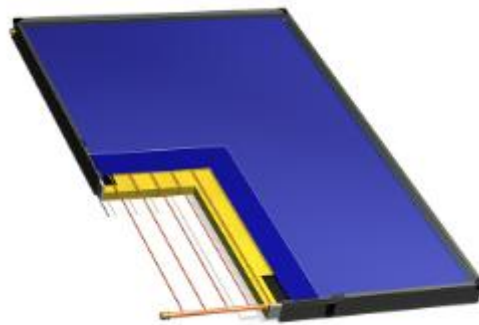


Рисунок 2.4 – Сонячний колектор Hewalex KS2100F TLP AC

Використання структурованого скла найвищого класу проникності сонячного випромінювання сприяє високій оптичній ефективності 75,3 %, яка підтверджена сертифікатом Solar Keymark. Термоізоляція з мінеральної

вати, а також ізоляція стін корпусу забезпечують низьку втрату тепла в навколишнє середовище.

Розрахунки виконано за методикою [2] для умов міста Запоріжжя.

Коефіцієнт відводу тепла з колектора,

$$F_R = 0,75.$$

Повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$U_L = 3,17.$$

Пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання

$$\tau = 0,92.$$

Площа колектора, м^2

$$A = 2,06.$$

Ціна колектора, грн

$$B_{\kappa} = 11635.$$

Орієнтація колектора (азимут), град

$$\alpha = 15.$$

Кут нахилу колектора до горизонту, град

$$\beta = 37,5.$$

Питома об'ємна витрата антифризу через колектор, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

$$G_v = 0,9 \cdot 10^{-5}.$$

Облік впливу теплообмінника, що розділяє колектор і бак-аккумулятор

$$\frac{F'_R}{F_R}$$

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \frac{F_R U_L}{G_M C_P} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right]^{-1} = \left[1 + \frac{0,75 \cdot 3,17}{0,01 \cdot 3200} \left(\frac{1}{0,86} - 1 \right) \right]^{-1} = 0,988,$$

де ε – ефективність проміжного теплообмінника;

C_p – теплоємність антифризу, кДж / (кг · К);

$G_M = G_v \cdot \rho_{ан}$ – витрата антифризу через колектор, кг/с.

Безрозмірний комплекс X

$$X = \frac{A \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (90 - T_g) \cdot \Delta\tau}{Q_n} = \frac{2,06 \cdot 0,74 \cdot 3,17 \cdot (90 - (-3,5)) \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 31}{60,09 \cdot 10^9} = 0,0202,$$

де A - площа сонячного колектора, м²;

F'_R - ефективний коефіцієнт відводу тепла, що враховує вплив теплообмінника;

U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

T_e – середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С;

Q_e - повне місячне теплове навантаження, Дж / міс.

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.6.

Безрозмірний комплекс Y

$$Y = \frac{A \cdot F'_R \cdot \tau \cdot \alpha \cdot H_T^{mic}}{Q_n} = \frac{2,06 \cdot 0,74 \cdot 0,92 \cdot 0,95 \cdot 160,65}{60,09} = 0,0036.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.7.

Коефіцієнт заміщення

$$\begin{aligned} f &= 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 = \\ &= 1,029 \cdot 0,0036 - 0,065 \cdot 0,0202 - 0,245 \cdot 0,0036^2 + 0,0018 \cdot 0,0202^2 + \\ &\quad + 0,0215 \cdot 0,0036^3 = 0,0024. \end{aligned}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.8.

Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

$$Q_{зск} = \frac{Q_n \cdot (1 - f)}{3600} = \frac{60,09 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,0024)}{3600} = 16651,08.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.6 - Безрозмірний комплекс X

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
Січень	0.0202	0.0405	0.0607	0.0809	0.1011	0.1214	0.1416	0.1618	0.1821
Лютий	0.0208	0.0416	0.0624	0.0833	0.1041	0.1249	0.1457	0.1665	0.1873
Березень	0.0250	0.0499	0.0749	0.0999	0.1248	0.1498	0.1747	0.1997	0.2247
Квітень	0.0405	0.0811	0.1216	0.1622	0.2027	0.2432	0.2838	0.3243	0.3649
Травень	0.0966	0.1932	0.2898	0.3864	0.4830	0.5795	0.6761	0.7727	0.8693
Червень	0.1688	0.3375	0.5063	0.6750	0.8438	1.0126	1.1813	1.3501	1.5189
Липень	0.1634	0.3269	0.4903	0.6538	0.8172	0.9807	1.1441	1.3075	1.4710
Серпень	0.1659	0.3317	0.4976	0.6634	0.8293	0.9952	1.1610	1.3269	1.4928
Вересень	0.0922	0.1844	0.2766	0.3688	0.4610	0.5533	0.6455	0.7377	0.8299
Жовтень	0.0389	0.0778	0.1167	0.1556	0.1945	0.2334	0.2723	0.3112	0.3501
Листопад	0.0267	0.0534	0.0802	0.1069	0.1336	0.1603	0.1870	0.2138	0.2405
Грудень	0.0219	0.0438	0.0657	0.0876	0.1095	0.1314	0.1532	0.1751	0.1970

Таблиця 2.7 - Безрозмірний комплекс Y

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
Січень	0.0036	0.0071	0.0107	0.0143	0.0178	0.0214	0.0250	0.0285	0.0321
Лютий	0.0063	0.0125	0.0188	0.0250	0.0313	0.0375	0.0438	0.0500	0.0563
Березень	0.0117	0.0235	0.0352	0.0469	0.0587	0.0704	0.0821	0.0939	0.1056
Квітень	0.0306	0.0613	0.0919	0.1225	0.1532	0.1838	0.2145	0.2451	0.2757
Травень	0.1117	0.2233	0.3350	0.4467	0.5584	0.6700	0.7817	0.8934	1.0051
Червень	0.2197	0.4393	0.6590	0.8786	1.0983	1.3179	1.5376	1.7572	1.9769
Липень	0.2214	0.4428	0.6642	0.8856	1.1070	1.3284	1.5498	1.7712	1.9926
Серпень	0.1865	0.3731	0.5596	0.7461	0.9327	1.1192	1.3057	1.4923	1.6788
Вересень	0.0703	0.1407	0.2110	0.2813	0.3517	0.4220	0.4924	0.5627	0.6330
Жовтень	0.0169	0.0338	0.0507	0.0675	0.0844	0.1013	0.1182	0.1351	0.1520
Листопад	0.0050	0.0101	0.0151	0.0201	0.0252	0.0302	0.0353	0.0403	0.0453
Грудень	0.0030	0.0060	0.0090	0.0120	0.0150	0.0180	0.0210	0.0240	0.0270

Таблиця 2.8 - Коефіцієнт заміщення f

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
Січень	0.0024	0.0047	0.0070	0.0094	0.0117	0.0140	0.0163	0.0186	0.0209
Лютий	0.0051	0.0101	0.0152	0.0202	0.0252	0.0301	0.0351	0.0400	0.0450
Березень	0.0104	0.0208	0.0310	0.0413	0.0514	0.0615	0.0715	0.0815	0.0913
Квітень	0.0287	0.0569	0.0846	0.1119	0.1388	0.1652	0.1912	0.2167	0.2418
Травень	0.1056	0.2053	0.2992	0.3876	0.4705	0.5483	0.6210	0.6889	0.7520
Червень	0.2035	0.3846	0.5449	0.6857	0.8082	0.9140	1.0000	1.0000	1.0000
Липень	0.2054	0.3882	0.5498	0.6916	0.8149	0.9213	1.0000	1.0000	1.0000
Серпень	0.1728	0.3293	0.4705	0.5972	0.7101	0.8102	0.8983	0.9752	1.0000
Вересень	0.0652	0.1280	0.1884	0.2466	0.3025	0.3563	0.4079	0.4573	0.5047
Жовтень	0.0148	0.0294	0.0439	0.0583	0.0725	0.0866	0.1005	0.1143	0.1280
Листопад	0.0034	0.0069	0.0103	0.0137	0.0171	0.0205	0.0238	0.0272	0.0305
Грудень	0.0017	0.0033	0.0050	0.0066	0.0083	0.0099	0.0116	0.0132	0.0148

Таблиця 2.9 - Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
Січень	16651.08	16611.96	16572.95	16534.04	16495.23	16456.53	16417.92	16379.43	16341.03
Лютий	14438.22	14364.89	14291.84	14219.06	14146.56	14074.34	14002.39	13930.72	13859.32
Березень	12597.22	12465.47	12334.58	12204.53	12075.34	11946.99	11819.48	11692.81	11566.98
Квітень	6690.09	6495.84	6304.7	6116.65	5931.66	5749.72	5570.79	5394.85	5221.87
Травень	2461.01	2186.74	1928.29	1685.18	1456.9	1242.96	1042.88	856.15	682.27
Червень	1151.3	889.42	657.76	454.34	277.18	124.32	0	0	0
Липень	1186.74	913.71	672.38	460.64	276.42	117.61	0	0	0
Серпень	1235.5	1001.67	790.79	601.63	432.93	283.44	151.92	37.1	0
Вересень	2614.65	2439.01	2269.89	2107.17	1950.74	1800.45	1656.2	1517.84	1385.26
Жовтень	7353.26	7244.02	7135.81	7028.63	6922.48	6817.34	6713.22	6610.11	6508
Листопад	11274.4	11235.63	11197	11158.51	11120.16	11081.95	11043.88	11005.95	10968.16
Грудень	15002.25	14977.29	14952.4	14927.57	14902.81	14878.12	14853.5	14828.94	14804.44

Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$S = Q_{зск} \cdot T = 16652,08 \cdot 1,68 = 27973,82.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.10.

Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$KЗ_{зск} = \frac{Q_{зск} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{16651,09 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 33570,73 \approx 33570.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Капітальні витрати на придбання та встановлення сонячного колектора, грн

$$\begin{aligned} KЗ_{ск} &= (n \cdot B_k + B_a + B_m + n \cdot B_n + B_{mp} + B_{із}) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = \\ &= (1 \cdot 11635 + 12889,8 + 4992 + 1 \cdot 6993 + 1047 + 489) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 52731,48 \approx 52731, \end{aligned}$$

де B_k – вартість одного колектора, грн;

B_a – вартість бака-акумулятора, грн;

B_m – вартість повітряного теплообмінника, грн;

B_n – вартість насосної групи (5 шт.), грн;

B_{mp} – вартість трубопроводів, грн;

Таблиця 2.10 - Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
Січень	27973.82	27908.1	27842.56	27777.18	27711.99	27646.96	27582.11	27517.44	27452.93
Лютий	24256.21	24133.02	24010.29	23888.03	23766.23	23644.89	23524.02	23403.6	23283.65
Березень	21163.33	20941.99	20722.09	20503.62	20286.57	20070.94	19856.73	19643.92	19432.53
Квітень	11239.36	10913.01	10591.89	10275.97	9965.2	9659.53	9358.93	9063.35	8772.75
Травень	4134.5	3673.72	3239.53	2831.1	2447.59	2088.18	1752.04	1438.33	1146.22
Червень	1934.19	1494.23	1105.03	763.29	465.67	208.86	0	0	0
Липень	1993.73	1535.04	1129.59	773.88	464.38	197.59	0	0	0
Серпень	2075.64	1682.8	1328.53	1010.74	727.32	476.18	255.22	33.39	0
Вересень	4392.62	4097.53	3813.41	3540.05	3277.24	3024.76	2782.41	2549.98	2327.24
Жовтень	12353.48	12169.95	11988.16	11808.1	11629.76	11453.13	11278.21	11104.98	10933.45
Листопад	18941	18875.87	18810.97	18746.3	18681.88	18617.68	18553.72	18490	18426.51
Грудень	25203.77	25161.84	25120.03	25078.32	25036.73	24995.25	24953.87	24912.61	24871.46

B_{is} – витрати на ізоляцію труб, грн;
 1,05 – коефіцієнт враховує запас на вартість проекту;
 1,2 – коефіцієнт враховує запас на вартість робіт;
 1,1 – коефіцієнт враховує запас на вартість транспортування та доставку.

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Економія коштів на котел за рахунок установки сонячного колектора (СК), грн

$$\Delta KЗ = KЗ_{безск} - KЗ_{зск} = 33649 - 33570 = 79.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Сумарні капітальні витрати, грн

$$KЗ = KЗ_{ск} - \Delta KЗ = 52731 - 79 = 52652.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Річна економія коштів за рахунок установки СК, грн

$$\mathcal{E} = \sum S_{безск}^{рік} - \sum S_{зск}^{рік} = 158935 - 155661 = 3274.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Термін окупності, рік

$$P = \frac{KЗ}{\Xi} = \frac{52652}{3274} = 16,08.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

На основі отриманих даних будемо графік залежності терміну окупності від площі колектора

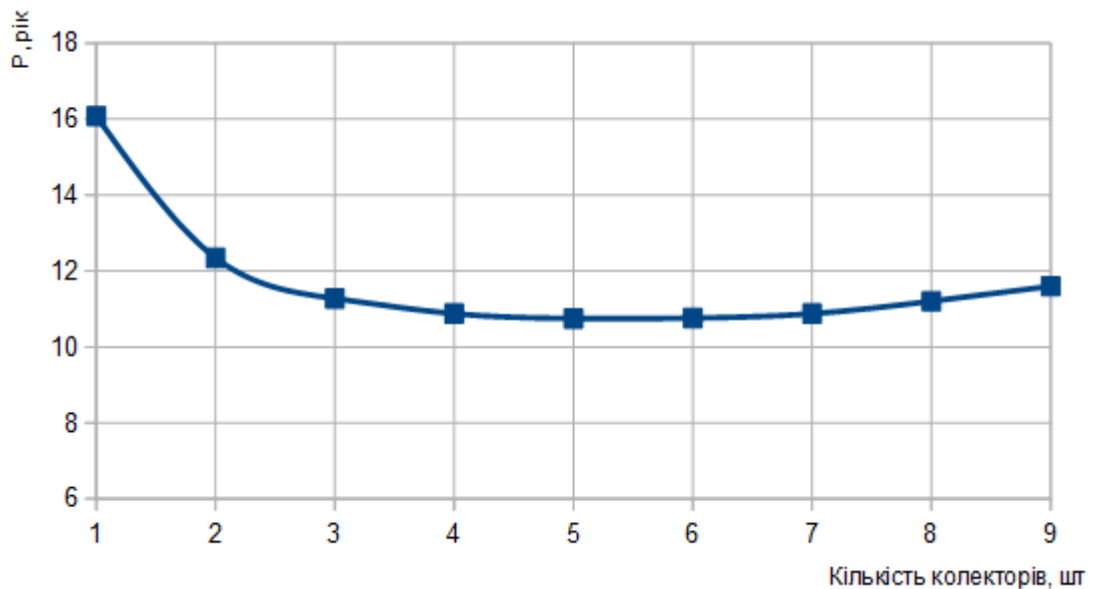


Рисунок 2.5 - Графік залежності терміну окупності від площі колектора

З чого можна зробити висновок, що оптимальна площа для роботи сонячних колекторів – 10,3 м², термін окупності складає 10,75 роки. Зробимо розрахунок інших колекторів для порівняння отриманих результатів.

Таблиця 2.11 - Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, капітальні витрати на придбання та встановлення СК, економія коштів на котел за рахунок установки СК, сумарні капітальні витрати, річна економія коштів за рахунок установки СК, термін окупності

Площа А, м ²	2.06	4.12	6.18	8.24	10.3	12.36	14.42	16.48	18.54
$KZ_{зск}$, грн	33570.73	33491.86	33413.2	33334.75	33256.51	33178.48	33100.65	33023.04	32945.63
$KZ_{ск}$, грн	52731.48	78549.89	104368.29	130186.7	156005.11	181823.52	207641.93	233460.33	259278.74
ΔKZ , грн	79.08	157.95	236.61	315.06	393.3	471.33	549.16	626.78	704.18
KZ , грн	52652.4	78391.94	104131.69	129871.65	155611.81	181352.19	207092.77	232833.56	258574.56
\mathcal{E} , грн	3274.12	6348.66	9233.68	11939.18	14475.21	16851.8	19038.5	20778.16	22289.01
P , рік	16.08	12.35	11.28	10.88	10.75	10.76	10.88	11.21	11.6

2.4 Розрахунок сонячного колектора Duda Solar DS-SC5814-15T при використанні одного сонячного колектора

Сонячні колектори Duda - найефективніші сонячні колектори на ринку. Вакуумні трубки зберігають тепло набагато краще, ніж плоскі колектори, і тому можуть працювати набагато ефективніше в холодному кліматі. Вони також мають унікальну здатність отримувати більш високу ефективність, коли сонце знаходиться під кутом на сході або заході завдяки пасивному відстеженню в трубах [7].



Рисунок 2.6 – Вакуумний колектор DS-SC5814-15T

Колектор складається з окремих вакуумних трубок, герметично вставлених горловиною в маніфолд, а нижнім кінцем закріплених на самій рамі колектора. За допомогою спеціального покриття вакуумних трубок енергія сонця поглинається і перетворюється в теплову і, відповідно, нагріває воду в трубці. Максимальна температура нагріву 90 °C. А через те, що гаряча вода легше ніж холодна - вона циркулює природним чином знизу вгору трубки. Такий процес заснований на різниці температур. У сам маніфолд

примусово подається холодна вода, вона циркулює до низу трубки, і тим самим виштовхує з трубки і іншого кінця маніфолда вже підігріту воду. Трубка складається з двох скляних колб, між якими і знаходиться вакуум. Така будова трубки максимально знижує втрату тепла.

Розрахунки виконано за методикою [2] для умов міста Запоріжжя.

Коефіцієнт відводу тепла з колектора

$$F_R = 0,76.$$

Повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$U_L = 0,4.$$

Пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання

$$\tau = 1.$$

Площа колектора, м^2

$$A = 2,34.$$

Ціна колектора, грн

$$B_{\kappa} = 12270.$$

Орієнтація колектора (азимут), град

$$\alpha = 15.$$

Кут нахилу колектора до горизонту, град

$$\beta = 37,5.$$

Безрозмірний комплекс X

$$X = \frac{A \cdot F_R' \cdot U_L \cdot (90 - T_e) \cdot \Delta\tau}{Q_n} = \frac{2,34 \cdot 0,76 \cdot 0,4 \cdot (90 - (-3,5)) \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 31}{60,09 \cdot 10^9} = 0,003.$$

де A - площа сонячного колектора, м^2 ;

F_R' - ефективний коефіцієнт відводу тепла, що враховує вплив теплообмінника;

U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

T_e - середньомісячна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Q_n - повне місячне теплове навантаження, Дж.

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.12.

Безрозмірний комплекс Y

$$Y = \frac{A \cdot F_R' \cdot \tau \cdot \alpha \cdot H_T^{mic}}{Q_n} = \frac{2,34 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 160,65}{60,09} = 0,0044.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.13.

Таблиця 2.12 - Безрозмірний комплекс X

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
Січень	0.0030	0.0059	0.0089	0.0119	0.0148	0.0178	0.0207	0.0237	0.0267
Лютий	0.0030	0.0061	0.0091	0.0122	0.0152	0.0183	0.0213	0.0244	0.0274
Березень	0.0037	0.0073	0.0110	0.0146	0.0183	0.0219	0.0256	0.0292	0.0329
Квітень	0.0059	0.0119	0.0178	0.0237	0.0297	0.0356	0.0416	0.0475	0.0534
Травень	0.0141	0.0283	0.0424	0.0566	0.0707	0.0849	0.0990	0.1132	0.1273
Червень	0.0247	0.0494	0.0741	0.0989	0.1236	0.1483	0.1730	0.1977	0.2224
Липень	0.0239	0.0479	0.0718	0.0957	0.1197	0.1436	0.1676	0.1915	0.2154
Серпень	0.0243	0.0486	0.0729	0.0972	0.1215	0.1457	0.1700	0.1943	0.2186
Вересень	0.0135	0.0270	0.0405	0.0540	0.0675	0.0810	0.0945	0.1080	0.1215
Жовтень	0.0057	0.0114	0.0171	0.0228	0.0285	0.0342	0.0399	0.0456	0.0513
Листопад	0.0039	0.0078	0.0117	0.0157	0.0196	0.0235	0.0274	0.0313	0.0352
Грудень	0.0032	0.0064	0.0096	0.0128	0.0160	0.0192	0.0224	0.0256	0.0289

Таблиця 2.13 - Безрозмірний комплекс Y

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
Січень	0.0044	0.0088	0.0133	0.0177	0.0221	0.0265	0.0309	0.0354	0.0398
Лютий	0.0078	0.0155	0.0233	0.0310	0.0388	0.0465	0.0543	0.0620	0.0698
Березень	0.0145	0.0291	0.0436	0.0582	0.0727	0.0873	0.1018	0.1164	0.1309
Квітень	0.0380	0.0760	0.1139	0.1519	0.1899	0.2279	0.2658	0.3038	0.3418
Травень	0.1384	0.2769	0.4153	0.5537	0.6922	0.8306	0.9690	1.1075	1.2459
Червень	0.2723	0.5446	0.8169	1.0891	1.3614	1.6337	1.9060	2.1783	2.4506
Липень	0.2745	0.5489	0.8234	1.0978	1.3723	1.6468	1.9212	2.1957	2.4701
Серпень	0.2312	0.4625	0.6937	0.9249	1.1562	1.3874	1.6186	1.8499	2.0811
Вересень	0.0872	0.1744	0.2616	0.3488	0.4360	0.5232	0.6103	0.6975	0.7847
Жовтень	0.0209	0.0419	0.0628	0.0837	0.1047	0.1256	0.1465	0.1674	0.1884
Листопад	0.0062	0.0125	0.0187	0.0250	0.0312	0.0375	0.0437	0.0499	0.0562
Грудень	0.0037	0.0074	0.0112	0.0149	0.0186	0.0223	0.0261	0.0298	0.0335

Коефіцієнт заміщення

$$\begin{aligned} f &= 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 = \\ &= 1,029 \cdot 0,0044 - 0,065 \cdot 0,003 - 0,245 \cdot 0,0044^2 + 0,0018 \cdot 0,003^2 + \\ &\quad + 0,0215 \cdot 0,0044^3 = 0,0043. \end{aligned}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.14.

Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

$$Q_{зск} = \frac{Q_n \cdot (1 - f)}{3600} = \frac{60,09 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,0043)}{3600} = 16617,71.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.15.

Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$S = Q_{зск} \cdot T = 16617,71 \cdot 1,68 = 27917,75.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.16.

Таблиця 2.14 - Коефіцієнт заміщення f

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
Січень	0.0043	0.0087	0.0130	0.0173	0.0217	0.0260	0.0302	0.0345	0.0388
Лютий	0.0078	0.0155	0.0232	0.0309	0.0385	0.0461	0.0537	0.0613	0.0688
Березень	0.0147	0.0293	0.0437	0.0581	0.0724	0.0865	0.1006	0.1145	0.1284
Квітень	0.0383	0.0760	0.1129	0.1492	0.1848	0.2197	0.2539	0.2875	0.3205
Травень	0.1369	0.2647	0.3839	0.4946	0.5974	0.6925	0.7802	0.8609	0.9350
Червень	0.2608	0.4880	0.6840	0.8515	0.9930	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Липень	0.2629	0.4915	0.6885	0.8566	0.9985	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Серпень	0.2235	0.4224	0.5984	0.7529	0.8875	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Вересень	0.0870	0.1703	0.2501	0.3265	0.3994	0.4691	0.5355	0.5988	0.6591
Жовтень	0.0211	0.0419	0.0625	0.0830	0.1032	0.1232	0.1430	0.1626	0.1820
Листопад	0.0062	0.0123	0.0184	0.0245	0.0306	0.0367	0.0427	0.0488	0.0548
Грудень	0.0036	0.0072	0.0108	0.0144	0.0180	0.0216	0.0252	0.0288	0.0323

Таблиця 2.15 - Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
Січень	16617.71	16545.27	16472.99	16400.87	16328.91	16257.11	16185.47	16113.98	16042.65
Лютий	14399.16	14286.92	14175.11	14063.72	13952.76	13842.21	13732.09	13622.39	13513.11
Березень	12542.99	12357.47	12173.26	11990.36	11808.75	11628.44	11449.42	11271.68	11095.23
Квітень	6623.42	6364.16	6109.68	5859.92	5614.83	5374.36	5138.47	4907.11	4680.22
Травень	2374.93	2023.16	1695.34	1390.54	1107.81	846.21	604.79	382.63	178.76
Червень	1068.36	740.08	456.78	214.71	10.08	0	0	0	0
Липень	1100.97	759.53	465.26	214.16	2.25	0	0	0	0
Серпень	1159.71	862.61	599.88	369.13	167.98	0	0	0	0
Вересень	2553.64	2320.5	2097.3	1883.8	1679.77	1484.96	1299.13	1122.05	953.47
Жовтень	7306.36	7150.77	6996.77	6844.34	6693.48	6544.18	6396.42	6250.21	6105.53
Листопад	11243.62	11174.14	11104.88	11035.84	10967	10898.39	10829.98	10761.79	10693.81
Грудень	14972.88	14918.6	14864.42	14810.34	14756.36	14702.48	14648.71	14595.03	14541.46

Таблиця 2.16 - Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
Січень	27917.75	27796.05	27674.63	27553.46	27432.57	27311.94	27191.58	27071.49	26951.66
Лютий	24190.59	24002.03	23814.18	23627.05	23440.63	23254.92	23069.92	22885.62	22702.03
Березень	21072.23	20760.55	20451.08	20143.8	19838.71	19535.78	19235.03	18936.43	18639.98
Квітень	11127.34	10691.79	10264.26	9844.66	9432.91	9028.93	8632.63	8243.94	7862.78
Травень	3989.89	3398.91	2848.18	2336.11	1861.12	1421.63	1016.05	642.81	300.32
Червень	1794.84	1243.33	767.4	360.71	9.07	0	0	0	0
Липень	1849.63	1276.02	781.63	359.78	2.03	0	0	0	0
Серпень	1948.31	1449.18	1007.79	620.13	282.21	0	0	0	0
Вересень	4290.11	3898.44	3523.46	3164.79	2822.01	2494.73	2182.54	1885.04	1601.83
Жовтень	12274.68	12013.3	11754.57	11498.49	11245.05	10994.22	10745.99	10500.35	10257.29
Листопад	18889.29	18772.56	18656.2	18540.2	18424.57	18309.29	18194.37	18079.81	17965.61
Грудень	25154.44	25063.25	24972.22	24881.37	24790.68	24700.17	24609.83	24519.66	24429.65

Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$KZ_{зск} = \frac{Q_{зск} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{16651,09 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 33570,73 \approx 33570.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

Капітальні витрати на придбання та встановлення сонячного колектора, грн

$$KZ_{ск} = (n \cdot B_{к} + B_{а} + B_{т} + n \cdot B_{н} + B_{тр} + B_{із}) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = \\ = (1 \cdot 12270 + 12889,8 + 4992 + 1 \cdot 6993 + 1047 + 489) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 53626,12 \approx 53626,$$

де $B_{к}$ – вартість одного колектора, грн;

$B_{а}$ – вартість бака-акумулятора, грн;

$B_{т}$ – вартість повітряного теплообмінника, грн;

$B_{н}$ – вартість насосної групи (5 шт.), грн;

$B_{тр}$ – вартість трубопроводів, грн;

$B_{із}$ – витрати на ізоляцію труб, грн;

1,05 – коефіцієнт враховує запас на вартість проекту;

1,2 – коефіцієнт враховує запас на вартість робіт;

1,1 – коефіцієнт враховує запас на вартість транспортування та доставку.

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

Економія коштів на котел за рахунок установки СК, грн

$$\Delta KЗ = KЗ_{\text{безск}} - KЗ_{\text{зск}} = 33649 - 33503 = 146.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

Сумарні капітальні витрати, грн

$$KЗ = KЗ_{\text{ск}} - \Delta KЗ = 53626 - 146 = 53479.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

Річна економія коштів за рахунок установки СК, грн

$$\mathcal{E} = \sum S_{\text{безск}}^{\text{рік}} - \sum S_{\text{зск}}^{\text{рік}} = 158935 - 154499 = 4436.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

Термін окупності, год

$$P = \frac{KЗ}{\mathcal{E}} = \frac{53479,76}{4436,66} = 12,05 \approx 12.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.17.

На основі отриманих даних будуємо графік залежності терміну окупності від площі колектора.

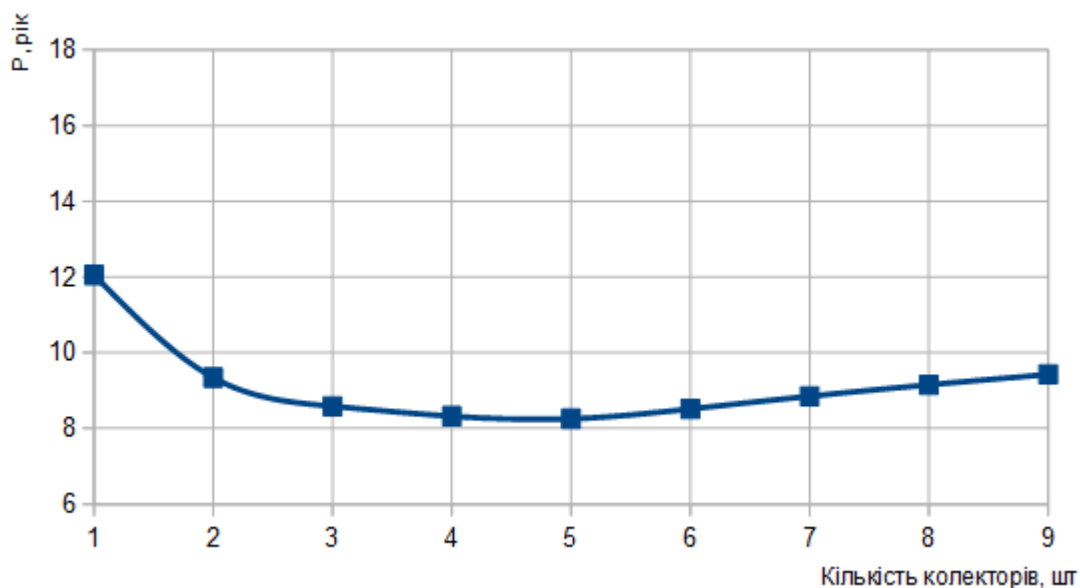


Рисунок 2.7 - Графік залежності терміну окупності від площі колектора

З чого можна зробити висновок, що оптимальна площа для роботи сонячних колекторів – $11,71 \text{ м}^2$, термін окупності складає 8,25 роки.

2.5 Розрахунок сонячного колектора Hewalex KS2600F-TLP-ACR при використанні одного сонячного колектора

Сонячні колектори Hewalex KS2600F-TLP-ACR призначені для роботи, як в малих, так і у великих системах. Вони служать зокрема, в системах підігріву гарячої води в будинках, одноквартирних будинків, багатоквартирних будинків, а також в комерційних промислових та інших. Їх застосування також можливо в разі підігріву води в басейні і підтримки опалення будівель. Рекомендується кут нахилу для цілорічного використання, який становить від 30 град. до 45 град.

Таблиця 2.17 - Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, капітальні витрати на придбання та встановлення СК, економія коштів котел за рахунок установки СК, сумарні капітальні витрати, річна економія коштів за рахунок установки СК, термін окупності

Площа А, м ²	2.34	4.68	7.03	9.37	11.71	14.05	16.39	18.74	21.08
$KZ_{зск}$, грн	33503.45	33357.4	33211.68	33066.27	32921.19	32776.43	32631.99	32487.86	32344.06
$KZ_{ск}$, грн	53626.12	80339.18	107052.23	133765.28	160478.34	187191.39	213904.44	240617.5	267330.55
ΔKZ , грн	146.37	292.41	438.13	583.54	728.62	873.38	1017.82	1161.95	1305.75
KZ , грн	53479.76	80046.77	106614.1	133181.75	159749.72	186318.01	212886.62	239455.55	266024.8
\mathcal{E} , грн	4436.66	8570.34	12420.15	16005.2	19354.21	21884.16	24057.82	26170.61	28224.61
P , рік	12.05	9.34	8.58	8.32	8.25	8.51	8.85	9.15	9.43

Кріпильні комплекти дозволяють забудову колекторів різного роду, покриттях вбудовані в скат даху, на плоскому даху, фасаді будівлі, а також монтаж на рівні землі [8].

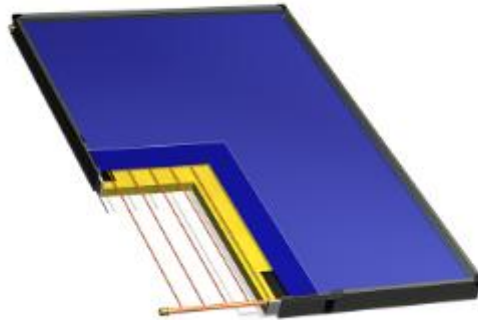


Рисунок 2.8 – Плоский колектор KS2600F-TLP-ACR

Сонячний колектор обладнаний структурним склом найвищого класу для проникності сонячного випромінювання. Це впливає на високу оптичну ефективність яка підтверджена сертифікатом Solar Keymark, отриманим на основі випробувань в Інституті SPF Rapperswil.

Розрахунки виконано за методикою [2] для умов міста Запоріжжя.

Коефіцієнт відводу тепла з колектора

$$F_R = 0,79.$$

Повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$U_L = 3,34.$$

Пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання

$$\tau = 0,97.$$

Площа колектора, м²

$$A = 2,62.$$

Ціна колектора, грн

$$B_{\kappa} = 10897.$$

Орієнтація колектора (азимут), град

$$\alpha = 15.$$

Кут нахилу колектора до горизонту, град

$$\beta = 37,5.$$

Питома об'ємна витрата антифризу через колектор, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

$$G_{\nu} = 1,1 \cdot 10^{-5}.$$

Облік впливу теплообмінника, що розділяє колектор і бак-аккумулятор

$$\frac{F'_{R}}{F_R}:$$

$$\frac{F'_{R}}{F_R} = \left[1 + \frac{F_R U_L}{G_M C_P} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right]^{-1} = \left[1 + \frac{0,79 \cdot 3,34}{0,01 \cdot 3200} \left(\frac{1}{0,86} - 1 \right) \right]^{-1} = 0,99.$$

де ε – ефективність проміжного теплообмінника;

C_p – теплоємність антифризу, кДж / (кг · К);

$G_M = G_V \cdot \rho_{ан}$ – витрата антифризу через колектор, кг/с.

Безрозмірний комплекс X

$$X = \frac{A \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (90 - T_g) \cdot \Delta\tau}{Q_H} = \frac{2,62 \cdot 0,78 \cdot 3,34 \cdot (90 - (-3,5)) \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 31}{60,09 \cdot 10^9} = 0,0285.$$

де A - площа сонячного колектора, м² ;

F'_R - ефективний коефіцієнт відводу тепла, що враховує вплив теплообмінника;

U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

T_g – середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С;

Q_g - повне місячне теплове навантаження, Дж / рік.

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.18.

Безрозмірний комплекс Y

$$Y = \frac{A \cdot F'_R \cdot \tau \cdot \alpha \cdot H_T^{mic}}{Q_H} = \frac{2,62 \cdot 0,78 \cdot 0,97 \cdot 0,95 \cdot 160,65}{60,09} = 0,005.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.19.

Коефіцієнт заміщення

$$\begin{aligned} f &= 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 = \\ &= 1,029 \cdot 0,005 - 0,065 \cdot 0,0285 - 0,245 \cdot 0,005^2 + 0,0018 \cdot 0,0285^2 + \\ &\quad + 0,0215 \cdot 0,005^3 = 0,0033. \end{aligned}$$

Таблиця 2.18 - Безрозмірний комплекс X

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
Січень	0.0285	0.0571	0.0856	0.1142	0.1427	0.1713	0.1998	0.2284	0.2569
Лютий	0.0294	0.0587	0.0881	0.1175	0.1468	0.1762	0.2056	0.2349	0.2643
Березень	0.0352	0.0704	0.1057	0.1409	0.1761	0.2113	0.2466	0.2818	0.3170
Квітень	0.0572	0.1144	0.1716	0.2288	0.2860	0.3432	0.4004	0.4576	0.5148
Травень	0.1363	0.2726	0.4089	0.5452	0.6815	0.8178	0.9540	1.0903	1.2266
Червень	0.2381	0.4763	0.7144	0.9525	1.1906	1.4288	1.6669	1.9050	2.1432
Липень	0.2306	0.4612	0.6919	0.9225	1.1531	1.3837	1.6144	1.8450	2.0756
Серпень	0.2340	0.4681	0.7021	0.9361	1.1702	1.4042	1.6382	1.8723	2.1063
Вересень	0.1301	0.2602	0.3903	0.5204	0.6505	0.7807	0.9108	1.0409	1.1710
Жовтень	0.0549	0.1098	0.1647	0.2196	0.2744	0.3293	0.3842	0.4391	0.4940
Листопад	0.0377	0.0754	0.1131	0.1508	0.1885	0.2262	0.2639	0.3016	0.3393
Грудень	0.0309	0.0618	0.0927	0.1236	0.1544	0.1853	0.2162	0.2471	0.2780

Таблиця 2.19 - Безрозмірний комплекс Y

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
Січень	0.0050	0.0101	0.0151	0.0201	0.0252	0.0302	0.0352	0.0403	0.0453
Лютий	0.0088	0.0177	0.0265	0.0353	0.0441	0.0530	0.0618	0.0706	0.0795
Березень	0.0166	0.0331	0.0497	0.0663	0.0828	0.0994	0.1160	0.1325	0.1491
Квітень	0.0433	0.0865	0.1298	0.1730	0.2163	0.2596	0.3028	0.3461	0.3893
Травень	0.1577	0.3154	0.4731	0.6307	0.7884	0.9461	1.1038	1.2615	1.4192
Червень	0.3102	0.6203	0.9305	1.2406	1.5508	1.8609	2.1711	2.4812	2.7914
Липень	0.3126	0.6253	0.9379	1.2505	1.5632	1.8758	2.1884	2.5010	2.8137
Серпень	0.2634	0.5268	0.7902	1.0536	1.3170	1.5804	1.8437	2.1071	2.3705
Вересень	0.0993	0.1986	0.2980	0.3973	0.4966	0.5959	0.6952	0.7945	0.8939
Жовтень	0.0238	0.0477	0.0715	0.0954	0.1192	0.1430	0.1669	0.1907	0.2146
Листопад	0.0071	0.0142	0.0213	0.0284	0.0356	0.0427	0.0498	0.0569	0.0640
Грудень	0.0042	0.0085	0.0127	0.0170	0.0212	0.0254	0.0297	0.0339	0.0382

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.20.

Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

$$Q_{зск} = \frac{Q_n \cdot (1 - f)}{3600} = \frac{60,09 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,0033)}{3600} = 16634,93.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.21.

Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$S = Q_{зск} \cdot T = 16634,93 \cdot 1,68 = 27946,68.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших місяців та іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.22.

Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$KZ_{зск} = \frac{Q_{зск} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{16634,93 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 33538,17 \approx 33538.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

Таблиця 2.20 - Коефіцієнт заміщення f

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
Січень	0.0033	0.0066	0.0099	0.0132	0.0165	0.0197	0.0230	0.0262	0.0294
Лютий	0.0072	0.0143	0.0214	0.0284	0.0354	0.0424	0.0493	0.0562	0.0631
Березень	0.0147	0.0292	0.0437	0.0580	0.0721	0.0861	0.1000	0.1138	0.1274
Квітень	0.0403	0.0798	0.1183	0.1560	0.1927	0.2286	0.2637	0.2979	0.3313
Травень	0.1474	0.2831	0.4077	0.5215	0.6252	0.7193	0.8042	0.8805	0.9486
Червень	0.2807	0.5182	0.7162	0.8787	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Липень	0.2834	0.5229	0.7223	0.8857	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Серпень	0.2392	0.4468	0.6251	0.7765	0.9033	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Вересень	0.0913	0.1780	0.2600	0.3376	0.4109	0.4800	0.5450	0.6060	0.6633
Жовтень	0.0208	0.0414	0.0616	0.0816	0.1014	0.1208	0.1400	0.1590	0.1776
Листопад	0.0049	0.0097	0.0145	0.0193	0.0240	0.0288	0.0335	0.0381	0.0428
Грудень	0.0024	0.0047	0.0070	0.0094	0.0117	0.0140	0.0163	0.0186	0.0208

Таблиця 2.21 - Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, (кВт·год) / міс.

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
Січень	16634.93	16579.76	16524.8	16470.04	16415.49	16361.15	16307.01	16253.08	16199.35
Лютий	14407.95	14304.63	14201.86	14099.64	13997.97	13896.85	13796.27	13696.24	13596.75
Березень	12542.81	12357.5	12173.89	11991.97	11811.73	11633.16	11456.27	11281.03	11107.44
Квітень	6609.65	6338.06	6072.64	5813.32	5560.03	5312.69	5071.24	4835.6	4605.7
Травень	2346.03	1972.6	1629.91	1316.57	1031.18	772.36	538.72	328.86	141.39
Червень	1039.59	696.38	410.17	175.4	0	0	0	0	0
Липень	1070.25	712.6	414.69	170.66	0	0	0	0	0
Серпень	1136.28	826.25	559.95	333.86	144.46	0	0	0	0
Вересень	2541.47	2299.14	2069.63	1852.57	1647.62	1454.42	1272.62	1101.87	941.8
Жовтень	7308.1	7154.74	7003.42	6854.14	6706.89	6561.65	6418.42	6277.17	6137.89
Листопад	11258.39	11203.75	11149.39	11095.3	11041.5	10987.97	10934.72	10881.74	10829.05
Грудень	14991.93	14956.73	14921.66	14886.72	14851.91	14817.23	14782.69	14748.27	14713.99

Таблиця 2.22 - Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні в разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
Січень	27946.68	27854	27761.66	27669.67	27578.03	27486.73	27395.78	27305.17	27214.91
Лютий	24205.36	24031.78	23859.13	23687.4	23516.59	23346.7	23177.74	23009.68	22842.55
Березень	21071.92	20760.6	20452.14	20146.51	19843.7	19543.72	19246.53	18952.13	18660.5
Квітень	11104.22	10647.94	10202.04	9766.38	9340.85	8925.32	8519.68	8123.81	7737.58
Травень	3941.34	3313.97	2738.24	2211.83	1732.38	1297.57	905.05	552.49	237.54
Червень	1746.52	1169.92	689.08	294.66	0	0	0	0	0
Липень	1798.03	1197.16	696.68	286.7	0	0	0	0	0
Серпень	1908.94	1388.1	940.72	560.89	242.7	0	0	0	0
Вересень	4269.66	3862.56	3476.97	3112.32	2768	2443.43	2138.01	1851.14	1582.23
Жовтень	12277.62	12019.96	11765.74	11514.96	11267.58	11023.58	10782.94	10545.64	10311.66
Листопад	18914.1	18822.3	18730.97	18640.11	18549.72	18459.79	18370.33	18281.33	18192.8
Грудень	25186.45	25127.3	25068.38	25009.68	24951.21	24892.95	24834.92	24777.1	24719.51

Капітальні витрати на придбання та встановлення сонячного колектора,
грн

$$KZ_{ск} = (n \cdot B_k + B_a + B_m + n \cdot B_n + B_{mp} + B_{iz}) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 =$$

$$= (1 \cdot 10897 + 12889,8 + 4992 + 1 \cdot 6993 + 1047 + 489) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 51709,23 \approx 51709,$$

де B_k – вартість одного колектора, грн;

B_a – вартість бака-акумулятора, грн;

B_m – вартість повітряного теплообмінника, грн;

B_n – вартість насосної групи (5 шт.), грн;

B_{mp} – вартість трубопроводів, грн;

B_{iz} – витрати на ізоляцію труб, грн;

1,05 – коефіцієнт враховує запас на вартість проекту;

1,2 – коефіцієнт враховує запас на вартість робіт;

1,1 – коефіцієнт враховує запас на вартість транспортування та доставку.

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

Економія коштів на котел за рахунок установки СК, грн

$$\Delta KZ = KZ_{безск} - KZ_{зск} = 33649 - 33538 = 111.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів.
Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

Сумарні капітальні витрати, грн

$$KZ = KZ_{ск} - \Delta KZ = 51709 - 111 = 51597.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

Річна економія коштів за рахунок установки СК, грн

$$\mathcal{E} = \sum S_{\text{безск}}^{\text{рік}} - \sum S_{\text{зск}}^{\text{рік}} = 158935 - 154370 = 4564.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

Термін окупності, год

$$P = \frac{KЗ}{\mathcal{E}} = \frac{51597,59}{4564,92} = 11,3 \approx 11.$$

Аналогічно проводяться розрахунки для іншої кількості колекторів. Результати розрахунків зведені в таблицю 2.23.

На основі отриманих даних будуюмо графік залежності терміну окупності від площі колектора.

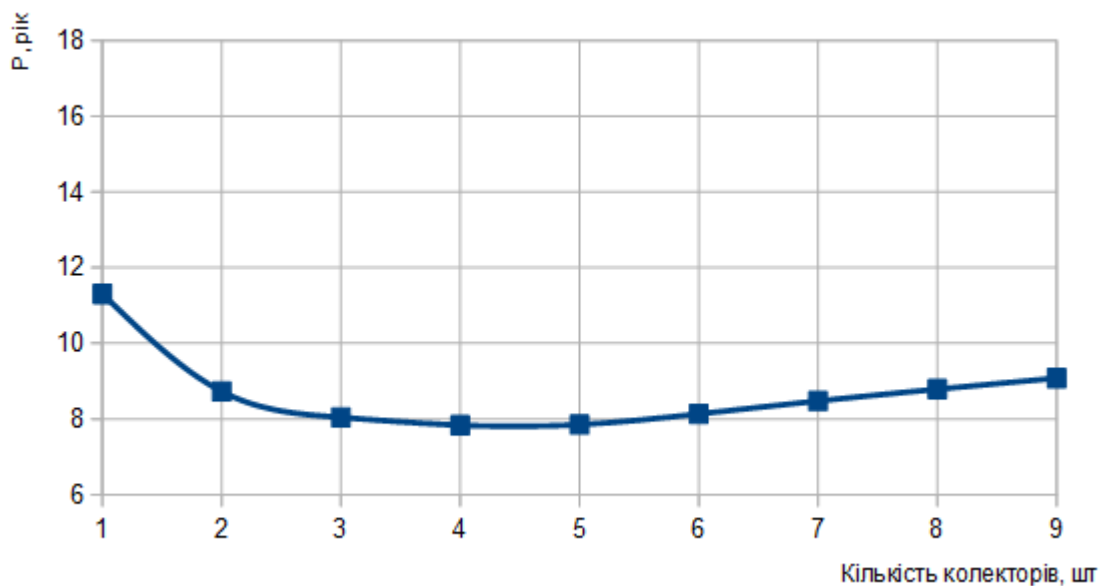


Рисунок 2.9 - Графік залежності терміну окупності від площі колектора

Таблиця 2.23 - Капітальні витрати на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, капітальні витрати на придбання та встановлення СК, економія коштівна котел за рахунок установки СК, сумарні капітальні витрати, річна економія коштів за рахунок установки СК, термін окупності

Площа А, м ²	2.62	5.24	7.86	10.48	13.1	15.72	18.34	20.96	23.58
$KZ_{зск}$, грн	33538.17	33426.94	33316.13	33205.73	33095.75	32986.19	32877.04	32768.3	32659.98
$KZ_{ск}$, грн	51709.23	76505.4	101301.56	126097.73	150893.89	175690.05	200486.22	225282.38	250078.54
ΔKZ , грн	111.64	222.87	333.68	444.08	554.06	663.62	772.77	881.51	989.83
KZ , грн	51597.59	76282.53	100967.88	125653.65	150339.83	175026.43	199713.44	224400.87	249088.71
\mathcal{E} , грн	4564.92	8740.17	12554	16034.64	19144.99	21515.96	23564.79	25537.26	27436.48
P , рік	11.3	8.73	8.04	7.84	7.85	8.13	8.48	8.79	9.08

З чого можна зробити висновок, що оптимальна площа для роботи сонячних колекторів – $10,48 \text{ м}^2$, термін окупності складає 7,84 роки.

2.6 Вибір інвертора для сонячних батарей

Вибір інвертора одна з найважливіших завдань СЕС. Визначимо основні параметри інвертора, які варто відзначити при виборі:

1. *Вхідна напруга*. Рекомендується вибирати напругу:

- 1) 12 В при потужності до 600 Вт;
- 2) 24 В при потужності від 600 до 1500 Вт;
- 3) 48 В при потужності понад 1500 Вт.

2. *Захист*. Якісний інвертор повинен володіти максимальною кількістю захистів:

- 1) від високої та низької напруги акумуляторної батареї;
- 2) від короткого замикання (КЗ) по виходу;
- 3) від перевантаження по виходу;
- 4) від перегріву.

Наявність захистів запобіжить виходу з ладу в екстрених ситуаціях.

3. *Коефіцієнт корисної дії*. Коефіцієнт корисної дії сонячного інвертора в кінцевому рахунку визначає скільки енергії буде витрачено даремно (просто на те, щоб він працював). Сучасні моделі мають ККД (90...95) %. При ККД нижче 90 % більше 10 % енергії буде витрачено даремно, що не припустимо для сонячної електростанції.

Енергетичні навантаження будинку занесені в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 - Енергетичні навантаження будинку

Електроприймач	Кількість, шт.	Потужність, Вт	Загальна потужність, Вт
Світильник вуличний (Лампа ДРЛ)	2	250	500
Холодильник	24	200	4800
Чайник	0.3	1200	360
ЖК телевизор	3	400	1200
ТВ приставка	1	200	200
Пилосос	1	1800	1800
Витяжка	4	150	600
Комп'ютер	8	400	3200
Пральна машина	1	1500	1500
Котел електричний	12.5	4500	56250
Насосна група	15	45	675
		Сума	71085

Число ампер-годин, необхідну для покриття навантаження змінного струму, А · год

$$q_{\text{доб}} = \frac{P}{U} = \frac{71085}{48} = 1480,94.$$

Визначимо сумарна ємність акумуляторів, що враховує кількість днів без сонця N_{bc} , А·год

$$q_N = q_{доб} \cdot N_{bc} = 1480,94 \cdot 2 = 2961,88.$$

Приймаємо гібридний інвертор для сонячних батарей Fronius SYMO 25.0-3-M, технічні характеристики інвертора зведені в таблицю 2.25.

Таблиця 2.25 - Характеристики інвертора Fronius SYMO 25.0-3-M

Номінальна потужність, кВт	25
Форма вихідної напруги, кВт	25
Вихідна напруга, В	220
Ефективність, %	98
Напруга постійного струму, В	48

2.7 Визначення необхідної ємності акумуляторів і їх кількості

Для визначення оптимальної кількості акумуляторів (АКБ), необхідно врахувати, що чим більше глибина розряду, тим швидше батареї вийдуть з ладу. Рекомендується враховувати значення глибини розряду (20...50) %. Відповідно коефіцієнт використання γ складе від 0,2 до 0,5.

Сумарна ємність акумулятора з урахуванням глибини розряду, А·год

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{2961,88}{0,5} = 5923,75.$$

Згідно з отриманою ємністю, визначимо тип акумулятора, який буде використовуватися в розрахунках. Вибираємо акумулятори EverExceed Solar

ES250-12G (12V250Ah), які призначені спеціально для сонячних електростанцій.

Гелеві акумулятори EverExceed Solar ES250-12G (12V250Ah) свинцево-кислотні необслуговувані герметичні акумулятори EverExceed серії Solar виробляються за технологією GEL.

Акумулятори серії Solar Gel відмінно зарекомендували себе при використанні і в багатьох інших пристроях: в навігаційних приладах, в телекомунікаційних, освітлювальних, охоронних системах, в електротранспорті. Особливо широко герметизовані Акумулятори серії Solar Gel застосовуються в побуті, наприклад, в міні-електростанціях і генераторах, де не потрібне спеціальне обслуговування.

Акумулятор EverExceed ES250-12G відрізняється великим терміном служби і відмінним циклічним ресурсом при роботі в режимі глибокого розряду: при розряді 80 %, акумулятори цієї серії здатні видати до 1000 циклів. Акумулятор має досить низький показник саморозряду – 2 %, низький внутрішній тиск і мінімальний показник газовиділення. Акумулятор EverExceed ES200-12G має міцну, посилену конструкцію, укомплектований захисними ковпачками для полюсів, сполучними планками. Відповідає стандартам ICAO, IATA і DOT. Характеристики наведені в таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 Характеристики інвертора EverExceed ES250-12G

Ємність, А · год	250
Напруга, В	12
Габарити, мм	520/269/220
Термін служби, років	12
Циклічний ресурс (при 100% розряду)	800
Циклічний ресурс (при 50% розряду)	1750

З урахуванням місця зберігання АКБ в технічному приміщенні і те, що, температура цього приміщення складе не менше 20 °С, приймаємо коефіцієнт α , який враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні. Загальна необхідна ємність акумуляторних батарей, А·год

$$q_{\text{обц}} = q_{\gamma} \cdot \alpha = 5923,75 \cdot 1,14 = 6753,08.$$

Для визначення паралельно з'єднаних батарей необхідно розділити загальну необхідну ємність батарей на номінальну ємність обраної акумуляторної батареї, а отримане значення округлити до найближчого більшого цілого. Це буде кількість батарей, з'єднаних паралельно, шт.

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{обц}}}{q_{\text{ном}}} = \frac{6753,08}{250} = 27,1 \approx 28.$$

Розрахуємо кількість послідовно з'єднаних батарей, для цього необхідно розділити номінальну напругу постійного струму системи $U_{\text{інв}}$ на номінальну напругу акумуляторної батареї, шт.

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{48}{12} = 4.$$

Загальна кількість акумуляторних батарей, шт.

$$N^{\text{АКБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} \cdot N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = 28 \cdot 4 = 112.$$

Займана площа АКБ складе, м²

$$S_{nl} = S_{bat} \cdot n \cdot k = 0,08 \cdot 24 \cdot 1,2 = 10,75,$$

де k - враховує 20 % запасу місця під кабелі та інші предмети для підключення АКБ.

Необхідна ємність з урахуванням втрат на зарядразряд акумуляторної батареї, А·год

$$q_{z-p} = q_{oob} \cdot \psi = 2961,88 \cdot 1,2 = 3554,25,$$

де, ψ – поправчий коефіцієнт на заряд - розряд АКБ, $\psi = 1,2$.

Значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї в січні, А·год:

$$I_{CB} = \frac{q_{z-p}}{H} = \frac{3554,25}{4,36} = 815,94.$$

Аналогічно проводиться розрахунок для інших місяців, результати занесені в таблицю 2.27.

2.8 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора KS2100F-TLP-AC

Для розрахунку приймаємо сонячну батарею фірми Ja Solar - JAM72S09 375-395 PR, та сонячну батарею фірми Jinko Solar - JKM320P-72.

Ja Solar була заснована в 2005 році, вона є компанією виробляє високоефективні фотогальванічні вироби. Промислова ланцюжок включає в

себе виробництво таких сонячних продуктів, як кремнієві пластини, осередки, модулі та сонячні електростанції. Компанія Ja Solar має 11 виробничих баз і 27 філій в світі, продукція компанії охоплює понад 100 країн і регіонів і широко представлена в наземних, промислових, і житлових фотоелектричних електростанціях. Завдяки безперервному технологічному вдосконаленню, стабільної фінансової основі і добре розвиненою глобальної мережі продажів і обслуговування, компанія Ja Solar визнана клієнтами як всередині країни, так і за кордоном [9].

JinkoSolar Holding Company. - незважаючи на те що компанія заснована лише в 2006 році - Jinko Solar вже займає лідируючі позиції серед світових виробників сонячних батарей входячи в топ 5 компаній по всьому світу. Тож не дивно, що сонячні батареї Jinko Solar активно використовують при реалізації не тільки приватних домашніх сонячних електростанцій, а й у великих промислових об'єктах спрямованих на отримання прибутку від продажу електроенергії [10].

Згідно з розрахунками, максимальну вигоду від сонячних колекторів можна отримати при установці 5 сонячних колекторів які займають площу 10,3 м². Таким чином, можлива використовувана площа для сонячних батарей дорівнює, м²

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{дах}} - S_{\text{колект}} = 164,28 - 10,3 = 153,98.$$

2.8.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR

Площа однієї панелі, м²

$$S_{\text{пан}} = 1,97.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{пан} = 4250.$$

Таблиця 2.27 - Значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$I_{CB},$ А · год	815.94	493.65	339.28	235.07	175.67	172.6	167.91	190.6	255.11	404.63	789.83	1039.25

Всі технічні характеристики панелі JAM72S09 375-395 PR внесені в таблицю 2.28.

Таблиця 2.28 - Характеристики сонячної батареї JAM72S09 375-395 PR

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
278	39.27	48	10.06	1.97	4250

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{дах}}{S_{пан}} = \frac{153,98}{1,97} = 78,16 \approx 78.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм I_{mpp} одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{пар}^{CB} = \frac{I_{CB}}{I_{mpp}} = \frac{815,94}{10,06} = 81.11 \approx 82.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.28.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$B_{пр.пан} = (n - N_{пан}^{CB}) \cdot W_{пан} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 =$$

$$= (78 - 82) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = -492,26.$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.29.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.10.

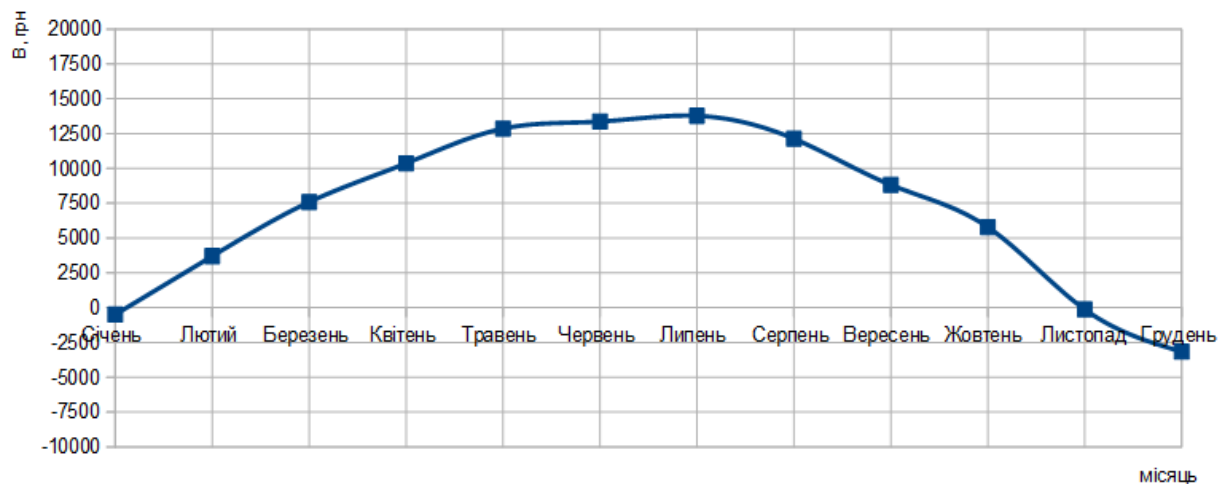


Рисунок 2.10 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{пр.пан}^{рік} = \sum B_{пр.пан} = 84597.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot B_{пан} + B_{акум} \cdot N^{АКБ} + B_{інв}}{B_{пр.пан}^{рік}} = \frac{78 \cdot 4250 + 6200 \cdot 112 + 70500}{84597} = 12,96.$$

Таблиця 2.29 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{пан}^{СБ}$, шт	82	50	34	24	18	18	17	19	26	41	79	104
$B_{пр.пан}$, грн	-492.2	3698.21	7580.81	10365.49	12856.68	13366.68	13777.49	12129.87	8815.85	5785.5	-124.7	-3162

2.8.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKM320P-72

Площа однієї панелі, м²

$$S_{пан} = 1,91.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{пан} = 3876.$$

Всі технічні характеристики панелі JKM320P-72 внесені в таблицю 2.30.

Таблиця 2.30 - Характеристики сонячної батареї ЖКМ320Р-72

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
320	46.4	48	8.56	1.91	3876

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{\text{дах}}}{S_{\text{пан}}} = \frac{153,98}{1,91} = 80.56 \approx 80.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм I_{mpp} одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{\text{пар}}^{CB} = \frac{I_{CB}}{I_{\text{mpp}}} = \frac{815,94}{8,56} = 95.32 \approx 96.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.31.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$\begin{aligned} B_{\text{пр.пан}} &= (n - N_{\text{пар}}^{CB}) \cdot W_{\text{пан}} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 = \\ &= (78 - 96) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = 2266,52. \end{aligned}$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.31.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.11.

Таблиця 2.31 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{пар}^{СБ}$, шт	96	58	40	28	21	21	20	23	30	48	93	122
$B_{пр.пан}$, грн	-2266	3344.73	7932.83	11489.59	14552.4	15129.68	15599	13489.14	9757.44	5759.63	-1866.01	-5879.6

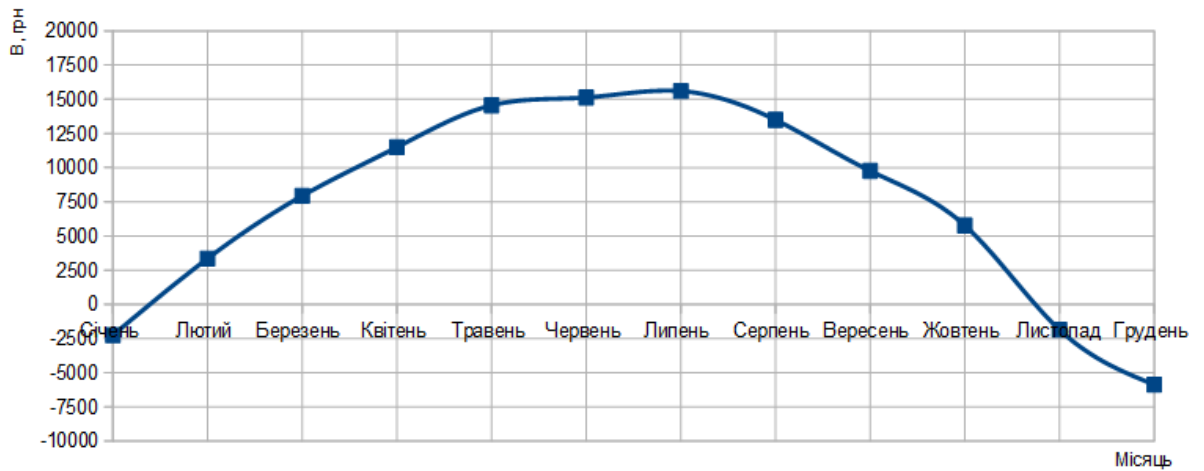


Рисунок 2.11 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{пр.пан}^{рік} = \sum B_{пр.пан} = 87042,28.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot B_{пан} + B_{акум} \cdot N^{АКБ} + B_{інв}}{B_{пр.пан}^{рік}} = \frac{80 \cdot 3876 + 6200 \cdot 112 + 70500}{87042,28} = 12,8.$$

2.9 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора DS-SC5814-15T

Згідно з розрахунками, максимальну вигоду від сонячних колекторів можна отримати при установці 5 сонячних колекторів які займають площу 11,71 м². Таким чином, можлива використовувана площа для сонячних батарей дорівнює, м²

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{дах}} - S_{\text{колект}} = 164,28 - 11,71 = 152,57.$$

2.9.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR

Площа однієї панелі, м²

$$S_{\text{пан}} = 1,97.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{\text{пан}} = 4250.$$

Всі технічні характеристики панелі JAM72S09 375-395 PR внесені в таблицю 2.32.

Таблиця 2.32 - Характеристики сонячної батареї JAM72S09 375-395 PR

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
278	39.27	48	10.06	1.97	4250

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{\text{дах}}}{S_{\text{пан}}} = \frac{153,98}{1,97} = 77,45 \approx 77.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм $I_{\text{мрр}}$ одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{\text{пар}}^{CB} = \frac{I_{CB}}{I_{\text{мрр}}} = \frac{815,94}{10,06} = 81.11 \approx 82.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.33.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$\begin{aligned} B_{\text{пр.пан}} &= (n - N_{\text{пар}}^{CB}) \cdot W_{\text{пан}} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 = \\ &= (77 - 82) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = -615,33. \end{aligned}$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.33.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.12.

Таблиця 2.33 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{пар}^{СБ}$, шт	82	50	34	24	18	18	17	19	26	41	79	104
$B_{пр.пан}$, грн	-615.3	3566.13	7408.52	10173.53	12642.4	13143.91	13551.63	11924.28	8646.31	5629.14	-249.4	-3283.6

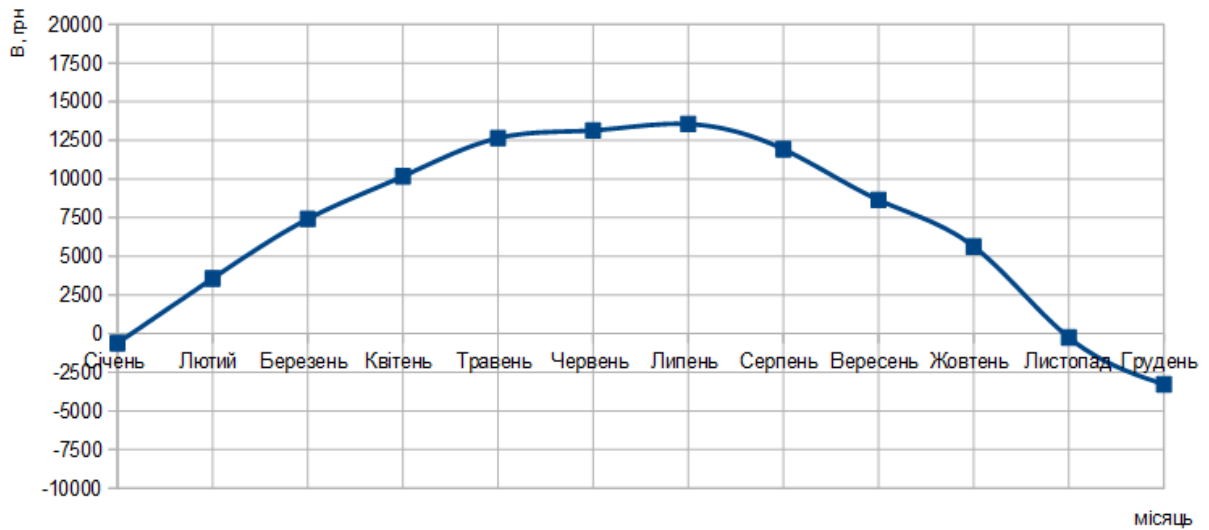


Рисунок 2.12 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{пр.пан}^{рік} = \sum B_{пр.пан} = 82537,46.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot B_{пан} + B_{акум} \cdot N^{АКБ} + B_{інв}}{B_{пр.пан}^{рік}} = \frac{77 \cdot 4250 + 6200 \cdot 112 + 70500}{84597} = 13,23.$$

2.9.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKM320P-72

Площа однієї панелі, м²

$$S_{пан} = 1,91.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{пан} = 3876.$$

Всі технічні характеристики панелі JKM320P-72 внесені в таблицю 2.34.

Таблиця 2.34 - Характеристики сонячної батареї JKM320P-72

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
320	46.4	48	8.56	1.91	3876

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{дах}}{S_{пан}} = \frac{152,57}{1,91} = 79,82 \approx 79.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм I_{mpp} одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{\text{пар}}^{CB} = \frac{I_{CB}}{I_{\text{mpp}}} = \frac{815,94}{8,56} = 95.32 \approx 96.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.35.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$\begin{aligned} B_{\text{пр.пан}} &= (n - N_{\text{пар}}^{CB}) \cdot W_{\text{пан}} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 = \\ &= (79 - 96) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = -2408,18. \end{aligned}$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.35.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.13.

Таблиця 2.35 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{\text{пар}}^{CB}$, шт	96	58	40	28	21	21	20	23	30	48	93	122
$B_{\text{пр.пан}}$, грн	-2408	3192.7	7734.5	11268.63	14305.75	14873.24	15339.02	13252.49	9562.29	5579.64	-2009.55	-6019.6

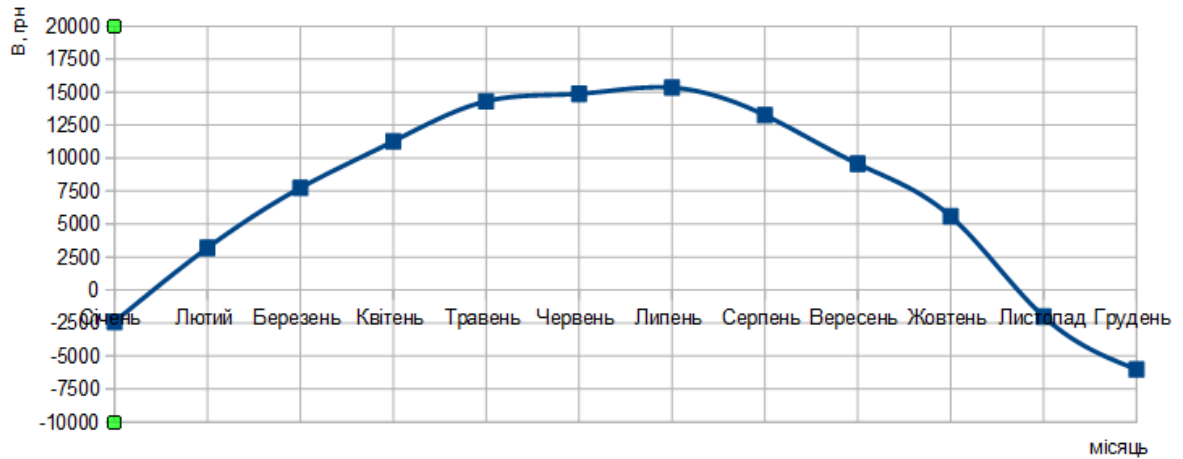


Рисунок 2.13 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}} = \sum B_{\text{пр.пан}} = 84670,92.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot B_{\text{пан}} + B_{\text{акум}} \cdot N^{\text{АКБ}} + B_{\text{інв}}}{B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}}} = \frac{79 \cdot 3876 + 6200 \cdot 112 + 70500}{84670,92} = 12,65.$$

2.10 Розрахунок сонячних батарей при використанні колектора KS2600F-TLC-ACR

Згідно з розрахунками, максимальну вигоду від сонячних колекторів можна отримати при установці 5 сонячних колекторів які займають площу 11,71 м². Таким чином, можлива використовувана площа для сонячних батарей дорівнює, м²

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{дах}} - S_{\text{колект}} = 164,28 - 13,1 = 151,18.$$

2.10.1 Розрахунок сонячних батарей JAM72S09 375-395 PR

Площа однієї панелі, м²

$$S_{\text{пан}} = 1,97.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{\text{пан}} = 4250.$$

Всі технічні характеристики панелі JAM72S09 375-395 PR внесені в таблицю 2.36.

Таблиця 2.36 - Характеристики сонячної батареї JAM72S09 375-395 PR

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
278	39.27	48	10.06	1.97	4250

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{\text{дах}}}{S_{\text{пан}}} = \frac{153,98}{1,97} = 76,74 \approx 76.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм I_{mpp} одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{\text{пар}}^{CB} = \frac{I_{CB}}{I_{\text{mpp}}} = \frac{815,94}{10,06} = 81.11 \approx 82.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.37.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$\begin{aligned} B_{\text{пр.пан}} &= (n - N_{\text{пар}}^{CB}) \cdot W_{\text{пан}} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 = \\ &= (76 - 82) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = -738,39. \end{aligned}$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.37.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.14.

Таблиця 2.37 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{\text{пар}}^{CB}$, шт	82	50	34	24	18	18	17	19	26	41	79	104
$B_{\text{пр.пан}}$, грн	-738.3	3434	7236.22	9981.58	12428.12	12921.13	13325.77	11718.69	8476.78	5472.77	-374.1	-3405.28

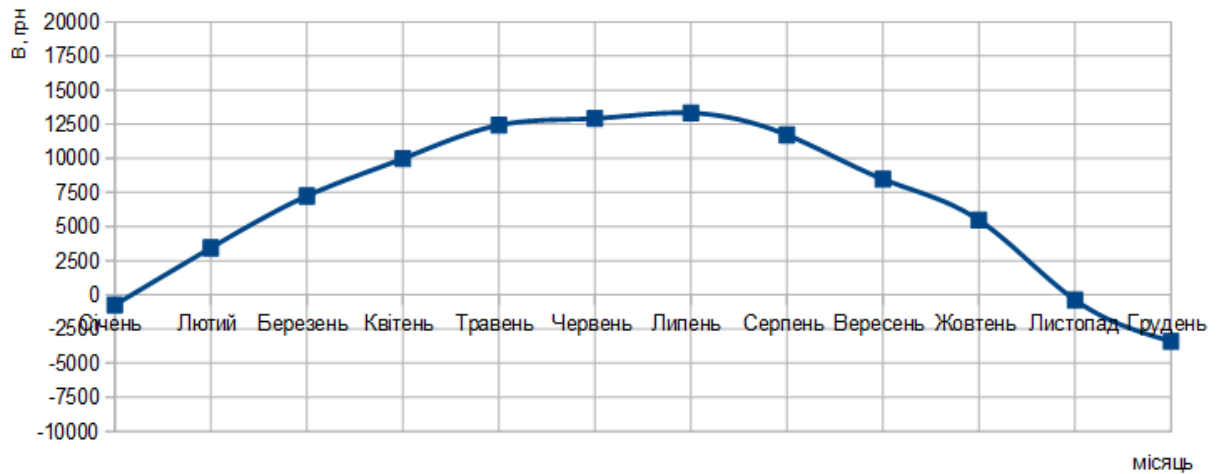


Рисунок 2.14 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}} = \sum B_{\text{пр.пан}} = 80477,34.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot V_{\text{пан}} + B_{\text{акум}} \cdot N^{\text{АКБ}} + B_{\text{інв}}}{B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}}} = \frac{76 \cdot 4250 + 6200 \cdot 112 + 70500}{80477,34} = 13,52.$$

2.10.2 Розрахунок сонячних панелей Jinko Solar - JKM320P-72

Площа однієї панелі, м²

$$S_{\text{пан}} = 1,91.$$

Ціна однієї панелі, грн

$$B_{пан} = 3876.$$

Всі технічні характеристики панелі ЖКМ320Р-72 внесені в таблицю 2.38.

Таблиця 2.38 - Характеристики сонячної батареї ЖКМ320Р-72

Потужність, Вт	Напруга, В	Номинальна напруга, В	Робочий струм, А	Площа, м ²	Ціна, грн
320	46.4	48	8.56	1.91	3876

Кількість сонячних батарей, які можна розмістити на даху, шт.

$$n = \frac{S_{дах}}{S_{пан}} = \frac{152,57}{1,91} = 79,08 \approx 79.$$

Визначимо число модулів, з'єднаних паралельно, розділимо значення струму, що виробляється батареями, на максимальний струм I_{mpp} одного модуля і округлимо отримане до найближчого більшого цілого, шт.

$$N_{пар}^{СБ} = \frac{I_{СБ}}{I_{mpp}} = \frac{815,94}{8,56} = 95.32 \approx 96.$$

Розрахунки проводяться для всіх місяців, результати занесені в таблицю 2.39.

Оскільки для січня потрібно більше панелей ніж можливо встановити, визначаємо прихід-витрату коштів, грн

$$B_{пр.пан} = (n - N_{пан}^{CB}) \cdot W_{пан} \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot 31 \cdot 1,68 =$$

$$= (79 - 96) \cdot 278 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 31 \cdot 1,68 = -2408,18.$$

Результати розрахунків для всіх місяців наведені в таблиці 2.39.

Результати розрахунків для всіх місяців відображені на рисунку 2.15.

Таблиця 2.39 – Число модулів, з'єднаних паралельно та місячний прибуток від використання модулів

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$N_{пан}^{CB}$, шт	96	58	40	28	21	21	20	23	30	48	93	122
$B_{пр.пан}$, грн	-2408,1	3192,7	7734,5	11268,63	14305,75	14873,24	15339,02	13252,49	9562,29	5579,64	-2009,55	-6019,61

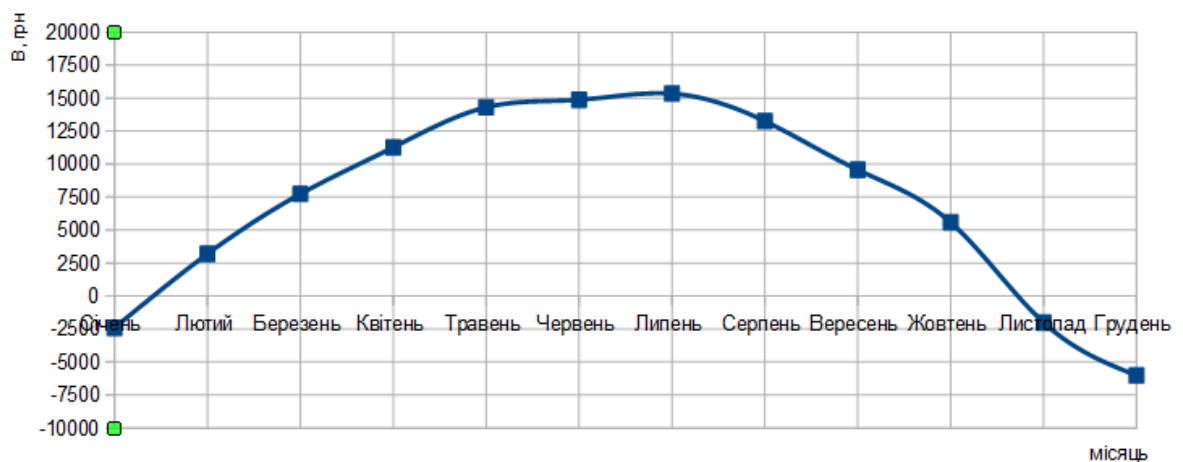


Рисунок 2.15 – Графік приходу-витрати коштів при використанні сонячних батарей

Річний прибуток, грн

$$B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}} = \Sigma B_{\text{пр.пан}} = 84670,92.$$

Термін окупності, рік

$$P = \frac{n \cdot B_{\text{пан}} + B_{\text{акум}} \cdot N^{\text{АКБ}} + B_{\text{інв}}}{B_{\text{пр.пан}}^{\text{рік}}} = \frac{79 \cdot 3876 + 6200 \cdot 112 + 70500}{84670,92} = 12,65.$$

2.11 Аналіз розглянутих варіантів енергопостачання

Було розглянуто три сонячних колектора, два з них фірми Hewalex - KS2100F TLP AC і KS2600F TLP ACR, а також колектор фірми Duda Solar - DS-SC5814-15T. Оскільки фірма Hewalex спеціалізується на виробництві плоских сонячних колекторів, два обраних колектора цієї фірми мають плоский тип. Фірма Duda Solar спеціалізується на виробництві вакуумних колекторів тому відповідно DS-SC5814-15T -вакуумний.

Для візуального порівняння сполучимо 3 графіка залежності кількості сонячних колекторів від терміну окупності на рисунку 2.16, дані побудови графіка представлені в таблиці 2.40.

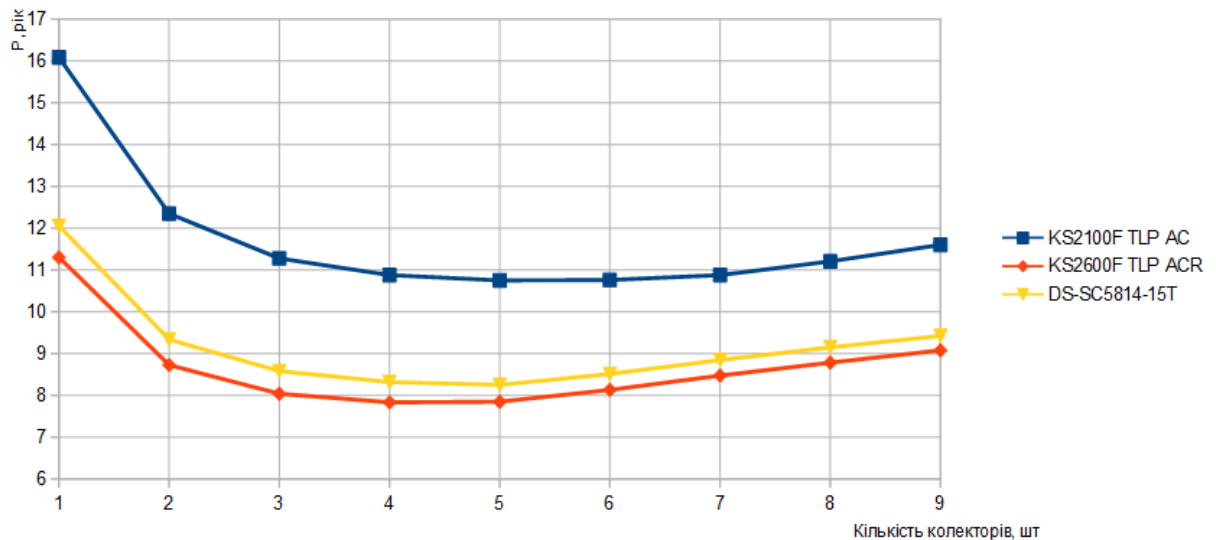


Рисунок 2.16 - Залежність терміну окупності від кількості колекторів

З чого можна зробити висновок, що найменший термін окупності має колектор KS2600F TLP ACR, трохи більший термін окупності має вакуумний колектор DS-SC5814-15T.

Вакуумні сонячні колектори не можуть повністю показати свій потенціал в умовах міста Запоріжжя, вони більш актуальні для північних регіонів.

Одним з важливих параметрів при аналізі, крім терміну окупності, є гарантійний термін роботи сонячних колекторів. Для плоских колекторів фірми Hewalex він становить - 10 років, а для вакуумного колектора фірми Duda Solar - 3 роки. Виходячи з на отриманих даних, мінімальний термін окупності для вакуумного колектора DS-SC5814-15T становить 8,25 роки, що більш ніж в два рази перевищує гарантійний термін.

Таблиця 2.40 – Термін окупності (рік) сонячних колекторів в залежності від кількості

Кількість, шт	1	2	3	4	5	6	7	8	9
KS2100F TLP AC	16.08	12.35	11.28	10.88	10.75	10.76	10.88	11.21	11.6
KS2600F TLP ACR	11.3	8.73	8.04	7.84	7.85	8.13	8.48	8.79	9.08
DS-SC5814-15T	12.05	9.34	8.58	8.32	8.25	8.51	8.85	9.15	9.43

Після розрахунку трьох сонячних колекторів, на вільній площі будівлі була розглянута установка двох сонячних батарей різних фірм: сонячна батарея фірми Ja Solar - JAM72S09 375-395 PR і сонячна батарея фірми Jinko Solar - JKM320P-72. Термін окупності кожного варіанта відображений на рисунку 2.17.

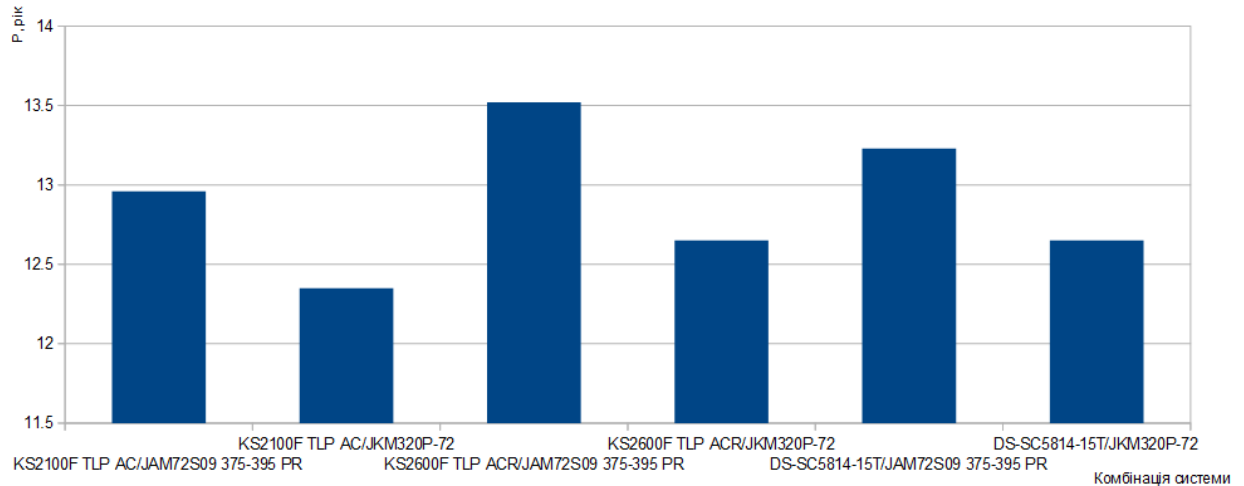


Рисунок 2.17 - Термін окупності кожної комбінації систем

З чого можна зробити висновок, що найменший термін окупності у сонячних батарей JKM320P-72, встановлених в парі з колекторами KS2100F TLP AC, проте сам сонячний колектор KS2100F TLP AC має значно більший термін окупності, в порівнянні з іншими.

Таким чином, найкращий варіант для використання в місті Запоріжжя - плоский сонячний колектор KS2600F TLP ACR в парі з сонячними батареями JKM320P-72.

Варіант використання вакуумного колектора DS-SC5814-15T з сонячними батареями JKM320P-72 має досить низький термін окупності, проте низький гарантійний термін сонячного колектора є негативним фактором. Так само, потрібно врахувати, що скляні вакуумні трубки легко можуть бути схильні до руйнування під дією граду та людського фактора.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання сонячних систем, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

1. фізичні:

- 1) підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- 2) підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- 3) підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- 4) недостатнє освітлення робочої зони;
- 5) нестача природного освітлення;
- 6) небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- 7) підвищений рівень шуму на робочому місці;
- 8) підвищена та понижена вологість повітря;
- 9) підвищена та знижена рухливість повітря.

2. психофізіологічні:

- 1) фізичні перевантаження (динамічні);
- 2) нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

3.1 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено, що температура внутрішніх поверхонь будівельних

конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання, не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

Таблиця 3.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості, Па	17...29	65 при 26°C	0,2...0,4
Холодний		15...24	до 75	не більше 0,3

Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 3.2 – Можливі забруднювачі повітря і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати пил якнайчастіше;
- щодня протирати гарячі поверхні.

Планувати прибирання так щоб вони приходилось на час, коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

Природне освітлення.

Природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк :

- загальне - 300 лк;
- комбіноване – 1000 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено.

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі, дБ

$$L=20 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)=20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right),$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 3.3 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму

в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

3.2 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Живлення системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги.

Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При

його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000 В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "не вмикати, працюють люди".

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або

затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізолюваним проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

ВИСНОВКИ

Все більшої актуальності в світі набирає використання альтернативних джерел енергії, з кожним роком споживання енергії в Україні зростає на (1...2) %, що тягне за собою підвищення тарифів на електричну та теплову енергії.

Використання сонячної та вітрової енергії є дуже перспективною не тільки для держави, а й для приватного домогосподарства, проте в умовах міста Запоріжжя використання вітрової енергії не буде особливо актуальним, через низький рівень вітру в регіоні.

У роботі було розглянуто три сонячних колектора, два з яких від компанії Hewalex - плоскі, а один від компанії Duda Solar - вакуумний. До цих трьох колекторів, для створення комбінованої системи, було розглянуто дві сонячні батареї фірм Ja Solar і Jinko Solar.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що вакуумні колектори не можуть показати свій повний потенціал в нашому регіоні, вони актуальні для більш холодного клімату. Так само, великою перепоною для їх використання є низький термін гарантії - всього 3 роки, що більш ніж в два рази менше терміну окупності.

За розглянутими сонячними колекторами можна зробити висновок, що при мінімальному терміні окупності, сонячні колектори будуть повністю покривати споживання на потреби ГВС в літні місяці, а в комбінації з сонячними батареями - істотно знизять витрати на опалення і ГВП в зимові місяці.

За результатами досліджень можна впевнено стверджувати, що найкращою комбінацією серед розглянутих варіантів є сонячні колектори - Hewalex KS2600F TLP ACR і сонячні батареї - Jinko Solar JKM320P-72. Сонячні батареї в цій комбінації не мають найнижчий термін окупності серед усіх варіантів, однак це незначна відмінність повністю покривається сонячним колектором.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Проект Zx82 - Z500 - Проекты домов и гаражей. [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL:<http://z500.com.ua/ua/projekt/zx82.html>.
2. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання/ Укладачі: Бердищев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2015. – 270 с.
3. Теплообменник Emaux HE 40 кВт . [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL:<https://aquapolis.ua/teploobmennik-emaux-he-40-kw.html>.
4. Бойлер для солнечных коллекторов Drazice OKC 200 NTRR/SOL [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL:<https://teploradost.com.ua/bojler-dlya-solnechnyh-kollektorov-drazice-okc-200-ntrrsol>
5. Теплоноситель Antifrogen SOL HT канистра 10л [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <https://tiu.ru/p42533018-teplonositel-antifrogen-sol.html>
6. Солнечный коллектор KS2100F TLP AC [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.hewalex.ru/ru/offer/flat-plate-collectors-1/solar-collector-ks2100f-tlp-ac.html>
7. Duda Solar Water Collector [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: https://www.dudadiesel.com/choose_item.php?id=DS-SC5814-15T
8. Солнечный коллектор KS2600F TLP ACR [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.hewalex.ru/ru/offer/flat-plate-collectors-1/solar-collector-ks2600f-tlp-acr.html>
9. JA SOLAR [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.jasolar.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=255>
10. Компания Jinko Solar [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://alton.com.ua/jinko-solar.html>

11. Сонячні колектори [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/
URL: <http://ukrenerho.com/sonyachni-kolektori/>– Загл. с экрана.
12. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Дж. Твайделл, А. Уейр. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
13. Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения [Текст] / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. – М: Энергоиздат, 1982. – 80 с.
14. Валов, М. И. Системы солнечного теплоснабжения [Текст]: монография / М. И. Валов, Б. И. Казанджан. – М: МЭИ, 1991. – 140 с.
15. Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст] / Н. В. Харченко. – М: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
16. Climatology Resource for Agroclimatology Daily Averaged Data (EvaluationVersion) [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/
URL: <http://power.larc.nasa.gov/>– Загл. с экрана.
17. Зуев, В. Е. Распространение видимых и инфракрасных волн в атмосфере[Текст]: / В. Е. Зуев. – М.: Сов. радио, 1970. – 496 с.
18. Атлас енергетичного потенціалу поновлюваних джерел енергії України [Текст]. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2000. – 211 с.
19. Соболев, В. В. Курс теоретической астрофизики [Текст] / В. В. Соболев; 3-е видання, перероб. — М.: Наука, 1985. – 503 с.
20. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике [Текст]/ Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 950 с.
21. Дьяков, В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию[Текст] / В. И. Дьяков. — М.: Высшая школа, 1990. — 160 с.
22. Зверева, С. В. В мире солнечного света [Текст] / С. В. Зверева. — Л. : Гидрометеоиздат, 1988. — 160 с.
23. Білецький, В. С. Мала гірнича енциклопедія [Текст] / В. С. Білецький. – Донецьк: Донбас, 2004. – Т. 3. – 358 с
24. Бурячок Т. А. Энергетика: история, настоящее и будущее [Текст]. Т.4. Возобновляемая энергетика. Функционирование и развитие энергетике в

современном мире / Т.А. Бурячок, З.Ю. Буцьо, Г.Б. Варламов и др. – Киев: б.и., 2010. – 612 с. – ISBN 978-966-8163-18-0

25. Капралов, А. И. Рекомендации по применению жидкостных солнечных коллекторов [Текст] / А. И. Капралов. – М.:ВИНИТИ, 1988 – 56 с.

26. Махотіло, К. В. Експериментальна оцінка ефективності сонячних колекторів [Текст] / К. В. Мамохіло, Д. М. Косатий. – Харьков: Энергозбереження. Энергетика. Энергоаудит, 2012 – № 12 – с. 43-48.

27. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики [Текст] / А. В. Лыков. – Минск: Изд-во Академии наук БССР, 1969. – 520 с.

28. Даффи, Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. А. Даффи, У.А. Бекман – М.: Мир, 1977. – 470 с.

29. Зоколей, С. Солнечная энергия и строительство [Текст] / С. Зоколей. – М.: Стройиздат, 1979. – 339 с.

30. Куртнер, Д. А. Расчет и регулирование теплового режима в открытом и защищенном грунте [Текст] / Д. А. Куртнер, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 230 с.

31. Лыков, А.В. Тепломассообмен [Текст]: справочник / А.В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Энергия, 1978. – 480 с.

32. Компания «Кровля и теплоизоляция» (КИТ) [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://krovinfo.ru/content/catalog/polikarbonat/> – Загл. с экрана.

33. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания [Текст]: справочное пособие / Е. Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 265 с.

34. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] / – Утв. Госстрой России. Введ. 01.06.2004 – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

35. НПАОП 63.22–1.01–85. Правила безпеки праці на промислових підприємствах. – Введ. 1976–03–03. – Київ, 1986.

36. ДСН 3.3.6.012–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Введ. 1999-12-01. – Київ, 1999.

37. Даффи, Дж. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. Даффи, У. Бекман. – М.: Наука, 1977. – 413 с.
38. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения [Текст] / Р. Р. Аvezов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
39. Луканин, В. Н. Теплотехника [Текст] / В.Н. Луканин. – М.: Высшая школа, 2003. – 715 с.
40. Височин, В. В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Екологічно чисті джерела енергії» для студентів фаху 6.0905 [Текст]: навч., посібник / В. В. Височин, В. Р. Нікульшин. – Одеса: Наука і техніка, 2004. 16 с.
41. Васильев, В. А. Расчетные технико-экономические характеристики солнечных комбинированных фототермодинамических энергоустановок [Текст] / В. А. Васильев, Б. В. Тарнижевский – М.: Известия РАН, Энергетика, 2005. – №3. – С. 28–34.
42. Казанджан, Б. И. Современные системы солнечного теплоснабжения [Текст] / Б. И. Казанджан. – М. : Энергия, 2005. – №12. – С. 39–43.
43. Дударев, Н. В. Солнечные системы теплоснабжения [Текст] / Н. В. Дударев, В.А. Шершнеv. – М. : Строительная инженерия, 2006. – №1. – С. 47–52.
44. Бутузов, В. А. Анализ энергетических и экономических показателей гелиоустановок горячего водоснабжения [Текст] / В. А. Бутузов. – М. : Промышленная энергетика, 2001. – №10. – С. 18–22.
45. Сравнительный анализ показателей конструкций солнечных коллекторов зарубежного и отечественного производства. Новые технические решения [Текст] / О. С. Попель, С. Е. Фрид, В. Н. Щеглов и др. – М.: Теплоэнергетика., 2006. – №3. – С. 11–15.