

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: «Проект системи опалення та гарячого водопостачання котеджа з альтернативним джерелом енергії»

Здобувача Осадчука А.О.

4 курсу групи ЕЕ-444

Керівник доц. Дем'яненко Ю.І.

Консультант проф. Якуб Л.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту
Рішення кафедри від 09 червня 2023 р., протокол № 11.

Завідувач кафедри ЕТ та ПЕ
(назва кафедри)

_____ (підпис)

Юрій СЕМЕНЮК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет нафти, газу та екології
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри Ю.В. Семенюк

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА (ЗДОБУВАЧКИ)

Осадчук Андрій Олександрович

1. Тема роботи «Проект системи опалення та гарячого водопостачання котеджа з альтернативним джерелом енергії», затверджена наказом ОНТУ від 31.03.2022 року № 119-03

2. Термін здачі здобувачем (здобувачкою) закінченої роботи 08.06.2023 року

3. Вихідні дані роботи.

Місцезнаходження котеджу: м. Одеса

Кількість проживаючих – 4 людей.

Опалювальна площа дорівнює 162,5 м²

Питомі тепловтрати 0,08 кВт/м²

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Вступ. 1 Технічні рішення проекту. 2 Визначення кількості електроенергії, яка щодня споживається будинком. 3 Добовий акумулятор тепла. 4. Компонування СЕС. 5 Залежність продуктивності фотомодулів від температури зовнішнього повітря. 6. Економічна ефективність. 7 Охорона праці. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Сонячна енергетика в Україні, 2. Зростання кількості приватних сонячних електростанцій в Україні, 3. Технічні рішення проекту, 4. Технічні рішення проекту (продовження), 5. Технічні рішення проекту (продовження), 6. Технічні рішення проекту (продовження), 7. Схема підключення мережевої СЕС в електромережу, 8. Вибір і розрахунок кількості сонячних панелей, 9. Схема з'єднання сонячних панелей, 10. Принципова схема системи опалення та ГВП будинку, 11. Баки-акумулятори на основі теплоти фазового переходу, 12. Економічна ефективність, 13. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 5	Дем'яненко Ю.І.	28.02. 2023	08.06.2023
6 – 7	Якуб Л.М.	28.02. 2023	08.06.2023

7. Дата видачі завдання 28.02.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. 1 Технічні рішення проекту.	07.04.2023	
2	Визначення кількості електроенергії, яка щодня споживається будинком.	12.04.2023	
3	Добовий акумулятор тепла.	15.04.2023	
4	Компонування СЕС.	22.04.2023	
5	Залежність продуктивності фотомодулів від температури зовнішнього повітря.	03.05.2023	
6	Економічна ефективність.	12.05.2023	
7	Охорона праці. Висновки.	19.05.2023	
	Презентація	03.06.2023	

Здобувач-дипломник _____ Осадчук А.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ Дем'яненко Ю.І.
(підпис)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Осадчук А.О. _____

(підпис)

Анотація

ОСАДЧУК А.

Тема дипломної роботи: «Проект системи опалення та гарячого водопостачання котеджу з альтернативним джерелом енергії»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Заклад освіти Одеський національний технологічний університет
Одеса, 2023 рік.

Дипломна робота присвячена проектуванню системи опалення та гарячого водопостачання котеджу на основі мережевої сонячної електростанції з електричним котлом і добовим акумулятором тепла. Продаючи надлишок електроенергії державі, можна накопичити досить коштів, щоб оплачувати електроенергію, споживану електрокотлом в опалювальний період.

В схемі опалення та гарячого водопостачання будинку передбачено добовий акумулятор тепла. Його ємність вибрана таким чином, щоб можна було накопичити добовий запас електроенергії в період з 23 години до 7 ранку, коли тариф вдвічі менший.

Такий підхід дозволяє зменшити капітальні затрати на спорудження сонячної електростанції та експлуатаційні затрати на функціонування системи опалення та гарячого водопостачання будинку.

Дипломна робота бакалавра містить такі розділи:

Вступ. 1 Технічні рішення проєкту. 2 Визначення кількості електроенергії, яка щодня споживається будинком. 3 Добовий акумулятор тепла. 4 Компонування СЕС. 5 Залежність продуктивності фотомодулів від температури зовнішнього повітря 6 Економічна ефективність. 5 Охорона праці. Висновки. Література.

Робота містить 8 таблиць, 14 рисунків, 19 літературних джерел.

СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРОКОТЕЛ, ДОБОВИЙ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОР, ПАРАФІН, ФОТОМОДУЛІ.

Summary

OSADCHUK A.

Topic of the thesis: "The project of the heating system and hot water supply of the cottage with an alternative source of energy"

Specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Educational Institution Odesa National Technological University

Odesa, 2023.

The thesis is devoted to the design of the heating and hot water supply system of the cottage based on a grid solar power plant with an electric boiler and a daily heat accumulator. By selling excess electricity to the state, you can save enough money to pay for the electricity consumed by the electric boiler during the heating period.

In the scheme of heating and hot water supply of the house, a daily heat accumulator is provided. Its capacity is chosen in such a way that it is possible to accumulate a daily supply of electricity in the period from 11 p.m. to 7 a.m., when the tariff is halved.

This approach allows you to reduce capital costs for the construction of a solar power plant and operating costs for the functioning of the heating system and hot water supply of the house.

The bachelor thesis contains the following sections:

Introduction. 1 Technical solutions of the project. 2 Determining the amount of electricity consumed daily by the house. 3 Daily heat accumulator. 4 Layout of SES. 5 Dependence of photomodule productivity on outside air temperature 6 Economic efficiency. 5 Labor protection. Conclusions. Literature.

The work contains 8 tables, 14 figures, 19 literary sources.

SOLAR POWER PLANT, ELECTRIC BOILER, DAILY HEAT ACCUMULATOR, PARAFFIN, PHOTOMODULES.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПРОЄКТУ	11
1.1 Вибір системи енергоживлення будинку	11
1.2 Сонячна електростанція як джерело енергії будинку	12
1.2.1 Види сонячних електростанцій	12
1.2.2 Мережева електростанція як джерело енергопостачання будинку	13
1.3 Основні компоненти сонячних електростанцій	13
1.3.1 Сонячні панелі і їх типи	13
1.3.1.1 Монокристалічна панель	15
1.3.1.2 Полікристалічна панель	15
1.3.2 Потужність сонячних фотопанелей	16
1.3.3 Напруга сонячних панелей	18
1.4 Тип з'єднання	19
1.4.1 Послідовне з'єднання	19
1.4.2 Паралельне з'єднання	20
1.5 Сонячний інвертор	21
2 ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЯКА ЩОДНЯ СПОЖИВАЄТЬСЯ БУДИНКОМ	25
2.1 Вихідні дані	25
2.2 Розрахунок потужності джерела тепла	25
2.3 Розрахунок споживаної потужності побутових приладів	27
2.4 Принципова схема системи опалення та ГВП будинку	30
3 ДОБОВИЙ АКУМУЛЯТОР ТЕПЛА	32
3.1 Вибір принципової схеми теплоаккумулятора	32

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Осадчук А.</i>				<i>Розрахунково-пояснювальна записка</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Дем'яненко Ю.І.</i>						6	73

3.2 Вибір теплоакумуючого матеріалу	33
3.3 Розрахунок маси теплоакумуючої речовини	39
3.4 Визначення конструктивних параметрів апарату	40
3.4.1 Розрахунок маси парафіну.....	40
3.4.2 Розрахунок гідравлічного опору теплоаккумулятора.....	42
4 КОМПОНУВАННЯ СЕС	45
4.1 Розрахунок кількості сонячних панелей.....	45
4.2 Схема з'єднання сонячних панелей	48
5 ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ФОТОМОДУЛІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ.....	51
5.1 Тепловий коефіцієнт сонячних панелей.....	51
5.2 Як пори року впливають на ефективність PV-модуля.....	53
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	56
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
7.1 Небезпечні та шкідливі фактори	58
7.2 Електробезпека.....	58
7.3 Класифікація виробництва за вибухопожежною безпекою.....	59
7.4 Об'ємно-планувальні рішення	59
7.5 Пожежна профілактика.....	60
7.6 Робота на висоті	60
7.6.1 Що належить до робіт на висоті.....	60
7.6.2 Головні небезпечні фактори при роботі на висоті	60
7.6.3 Вимоги до персоналу при роботі на висоті	61
7.6.4 Вимоги до засобів підйому для роботи на висоті	62
7.6.5 Вимоги до засобів індивідуального захисту від падіння з висоти	63
7.7 Організація роботи та організація робочого місця	64
7.8 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	66
7.9 Освітлення	67
8 Долікарська допомога.....	68

8.1 Перша допомога при ураженні електричним струмом	68
8.2 Перша допомога при механічних травмах	69
ВИСНОВКИ	72
ЛІТЕРАТУРА	73

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		8

Про стрімку динаміку росту кількості сонячних електростанцій свідчить той факт, що кількість сонячних станцій, які встановлені приватними домогосподарствами в 2016 – 2019 рр., зросла більше, ніж на 3 тисячі СЕС. Власниками приватних домогосподарств інвестовано в приватні сонячні електростанції понад 60 млн. євро.

Стрімкий розвиток сонячної енергетики з використанням інноваційних світових технологій є головним трендом. Сонячна енергія на відміну від інших джерел ніколи не застаріє, не контролюватиметься іноземними державами і не закінчиться, що робить її вічно актуальною [1].

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						10
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПРОЕКТУ

1.1 Вибір системи енергоживлення будинку

Протягом останнього десятиліття в Україні спостерігається активне використання сонячної енергії для отримання електричного струму. Це пов'язано із впровадженням «Зеленого» тарифу – державної програми закупівлі електроенергії, виробленої альтернативними джерелами, у домоволодінь та приватних підприємств. Однак причина не тільки в цьому.

За останні 5 років ціна на електрику зросла втричі: коли на початку 2015 вартість 1 кВт·год для населення була близько 31 копійки, то в 2020 – 90 копійок. І це за умови використання до 100 кВт·год на місяць. Для приватного будинку вкластися в такий ліміт практично неможливо, адже для забезпечення нормальних побутових умов, крім освітлення і живлення побутової техніки, необхідне ще й підключення приладів для забезпечення водопостачання у регіонах без центрального водозабезпечення, а це практично більшість сіл, селищ міського типу та невеликих міст нашої країни.

Тому перспективи будівництва приватних СЕС незаперечні. Обмеження, які на генерацію сонячної енергії накладають природні умови, в значній мірі можуть бути усунені за рахунок будівництва мережевих СЕС та широкого використання систем акумулювання електричної та теплової енергії.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Сонячна електростанція як джерело енергії будинку

1.2.1 Види сонячних електростанцій

- На ринку обладнання з альтернативної енергетики є три основних типи СЕС, які розрізняються в першу чергу за характером, способом застосування і тим основним завданням, які вони повинні виконувати: мережеві, автономні і гібридні.

Мережева станція підключається до лінії електропередачі, тому заробіток на «зеленому» тарифі за її встановлення можливий [2]*.

Проте така СЕС не має акумуляторів, а отже і функції накопичення струму. Відповідно, вона вироблятиме електрику для приватного будинку тільки в сонячну погоду – вночі та в негоду електроенергія буде черпатись із централізованої мережі. Вартість такої сонячної станції найнижча, у порівнянні з іншими видами, а окупність найшвидша – близько 5 років. Вона дозволяє економити на електриці вдень у ясну погоду та отримувати прибуток.

- Автономні електростанції побудовані виключно на сонячних панелях і не можуть забезпечити повну автономність, не дивлячись на свою назву. Взимку вироблення сонячної електроенергії на території України знижується в 4-5 разів. Для створення повністю автономної СЕС бажаний додатковий генератор, який має функцію автоматичного запуску, або ж вітряний генератор, що дозволить забезпечити безперервну роботу автономної сонячної електростанції в нічний час.

* Згідно з [постановою](#) НКРЕКП №396 від 26.04.2022 змінено порядок виплат за «зеленим тарифом» власникам домашніх СЕС на час воєнного стану та 60 днів по його завершенню/скасуванню.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- Гібридні електростанції дають можливість накопичувати отриману електроенергію в акумуляторних батареях для подальшого її використання в разі відсутності зовнішнього електропостачання.

1.2.2 Мережева електростанція як джерело енергопостачання будинку

Мережеві електростанції – найдешевші і найпопулярніші, вони дозволяють частково використовувати сонячну енергію паралельно з енергією від електромережі. Вони не автономні, тому що у них немає акумуляторів, які могли б зберігати зібрану енергію. Вони не працюють, якщо відсутній струм в основній мережі. Такі електростанції використовуються, щоб знизити вартість комунальних послуг і по можливості заробити, продаючи надлишки енергії за «зеленим» тарифом. Живлення від електромережі використовується вночі, в погану погоду, при високих витратах електроенергії або при несправності сонячної електростанції. В інший час всі потреби середньостатистичного будинку покриває сонячна енергія.

Слід відмітити, що сполучені з мережею системи не будуть працювати при аваріях в електромережі. З міркувань безпеки всі фотоелектричні мережеві інвертори припиняють працювати при відсутності опорної напруги.

Продаж надлишку електроенергії за «зеленим» тарифом дозволить накопичити певну суму, достатню для оплати енергоспоживання електрокотла в опалювальний період. Крім того, в схемі опалення та ГВП передбачається добовий акумулятор тепла, який заряджатиметься вночі, коли тариф на електрику вдвічі менший.

1.3 Основні компоненти сонячних електростанцій

1.3.1 Сонячні панелі і їх типи

Більшість сучасних сонячних панелей складається з безлічі кремнієвих

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						13
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

фотоелементів (фотоелектричних перетворювачів, сонячні елементи), які генерують електрику постійного струму з сонячного світла. Фотоелементи з'єднані разом всередині сонячної панелі і підключені до сусідніх панелей за допомогою кабелів. Сонячні панелі, також відомі як сонячні модулі, зазвичай з'єднуються разом в «ланцюжки», щоб створити так звану сонячну батарею. Кількість генерованої сонячної енергії залежить від декількох факторів, включаючи орієнтацію і кут нахилу сонячних панелей, ефективність сонячної панелі, плюс будь-які втрати через затінення, бруд і навіть температуру навколишнього середовища.

Сонячні панелі можуть генерувати енергію в похмуру погоду, але кількість енергії залежить від «товщини» і висоти хмар, які визначають, скільки світла може пройти. Кількість світлової енергії усереднюється за весь день, використовуючи термін пікові сонячні години (PSH). PSH або середні денні години сонячного світла в основному залежать від місця і часу року.

Найбільшого поширення у фотоелектричних установках набули кремнієві елементи трьох видів на основі монокристалічного (ккд до 21,5%), полікристалічного (ккд 14-17%) та аморфного кремнію (ккд 5-8%). Різниця між цими видами полягає в тому, як організовані атоми кремнію в кристалі.

При інсталяції сонячних панелей існує проблема вибору між монокристалічними та полікристалічними панелями.

Як моно-, так і полікристалічні сонячні панелі виготовляються з дуже поширеного та довговічного кремнію. Однак якщо монокристалічні зібрані з елементів, виконаних з одного спеціально вирощеного кристала кремнію, то полікристалічні - з дрібних кристалів, що скріплюються між собою. Як правило, для виготовлення полікристалів використовують відходи виробництва цілісних елементів.

Саме в типі елементів, з яких складається батарея, полягають відмінності між панелями різних типів, але вони істотно впливають на експлуатаційні характеристики та вартість виробів.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						14
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1.3.1.1 Монокристалічна панель

Сонячні батареї з монокристаллами вирізняється більшою ефективністю, ніж полікристалічні моделі, а також привабливим глибоким чорним кольором.

Сонячні елементи для таких панелей виконані з пластин, що нарізаються із спеціально вирощуваних брусків кремнію. Тобто кожен окремий елемент панелі виконаний з одного цілісного кристала. Звідси й назва типу панелей.

Так як кожна клітинка виконана з цілісного кристалу, у електронів, які генерують струм, є чимало простору для переміщень, що сприяє більшій їх ефективності. Не менше значення має і те, що промені сонця, потрапляючи на таку пластину, не розсіюються, а рівномірно розподіляються по поверхні.

В результаті ккд батарей із монокристаллами досягає 20-22%. Щоправда, через чималу трудомісткість процесу вирівнювання кристалів їх вартість у середньому на 10% вища, ніж виробів з полікристаллами.

1.3.1.2 Полікристалічна панель

Для виготовлення полікристалів використовуються обрізки, що залишаються після моноклітинок. Тому такі елементи коштують дешевше. Щоправда, вони дещо поступаються монокристалам ефективності. Однак постійне вдосконалення технологій сприяє поступовому скороченню цього розриву.

Візуально такі панелі відрізняються кольором: від блакитного до світло-синього.

Якщо ж порівнювати панелі, ґрунтуючись на висновках, зроблених на основі інформації щодо їх експлуатації, то:

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						15
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- при однаковій площі загальна потужність модуля з монокристаллами буде відсотків на 30 більше;
- вартість полікристалічної батареї буде приблизно на 10% менше, ніж у монокристалічної такої ж потужності;
- потужність номодуля за рік роботи знижується на 3%, а полікристалічного – на 2%. Тобто монокристали «старіють» швидше.
- термін служби панелей обох типів перевищує 25 років.

Таким чином полікристали дешевші та невибагливіші, а монокристали – потужні, але вибагливі. Тобто вибір доведеться робити між потужністю та довговічністю, а також з урахуванням фінансових можливостей.

1.3.2 Потужність сонячних фотопанелей

Сонячні фотоелементи мають складний взаємозв'язок між сонячним опроміненням, температурою та загальним опором, що створює нелінійну ефективність генерації електрики, відому як вольт-амперна характеристика (ВАХ). Максимальна потужність відбирається в режимі, відміченому точкою «а» на вольт-амперній характеристиці (рис. 1.3). Ця потужність визначається за формулою:

$$P_{max} = U_{TMM} \cdot I_{TMM} = FF \cdot I_{K3} \cdot U_{XX} ,$$

де:

U_{TMM}, I_{TMM} – напруга і струм в точці максимальної потужності (точка «а»);
 FF – коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики; I_{K3} – струм короткого замикання; U_{XX} – напруга холостого ходу.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						16
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

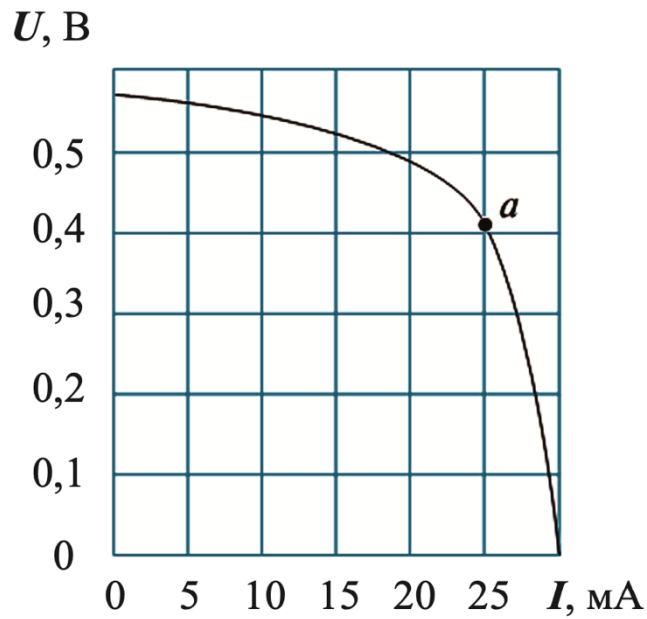


Рисунок 1.3 – Вольт-амперна характеристика сонячного елемента

Струм короткого замикання I_{sc} – це струм при нульовій напрузі

I_{sc}, A

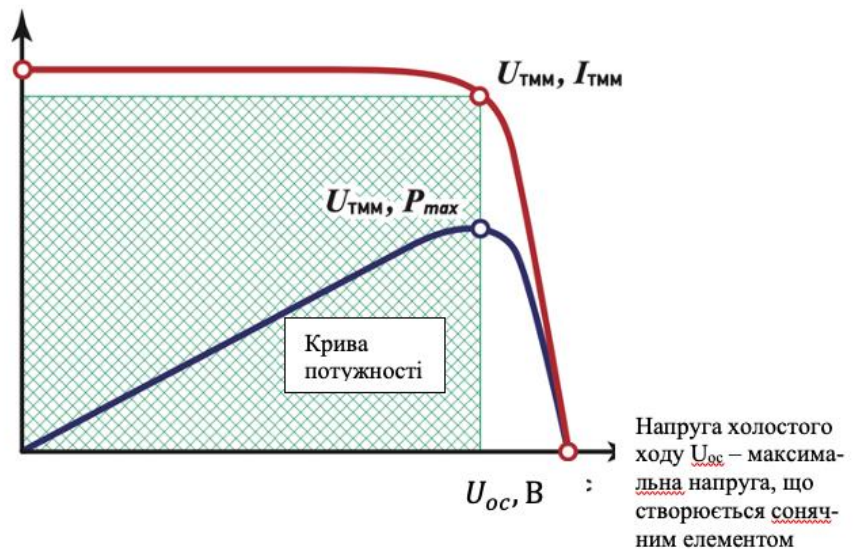


Рисунок 1.4 – Графічне представлення коефіцієнта заповнення вольт-амперної характеристики (ВАХ) фотоелемента

Коефіцієнт заповнення ВАХ, більш відомий під скороченням FF , є показником, який разом із напругою холостого ходу ($U_{хх}$) та струмом короткого замикання ($I_{кз}$) панелі визначає найбільшу потужність сонячної батареї.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Коефіцієнт заповнення визначається як відношення найбільшої потужності від сонячної батареї до добутку напруги холостого ходу U_{xx} та струму короткого замикання $I_{кз}$.

При виготовленні кожен сонячний елемент тестується і вимірюється його ВАХ і коефіцієнт заповнення. Якщо останній менший за 0,7, то елемент класифікується як Grade B і продається виробникам супердешевих панелей, які повинні повідомляти покупців про низьку якість елементів.

Коефіцієнт корисної дії (ккд) є найпоширенішим параметром, за яким можна порівняти продуктивність двох сонячних елементів. Він визначається як відношення потужності, що виробляється сонячним елементом, до потужності падаючого сонячного випромінювання. Крім власне продуктивності сонячного елемента, ККД також залежить від спектру та інтенсивності падаючого сонячного випромінювання та температури сонячного елемента. Тому для порівняння двох сонячних елементів потрібно ретельно виконувати прийняті стандартні умови. Ккд сонячного елемента визначається як частка сонячної енергії, перетвореної на електричну:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{пад}} \cdot 100\%$$

1.3.3 Напруга сонячних панелей

Сонячні модулі бувають різних видів в залежності від напруги, що видається на виході. Найбільш поширені варіанти:

- 24 В;
- 12 В.

Якщо електроенергію, отриману від батарей, використовувати для освітлення території або приладів невеликої потужності, - 12 вольт буде достатньо. Якщо ж використовувати сонячні модулі як джерело енергії для

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		18

всього будинку, тоді, безперечно, варто віддати перевагу варіанту з напругою 24 ВОЛЬТ.

1.4 Типи з'єднання

1.4.1 Послідовне з'єднання

При послідовному з'єднанні плюсова клемма одного модуля з'єднується з мінусовою клеммою іншого. При цьому напруга панелей підсумовується, а сила струму та потужність залишаються незмінними. Наприклад, якщо з'єднати послідовно два модулі з $U_{\text{ном}} = 34,2$ і $I_{\text{ном}} = 11,7$ А, напруга становитиме 68,4 В, а сила струму залишиться 11,7 А. Це важливо для інвертора - він функціонує при певному рівні напруги .

Підключення сонячних панелей до мережевого інвертора залежить як від характеристик панелей та інвертора, так і від схеми з'єднання. Наприклад, інвертор Solis S5-GR3P 8 кВт розрахований на пускову напругу 180 В, номінальну 600 В. Робочий діапазон напруги МРРТ знаходиться в межах 160 -1000 В. При цьому рекомендований струм фотоелектричного масиву не повинен перевищувати 12 А. Для пуску інвертора вищезгаданих панелей з $U_{\text{ном}} = 34,2$ В потрібно послідовно підключити 6 шт. ($180/34,2 = 5,3$ шт).

Таких послідовно з'єднаних ліній (стрінгів) може бути кілька, але не більше, ніж кількість ліній, на яку розраховано інвертор. Тобто до моделі Solis S5-GR3P можна приєднати дві лінії (стрінги) послідовних ланцюжків модулів, що не перевищують $U_{\text{роб.макс.}} = 1000$ В. При цьому струм кожного зі стрінгів залишається незмінним – 11,7 ампер, що не перевищує максимального значення 16 ампер для входу інвертора.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

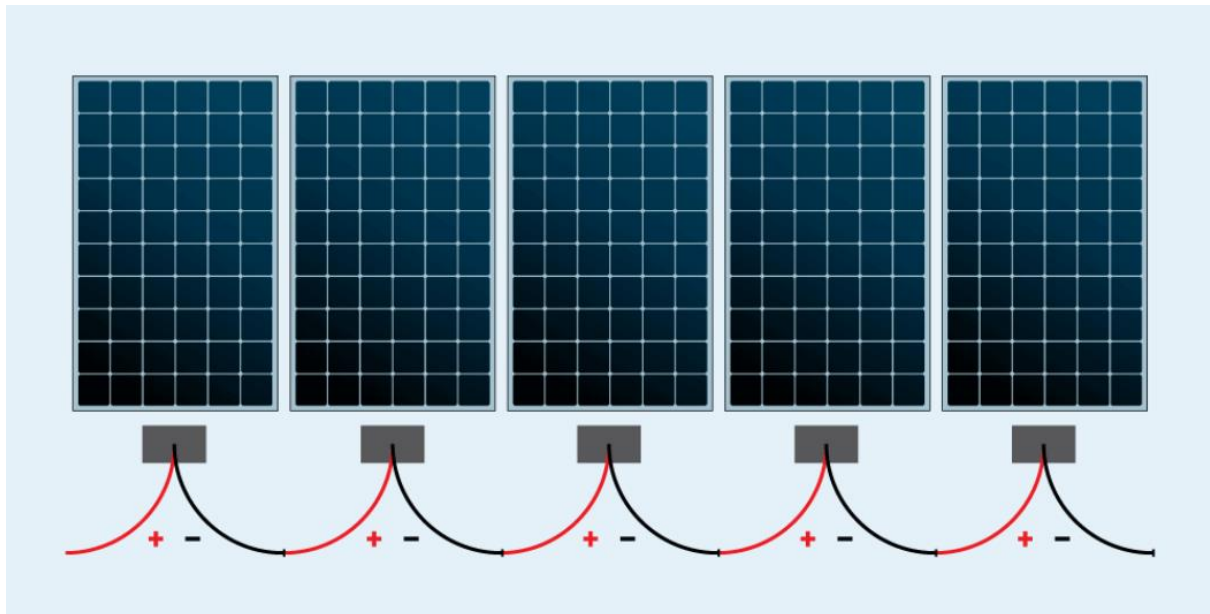


Рисунок 1.1 – Послідовне з'єднання панелей

1.4.2 Паралельне з'єднання

Для паралельного з'єднання плюсова клемма одного модуля з'єднується в розподільчій коробці з плюсовою клемою іншого, а мінусова клемма – з мінусовою (рис.1.2). Таке розташування призводить до збільшення струму при постійній напрузі. В результаті паралельного включення тих же модулів напруга в ланцюзі залишиться на рівні $U = 34,2 \text{ В}$, але сила струму збільшиться до $I = 23,4 \text{ А}$. Таке підключення дозволяє підвищити потужність PV-масиву та виробляти більшу кількість електроенергії, не перевищуючи межі робочої напруги. Інвертори також мають обмеження по силі струму, яку не можна перевищувати при паралельному з'єднанні.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

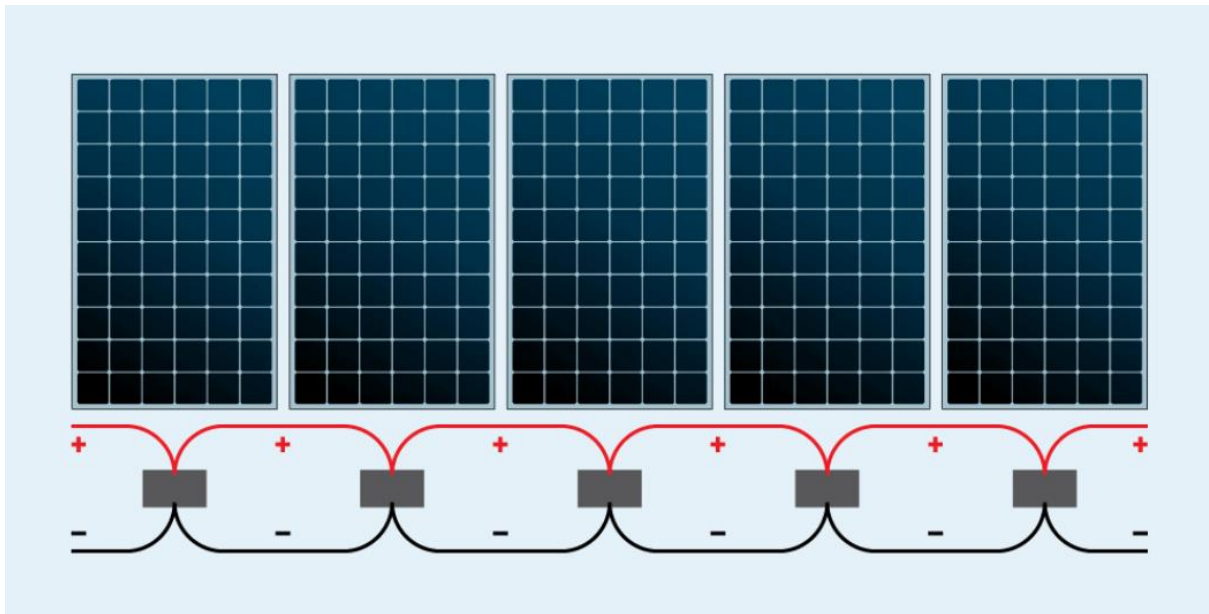


Рисунок 1.2 – Паралельне з'єднання панелей

1.5 Сонячний інвертор

Головне призначення мережевих або синхронних інверторів чи просто мережевого інвертора, полягає у синхронізації генерації по фазі, напрузі та частоті із зовнішньою електромережею. Мережеві сонячні інвертори розроблені для швидкого вимкнення від мережі, якщо зовнішня мережа не працює і в ній відсутня напруга або засвідчено інші, загрозливі перешкоди. Це вимога ПУЕ [3], яка вимагає, щоб у разі пропадання електроенергії в зовнішній мережі інвертор автоматично та миттєво вимикався, аби запобігти подаванню напруги в електромережу та не завдати шкоди будь-яким робітникам, яких направляють на усунення пошкоджень електромережі. Сонячні інвертори використовують для відстеження точки якнайбільшої потужності (MPPT) PV-масиву.

Сонячні панелі виробляють постійний струм, але більшість приладів і споживачів енергії вимагають змінного струму напругою 220 або 380 В. Інвертор перетворює низьку напругу 12, 24, 32, 36, 48 В постійного струму у напругу 220 В змінного струму. Частина енергії неминуче втрачається під час перетворення – від 5% до 20%, залежно від якості інвертора та режиму його роботи.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						21
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Інвертори бувають різної потужності, а їх тип вибирається залежно від застосування. Малопотужні інвертори (100-1000 Вт) зазвичай використовуються в малих автономних системах живлення, наприклад, для лампочок, телевізора, радіо та інших приладів. Вони бувають на вхідну напругу 12 В або 24 В і вихідну 220 В. Більш потужні інвертори мають вхідну напругу 24 В або 48 В (а іноді 96 В і вище).

Дешеві інвертори генерують ступінчасту або прямокутну форму напруги – так звану квазісинусоїдальну або модифіковану синусоїду. Така форма напруги підходить для живлення нагрівальних приладів, в будові яких відсутні електронні блоки та лампи розжарювання. Інвертори з синусоїдальною формою напруги забезпечують якість енергії таку ж, як у мережі, і можуть жити без проблем будь-яке навантаження змінного струму.

Сучасні інвертори є багатофункціональними приладами і забезпечують:

- Вимірювання. На дисплеї інвертора відображаються напруження та струм, частота та потужність.

- Можливість автозапуску генератора. Інвертор має додаткові реле для автоматичного запуску та зупинки резервного генератора в залежності від напруги на батареї. Часто ця функція представлена у вигляді опції як окремий блок до інвертора. Сучасні інвертори можуть заряджати АБ від мережі лише у певний час або запускати генератор лише у денний час (через шум).

- Робота паралельно із мережею. Мережеві інвертори безпосередньо постачають енергію від сонячних батарей у мережу без АБ. Це суттєво зменшує вартість системи, а отже, і здешевлює електроенергію.

- Вбудований зарядний пристрій. Такі інвертори для АБ можуть використовувати енергію від мережі або генератора. Одночасно вони можуть транслювати енергію від цих джерел безпосередньо в навантаження. Сучасні інвертори можуть задавати або динамічно змінювати зарядний струм, щоб уникнути перевантаження генератора.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						22
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- Паралельне з'єднання. Деякі інвертори можуть бути з'єднані паралельно збільшення потужності.

Сонячний мікроінвертор — інвертор, призначений для роботи з однією або двома сонячними панелями. Мікроінвертор перетворює вихідний постійний струм з кожної панелі на змінний. Його конструкція дозволяє паралельно вмикати декілька незалежних блоків модульним способом.

До переваг мікроінвертора належать оптимізація потужності однієї панелі, незалежна робота кожної панелі, можливість поступового розгалуження СЕС.

До вад, насамперед, слід віднести набагато вищу вартість такого рішення та збільшену пожежну небезпеку.

Дослідження 2011 року в Аппалачському державному університеті засвідчили, що мікроінвертори генерують приблизно на 20% більше потужності в незатінених умовах та на 27% більше в затінених умовах порівняно зі стрінговим (ланцюжковим) інвертором. Обидві установки мали однакові сонячні панелі [4].

Зазвичай мікроінвертори використовують на дахових СЕС, де є багато різних кутів та затінь.

Мережеві інвертори синхронізуються із зовнішньою мережею по фазі та синусоїді струму, який постачається в мережу [5]. З міркувань безпеки мережеві інвертори обов'язково вимикаються у разі втрати електропостачання. Вони не забезпечують резервне живлення під час вимкнення електромережі.

Що стосується номінальної вихідної напруги панелей, потужність яких становить понад 50 Вт, то вона або перевищує 12 В, або дорівнює 24 В. Цей показник можна збільшити самостійно, послідовно з'єднавши панелі.

Асортимент сонячних інверторів величезний. На сучасному ринку зустрічаються 12-, 24-, 48- і 96-вольтові моделі. Показник напруги визначається на основі того, якою є потужність. Якщо перша величина дорівнює 12 В, а друга - 1 кВт, то сила струму становитиме більше, ніж 83 А. В цьому випадку

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						23
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

доведеться застосовувати товстий провід – наприклад, мідний з перерізом близько 25 мм². Якщо знехтувати цією умовою, то втрати енергії значно зростуть. Це призведе до перегріву, який здатний негативно позначитися на працездатності всієї системи.

Якщо взяти силу струму в тисячу ампер, то потужність складе 10 кВт. Переріз такого провідника становитиме близько 50 мм². Очевидно, що з'єднання вийде занадто масивним і недовговічним, тому ймовірність того, що воно витримає високі навантаження протягом тривалого часу, мінімальна. Очевидно, що обмеження вхідного струму, який споживає інвертор, працюючи на номінальній потужності, є необхідністю. У моделях, розрахованих на 100 - 200 А, зростання потужності призводить до збільшення вхідної напруги.

Послідовне з'єднання інверторів неможливе, адже це не панелі або акумулятори. Виходячи з цього, при виборі комплекту для домашньої сонячної електростанції слід в обов'язковому порядку враховувати напругу постійного струму при заданій потужності на виході.

Важлива роль відводиться коефіцієнту корисної дії. ККД переважної більшості сучасних інверторів перевищує 90%.

Відмінним вибором стане модель, яка зможе витримати короткострокове перевищення номінального навантаження приблизно в 1,5-2 рази. Це відбувається через те, що в момент підключення подібних пристроїв спостерігається різкий стрибок електричного струму, який помітно вище встановленої норми. Якщо налаштування захисної системи інвертора орієнтовані виключно на номінальний показник потужності, то запобіжник активується, що призведе до відмикання обраного приладу, попри те, що в дійсності він має допустимий параметр.

Якщо споживана потужність менша 10 кВт, то більш раціональним стане використання 1-фазної напруги, а не 3-фазної. Це зробить розводку простішою і виключить появу проблем, що виникають внаслідок необхідності розподілу фаз між споживачами.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2 ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЯКА ЩОДНЯ СПОЖИВАЄТЬСЯ БУДИНКОМ

2.1 Вихідні дані

Котедж площею 162,5 м² в м. Одесі.

Кількість проживаючих – 4 людини.

Питомі тепловтрати за розрахункової температури – 18 °С становлять 80 Вт/м² [3].

Низькотемпературна система опалення – тепла підлога

Розрахункові параметри повітря – середньомісячні температури – приймаємо за нормативними документами [6].

Температуру гарячої води та її добову потребу приймаємо згідно з нормативними документами [7].

2.2 Розрахунок потужності джерела тепла

Таблиця 2.1 – Середньодобові параметри повітря [6]

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Середн
Інсоляція кВт.год/м ²	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Температура	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3

Розрахункова температура опалювального періоду для Одеси -18° С. Пікова потужність системи опалення визначається, виходячи з температури найбільш холодної п'ятиденки в опалювальний період (для Одеси -18° С). Визначаємо теплове навантаження на основі питомих характеристик. Для нового

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3			Лис
								25
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				

будинку з хорошою теплоізоляцією за зовнішньої температури – 18 °С питомі тепловтрати складають: $q = 80 \text{ Вт/м}^2$ [8].

$$Q_{\text{втр}} = q \cdot F = 80 \cdot 162,5 = 13000 \text{ Вт}$$

На практиці такі низькі температури зустрічаються не часто і тривають недовго (таблиця 2.2). Протягом більшої частини сезону опалювальна система працює на рівні менше 50% від максимальної потужності.

Тому згідно з рекомендаціями [9] продуктивність ТН може становити 50 – 70 % від розрахункового теплового навантаження. Додаткова потужність джерела тепла на гаряче водопостачання (ГВП) становить 0,25 кВт/люд [9].

Потужність системи опалення та ГВП будинку:

$$Q_{\text{co}} = 0,5Q_{\Sigma} = 0,5 \cdot 13,0 + 1 = 7,5 \text{ кВт}$$

Середньомісячне теплове навантаження в системі опалення залежно від температури зовнішнього повітря визначається за залежністю:

$$Q_{\text{co}}^i = Q_{\text{co}} \frac{t_{\text{вн}} - t_i}{t_{\text{вн}} - t_o}$$

де t_i – середньомісячна температура зовнішнього повітря поточного місяця, °С (таблиця 2.1).

Жовтень: $t_{\text{ж}} = 11,3 \text{ °С}$

$$Q_{\text{co}}^{\text{ж}} = 10,56 \frac{20 - 11,3}{20 - (-18)} = 3,02 \text{ кВт}$$

Для останніх місяців розраховуємо аналогічно, результати заносимо в таблицю 2.2.

Тепловтрати за добу i -того місяця:

$$Q_{\text{co}}^{\text{доб}} = Q_{\text{co}}^i \cdot 24$$

Теплота для опалення щомісяця:

$$W_{\text{оп}}^{\text{міс}} = Q_{\text{co}}^{\text{доб}} \cdot n$$

Теплота для опалення за опалювальний період:

$$W_{\text{оп}} = \Sigma W_{\text{оп}}^{\text{міс}}$$

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		26

Таблиця 2.2 – Теплота для опалення та ГВП щомісяця

Місяць	К-ть діб, n	Тепловтрати за добу, $Q_{co}^{доб}$, кВт·год	Теплове навантаження в системі опалення Q_{co}^i , кВт	Теплота для опалення за місяць, $W_{оп}^{міс}$, кВт·год
10	15	72,52	3,02	1087,2
11	30	118,32	4,93	3549,6
12	31	157,68	6,57	4888,1
1	31	177,6	7,40	5505,6
2	28	171,84	7,16	4811,5
3	31	142,56	5,94	4419,4
4	15	90,02	3,75	1350,36
$\Sigma W_{оп}^{міс} = 25612$ кВт·год				

2.3 Розрахунок споживаної потужності побутових приладів

Для визначення необхідної потужності сонячної електростанції розрахуємо енергоспоживання побутовими електроприладами у будинку впродовж року.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						27
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 2.3 – Споживання електроенергії в будинку (холодний період)

Споживач	Потужність, Вт	Кількість	Робота за добу, год	Споживання електроенергії	
				Вт·год за добу	кВт·год за місяць
1	2	3	4	5	6
Лампа світлодіодна	9	5	7	315	9,45
Зарядний пристрій мобільний телефон	5	2	1	10	0,3
Холодильник	125	1	8	1000	30,0
Ноутбук	75	1	4	300	9,0
Телевізор	80	1	4	320	9,6
Супутникова антена	20	1	4	80	2,4
Електрокотел**					
Електрочайник	2000	1	0,5	1000	30
Електродріль*	600	1	0,2	120	3,6
Пральна машина*	750	1	1	750	22,5
Посудомийна машина*	2000	1	0,4	800	24,0
Пилосос	2000	1	0,2	400	12,0
Праска*	1500	1	0,2	300	9,0
Фен*	750	1	0,2	150	4,5
Всього					166,45

Всього за 6 місяців опалювального періоду споживання електроенергії побутовими приладами складе: 166,45 кВт·год

**Споживання електроенергії котлом складе 25612 кВт·год.

Отже, за холодний період витрата енергії становитиме 25779 кВт·год

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
						28
Зм.	Лист	№ док.м.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.4 – Споживання електроенергії в будинку (теплий період)

Споживач	Потужність, Вт	Кількість	Робота за добу, год	Споживання електроенергії	
				Вт·год за добу	кВт·год за місяць
Лампа світлодіодна	9	5	5	225	6,75
Зарядний пристрій	5	2	1	10	0,3
Холодильник	125	1	10	1250	37,5
Ноутбук	75	1	4	300	9,0
Телевізор	80	1	4	320	9,6
Супутникова антена	20	1	4	80	2,4
Електрочайник	2000	1	0,5	1000	30
Електродріль*	600	1	0,2	120	3,6
Пральна машина*	750	1	1	750	22,5
Посудомийна машина*	2000	1	0,4	800	24,0
Пилосос	2000	1	0,2	400	12,0
Праска*	1500	1	0,2	300	9,0
Фен*	750	1	0,2	150	4,5
Кондиціонер	1000	1	8	8000	240,0
Всього:				13705	631,95

* - виключена можливість одночасного використання електроприладів

Отже, за теплий період витрата енергії становитиме $E_{т.п} = 631,95$ кВт·год

Річне споживання енергії складе $E_{рік} = 26411$ кВт·год

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						29
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

7.00 діє розрахунковий коефіцієнт 0,5, тобто тариф, менший вдвічі. Тому оснащення систем опалення і ГВП будинку добовим акумулятором теплоти, що заряджається вночі, економічно виправдане.

При цьому бажаний графік роботи котла може автоматично підтримуватись приладами керування.

Практика показує, що за наявності теплового акумулятора в опалювальній системі економія становить до 30% у разі використання електроенергії.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						31
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

3 ДОБОВИЙ АКУМУЛЯТОР ТЕПЛА

3.1 Вибір принципової схеми теплоаккумулятора

Прагнення зробити систему опалення і ГВП максимально ефективною призвело до використання таких пристроїв, як теплоаккумулятори.

Буферна, або ємність, що акумулює (теплоаккумулятор) – це пристрій, що служить для створення раціонального графіка вироблення та використання тепла в будинках з автономною системою опалення.

Основна мета застосування буферної ємності – оптимізація теплового режиму системи опалення будівлі при одночасному зниженні витрат на опалення. У період активної роботи котла буферна ємність накопичує теплову енергію, а при вимиканні теплогенератора віддає її, підтримуючи необхідну температуру і забезпечуючи гаряче водопостачання. При цьому виключаються часті пуски та вимикання котла: він працює з максимальною ефективністю. Стає можливою одночасна подача тепла на прилади опалення і гаряче водопостачання.

Як правило, буферна ємність розраховується на 2 – 3 години роботи системи опалення та ГВП; теплоакumuлюючим матеріалом в ній і одночасно теплоносієм є вода.

Наступним кроком, з огляду на впроваджені в Україні двозонні та тризонні тарифи на електроенергію, є розробка добового теплоаккумулятора, ємність якого дозволяла б вночі з 23.00 до 7.00, коли діє розрахунковий коефіцієнт 0,5, накопичувати в ТА енергію, достатню для опалення впродовж 16 годин, коли діє денний тариф на електроенергію.

ТА ємнісного типу, найбільш поширені в системах опалення та ГВП, не підходять, так як розраховані на 2 – 3 години роботи; крім того, в них під час відбору теплоти зменшується температура термоакumuлюючого матеріалу. Ця обставина, а також великі габарити є їх головним недоліком.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						32
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Ємнісним теплоаккумуляторам протистоять ТА на основі теплоти фазового переходу, де основна кількість теплоти поглинається речовиною під час її плавлення. Завдяки цьому забезпечується висока щільність енергії, що запасується, невеликі перепади температур і стабільна температура на виході з теплового акумулятора, через що істотно зменшуються його маса і об'єм.

Якщо в ТА ємнісного типу ТАМ водночас є і теплоносієм, то для ТАМ на основі фазного переходу теплоносієм залишається вода, а основною проблемою є забезпечення рівномірного плавлення (затвердівання) всього об'єму теплоакumuлюючого матеріалу.

3.2 Вибір теплоакumuлюючого матеріалу

При виборі теплоакumuлюючого матеріалу (ТАМ) слід враховувати його теплові, фізичні, кінетичні, хімічні властивості та економічні критерії. Основними з них є питома теплота фазового переходу, робочий діапазон температур, теплопровідність і теплоємність, стабільність, безпечність в роботі та вартість. Дані щодо питомої теплоємності рідкої і твердої фаз дають можливість зробити висновок про придатність даного середовища до акумулювання за рахунок зміни внутрішньої енергії. Теплопровідність середовища обумовлює теплообмін, особливо під час розрядки акумулятора. Зміна густини і хімічна активність (агресивність) впливають на вибір конструкції і матеріалу акумулятора.

Для реального застосування розглядаються тільки речовини, що не розкладаються при плавленні або розчиняються в надлишковій воді, яка входить до складу ТАМ.

В акумуляторах фазового переходу теплоакumuлюючий матеріал перед зарядженням знаходиться у твердому вигляді.

При підведенні теплоти легкоплавкий ТАМ масою $M_{ак}$ нагрівається від початкової температури $T_{1ак}$ до температури плавлення $T_{пл}$, потім плавиться, а

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		33

після, вже в рідкому вигляді, нагрівається до кінцевої температури $T_{2ак} > T_{пл}$.
Енергоемність такого акумулятора дорівнює:

$$Q_{ак} = M_{ак} [c_{тв} (T_{пл} - T_{1ак}) + r + c_{ж} (T_{1ак} - T_{пл})],$$

де $c_{тв}$, $c_{ж}$ - теплоемність речовини в твердому і рідкому стані, Дж/(кг.К); r — теплота фазового переходу (плавлення) ТАМ, Дж/кг.

На жаль, нині практично немає дешевих, безпечних та стійких до розкладання речовин з великою енергією фазового переходу, температура плавлення яких лежала б у найбільш актуальному діапазоні – приблизно від +20°C до +50°C (максимум +70°C – це ще відносно безпечна і досяжна температура). Як правило, у цьому діапазоні температур плавляться складні органічні сполуки, які не корисні для здоров'я та швидко окислюються на повітрі.

Давно і широко відома велика група речовин, які в закритій посудині при нагріванні поглинають енергію, а при охолодженні — виділяють енергію. Такі реакції називають термохімічними. Їх енергетична ефективність менша, ніж при зміні агрегатного стану речовини, проте теж дуже помітна.

Однією з таких речовин є глауберова сіль (мірабіліт), він же десятиводний сульфат натрію $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, який одержують у результаті елементарних хімічних реакцій (наприклад, при додаванні кухонної солі в сірчану кислоту) або видобувають у «готовому вигляді» як корисну копалину (Каспійське море), затока Кара Богазхол).

З точки зору акумуляції тепла найцікавіша особливість мірабіліту полягає в тому, що при підвищенні температури вище 32°C пов'язана вода починає звільнятися, і зовні це виглядає як «плавлення» кристалів, які розчиняються в воді, що виділилася з них. При зниженні температури до 32 °C вільна вода знову зв'язується в структуру кристалогідрату - відбувається «кристалізація». Але найголовніше — теплота цієї реакції гідратації-дегідратації дуже велика і становить 251 кДж/кг, що трохи вище від теплоти плавлення-кристалізації парафінів (200-220 кДж/кг), хоча і на третину менше, ніж теплота плавлення льоду (330 кДж / кг).

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Основним недоліком гідратів солей є їх інконгруентне плавлення (*Хімічні сполуки, при плавленні яких склад рідкої і твердої фаз відрізняються один від одного, називаються **інконгруентними***). Зазвичай при плавленні утворюються насичена рідка фаза і тверда у вигляді нижчого гідрату тієї ж солі, яка при цьому осаджується. Крім того, розплавам гідратів солей властиво переохолодження з подальшою вибуховою кристалізацією. З метою забезпечення кристалізації з малим переохолодженням рідини необхідне застосування речовин, які є первинними центрами кристалізації. Для блокування поділу фаз або застосовуються загусники, або інтенсивне перемішування в процесі теплообміну, що не завжди зручно в процесі експлуатації. До недоліків кристалогідратів слід віднести також їх підвищену корозійну активність.

Таким чином, теплоаккумулятор на основі насиченого розчину мірабіліту (насиченого саме при температурі вище 32°C) може ефективно підтримувати температуру на рівні 32°C з великим ресурсом накопичення або віддачі енергії. Звичайно, для повноцінного гарячого водопостачання ця температура теплоносія дуже низька і може використовуватися в первинному контурі теплового насосу.

І ще один приємний «бонус» мірабіліту при роботі «на обігрів» — можливість значного переохолодження розчину, що знаходиться в спокої, без кристалізації (до 20°C і нижче). В цьому випадку виходить «керований» теплоаккумулятор, який можна «включити», внесши збурення в переохолоджений розчин, скажімо, стукнувши по стінці ємності. При цьому починається реакція кристалізації, в результаті якої виділяється тепло, і температура розчину швидко зростає до 32°C. Далі реакція кристалізації уповільнюється і йде зі швидкістю, необхідною для підтримки цієї температури, — до того часу, поки вся глауберова сіль не кристалізується.

Але керувати таким теплоаккумулятором досить складно. Для того, щоб кристалізація починалася автоматично при зниженні температури до порогового рівня, необхідно або примусово «підбадьорювати» розчин (скажімо, встановити вентилятор, який обдуває ємність, безпосередньо на її стінці, щоб вібрація від

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

вентилятора запустила кристалізацію відразу, як тільки температура почне знижуватися). Інший спосіб – це використовувати перенасичений розчин, коли частина кристалів так і не зможе розчинитися (їм просто не вистачить води). Ці кристали забезпечать нерівноважність розчину, що автоматично запускає кристалізацію при зниженні температури нижче граничної.

З огляду на вищесказане актуальним є акумулятори не з використанням реакції гідратації-дегідратації, а з фазовим переходом, наприклад, парафінів. Донедавна їхньому широкому застосуванню заважали складнощі конструктивної реалізації таких апаратів, пов'язані з нерівномірністю плавлення (затвердіння) парафіну. Проблему намагались вирішити по-різному [4]. В одній із експериментальних робіт навіть використовувався шнековий теплообмінник для перемішування парафіну (рис. 3.2).

Відома також конструкція парафінового ТА, де у ванні з парафіном встановлені касети із змієвиковими теплообмінниками з тонкостінної гофрованої нержавіючої трубки.

Оригінальна конструкція ТА на основі фазового переходу, запропонована німецькою фірмою SHWT [10], містить насипну насадку з пластмасових кульок, заповнених РСМ (Phase Change Materials); кульки у внутрішньому об'ємі апарату утворюють безліч порожнин, через які циркулює теплоносій – вода (рис. 3.1). Така конструкція усуває проблему нерівномірного затвердіння (плавлення) ТАМ.

Це серійний апарат, випускається різних об'ємів і є на ринку теплогенеруючого обладнання України. З 30 травня 2021 року буферні ємності РСМ (серія РСМПС) випускаються у таких версіях [11]:

РСМПС 500 Liter

РСМПС 800 Liter

РСМПС 1000 Liter

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						36
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		



- L 1,2,3,4 - Anschlüsse IG 1½"
- TS 1,2,3,4 - Thermosensor / Fühler IG ½"
- ES - Elektroheizstab IG 1½"
- DR - Befüllung / Entleerung AG ¾"
- AV - Entlüftung IG ¾"

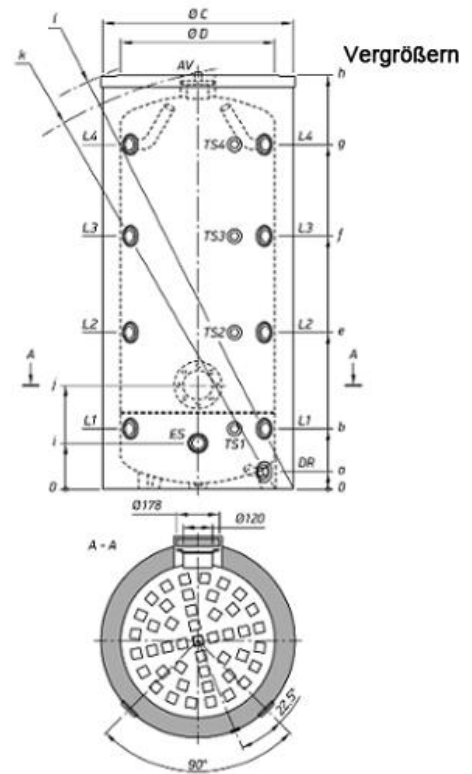


Рисунок 3.1 – Тепловий акумулятор з насипною насадкою, наповненою PCM (Phase Change Materials). Elektroheizstab - електричний заглибний нагрівач; Anschlusse – підключення; Thermosensor – термодатчик; Befüllung – заповнювання

Фірма SHWT пропонує акумулятор прихованого тепла (буферний накопичувач), заповнений PCM – матеріалом з фазовим переходом.

Інноваційні гібридні резервуари PCM – це нові типи буферних баків, що наповнені водою для опалення та додатково матеріалами зі зміною фаз, які поміщені в пластикові кульки (рис.3.2). Поєднання PCM і води означає, що гібридний резервуар може поглинати значно більше енергії (у вигляді тепла) порівняно зі звичайними буферними резервуарами такого ж розміру, які наповнюються лише водою. Тепло, що зберігається в гібридному накопичувачі, може передаватися в будь-який час протягом тривалого часу з майже постійною температурою на виході.

						Лис
					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	37
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

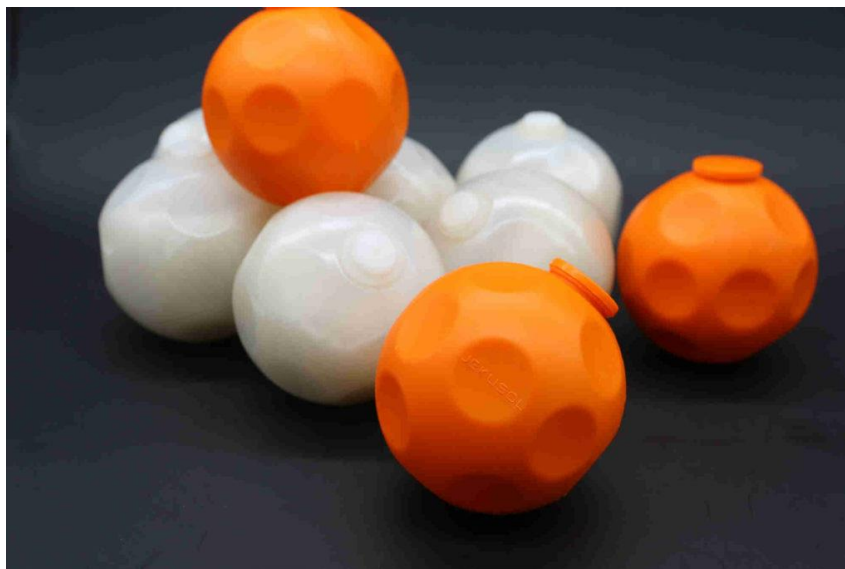


Рисунок 3.2 – Куля для зберігання теплоакумлюючого матеріалу (елемент насипної насадки) – JEKUSOL Speicher-Ball

Куля інкапсульована хімічно стабільним високомолекулярним полімерним матеріалом, виготовленим з поліетилену (PE) або поліпропілену (PP). Робочі температури $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12].

Кулі можуть постачатись з різними фазоперемінними матеріалами різного діаметру. Теплоакумлюючі матеріали ідентифікуються за кольором сфери.

Асортимент систем зберігання JEKUSOL є правильним рішенням для багатьох проектів з особливими вимогами щодо простору, температури та місткості зберігання. Асортимент продукції поширюється від стаціонарного гібридного сховища, високотемпературного сховища з трубчастим теплообмінником, сховища електроенергії до тепла до мобільного сховища в контейнерах ISO. За допомогою різних систем можна реалізувати як невеликі проекти, так і рішення для зберігання в мегаватному класі. За особливих вимог замовника можуть виготовлятися індивідуальні інкапсуляції пам'яті різноманітних розмірів і форм, якщо кількість замовлення достатня.

Для мобільного теплопостачання пропонується готова до підключення конструкція з температурою зберігання $86\text{ }^{\circ}\text{C}$ у 20-дюймовому контейнері ISO. [13].

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						38
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

3.3 Розрахунок маси теплоакумуючої речовини

Як ТАМ в даному проекті вибрано парафін. Головна перевага використання парафіну у тому, що його фазовий перехід знаходиться в зоні температур, регламентованих санітарно-гігієнічними нормами для приміщень житлових та громадських, які в процесі циклічного нагріву/охолодження зберігають свої теплотехнічні властивості, а за економічними характеристиками вигідно відрізняються від чистих n-алканів та інших сполук.

Таблиця 3.1 – Теплофізичні властивості технічних парафінів

Кількість атомів С	Температура фазового переходу, °С	Сумарна теплота плавлення і фазового переходу, кДж/кг	Густина парафінів в рідкому стані, кг/м ³	Питома теплоємність, кДж/кг К	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м К
9–12	от –9 до –53	184	686	2,1	0,15
13–16	от –6 до 18	196	716	2,1	0,19
16–18	от 18 до 28	212	734	2,1	0,21
16–28	от 42 до 44	214	765	2,1	0,21
20–33	от 48 до 50	218	769	2,1	0,21
22–45	от 58 до 60	221	795	2,1	0,21
24–50	от 66 до 68	221	830	2,1	0,21

Із табл. 3.1 видно, що зростання кількості атомів вуглецю від 16 до 50 сприяє підвищенню температури фазового переходу від 18 до 68 °С [14]. Таким

чином парафіни характеризуються високою сумарною теплотою фазового переходу та плавлення.

Акумулятор тепла є невід'ємною частиною будь-якої схеми опалення, оскільки:

- зберігає максимальну кількість енергії від кожного вироблення тепла;
- дозволяє спрямовувати тепло відразу на кілька цілей, наприклад, тепла підлога, гаряче водопостачання і так далі.
- теплота зарядки повинна накопичуватись під час роботи електродкотла за «нічним» тарифом: з 23.00 до 7.00 і забезпечувати тепло для компенсації тепловтрат впродовж $\tau = 16$ годин дії «денного» тарифу:

$$Q_{з-р} = Q_{со}^{доб16} = P_{со} \cdot \tau$$

Так, для січня

$$Q_{з-р} = Q_{со}^{доб16} = 7,4 \cdot 16 = 118,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

З іншого боку теплота зарядки (розрядки) ТА становить:

$$Q_{з-р} = M_{\text{параф}} \cdot [c_p(t_{\text{плав}} - t_{\text{розр}}) + r_{\text{параф}}]$$

Тут температура плавлення $t_{\text{плав}} = 65^\circ\text{C}$ і температура розрядки $t_{\text{розр}} = 40^\circ\text{C}$

Звідси можна взнати масу парафіну в ТА для роботи вдень у січні:

$$M_{\text{параф}} = \frac{Q_{з-р}}{c_p(t_{\text{плав}} - t_{\text{розр}}) + r_{\text{параф}}} = \frac{118,4 \cdot 3600}{2,2(65 - 40) + 220} = 1550 \approx 1600 \text{ кг}$$

3.4 Визначення конструктивних параметрів апарату

3.4.1 Розрахунок маси парафіну

Масу парафіну приймаємо по найхолоднішому місяцю – січню, заокруглюючи її в більшу сторону:

$$M_{\text{параф}} = 1600 \text{ кг}$$

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		40

Об'єм парафіну:

$$V_{\text{пар}} = \frac{M_{\text{пар}}}{\rho_{\text{пар}}} = \frac{1600}{900} = 1,78 \text{ м}^3$$

Якщо порізність насадкового шару кульок [15] становить $\varepsilon_0 = 0,4$, то об'єм апарату буде:

$$V_{\text{ап}} = \frac{V_{\text{пар}}}{1 - \varepsilon_0} = \frac{1,78}{0,6} = 2,97 \approx 3 \text{ м}^3$$

Із рекомендованого співвідношення висоти і діаметру теплоаккумуляторів

$$\varphi = \frac{H}{D} = 3$$

знаходимо розміри апарату:

$$V_{\text{ап}} = 0,785 \cdot D^2 \cdot 3D = 2,355 \cdot D^3$$

Звідси діаметр:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{ап}}}{2,355}} = \sqrt[3]{\frac{3,0}{2,355}} = 1,08 \approx 1,1 \text{ м}$$

Висота:

$$H = 3D = 3,3 \text{ м}$$

Діаметр кульок з парафіном приймаємо $d_{\text{кул}} = 50 \text{ мм}$ [8].

Об'єм кульки:

$$v_{\text{кул}} = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,025^3 = 0,65 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Маса парафіну в кульці:

$$m_{\text{пар}} = \rho_{\text{пар}} \cdot v_{\text{кул}} = 900 \cdot 0,65 \cdot 10^{-4} = 0,0585 \text{ кг}$$

Кількість кульок в апараті:

$$n_{\text{кул}} = \frac{M_{\text{параф}}}{m_{\text{пар}}} = \frac{1600}{0,0585} = 27350 \text{ шт}$$

Теплоносій тече через шар кульок по проходам складного перерізу, який визначається питомою поверхнею кульок a і часткою вільного об'єму ε_0 . Тому

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

еквівалентний діаметр каналу для проходу води в насипній насадці з кульок становить:

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot \varepsilon_0}{a},$$

де a – поверхня кульки в одиниці об'єму:

$$a = \frac{f_{\text{кул}}}{v_{\text{кул}}}$$

Поверхня кульки:

$$f_{\text{кул}} = \pi \cdot d_{\text{кул}}^2 = 3,14 \cdot 0,05^2 = 0,00785 \text{ м}^2$$

Отже, питома поверхня:

$$a = \frac{0,00785}{0,65 \cdot 10^{-4}} = 120,8 \text{ м}^2/\text{м}^3$$

Тоді еквівалентний діаметр буде дорівнювати:

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot 0,4}{120,8} = 0,013 \text{ м}$$

Використання $d_{\text{екв}}$ означає, що визначальний розмір для зернистого шару не дорівнює діаметру кульки, а залежить від геометрії вільних зон між кульками.

3.4.2 Розрахунок гідравлічного опору теплоаккумулятора

Гідравлічний опір насипного шару насадки складається із опору тертя R_l та гідростатичного опору, що дорівнює висоті підняття рідини, тобто висоті апарату: $R_H = H$. Опір тертя [15]:

$$R_l = \frac{\lambda \cdot l}{d_{\text{екв}}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Тут λ – коефіцієнт опору тертя

Приймаємо довжину каналу рівною висоті насадкового шару: $l = H$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Фактичну швидкість v суцільної фази (води) в шарі насипної насадки визначити важко. В практичних розрахунках замість неї використовують фіктивну швидкість суцільної фази v_o . Виходячи з виразу для об'ємної витрати води $V_{\text{вод}} = v_o \cdot S = v \cdot S \cdot \varepsilon_o$ ($S = 0,785 \cdot D^2$ – поперечний переріз апарата), отримуємо співвідношення між дійсною та фіктивною швидкістю:

$$v = \frac{v_o}{\varepsilon_o}$$

Об'ємна витрата води через апарат:

$$V_{\text{вод}} = \frac{Q_{co}^{\text{доб16}}}{c_p(t_{\text{зар}} - t_{\text{розр}}) \cdot \rho} = \frac{7,4}{4,19 \cdot (65 - 40) \cdot 1000} = 70,64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Фіктивна швидкість води:

$$v_o = \frac{V_{\text{вод}}}{S} = \frac{70,4 \cdot 10^{-6}}{0,785 \cdot 1,1^2} = 74,12 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

Дійсна швидкість води:

$$v = \frac{74,12 \cdot 10^{-6}}{0,4} = 185,3 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

Фіктивне число Рейнольдса:

$$Re_o = \frac{v_o \cdot d_{\text{кул}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{74,12 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 \cdot 1000}{800} = 4,63 \cdot 10^{-6}$$

Дійсне число Рейнольдса:

$$Re = \frac{2}{3(1 - \varepsilon_o)} Re_o = \frac{2}{3 \cdot 0,6} \cdot 4,63 \cdot 10^{-6} = 5,14 \cdot 10^{-6}$$

Залежність коефіцієнта опору λ від критерію Рейнольдса при течії рідини через нерухомий насипний шар насадки має вигляд [15]:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 = \frac{133}{5,14 \cdot 10^{-6}} + 2,34 = 25,87 \cdot 10^6$$

В результаті отримуємо опір шару кулькової насадки:

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_l = \frac{25,87 \cdot 10^6 \cdot 3,3 \cdot 1000 \cdot (185,3 \cdot 10^{-6})^2}{0,013 \cdot 2} = 112743 \text{ Па}$$

або $R_l = 11,5 \text{ м.в.ст}$

З урахуванням висоти апарату

$$H = 3,3 \text{ м}$$

опір циркуляційного насосу становитиме

$$H_{\text{нас}} = 14,8 \text{ м.вод.ст.}$$

Підбираємо циркуляційний насос Wilo-Stratos PICO з витратою $V_{\text{вод}} = 0,25 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором $H_{\text{нас}} = 14,8 \text{ м.вод.ст.}$ [17]

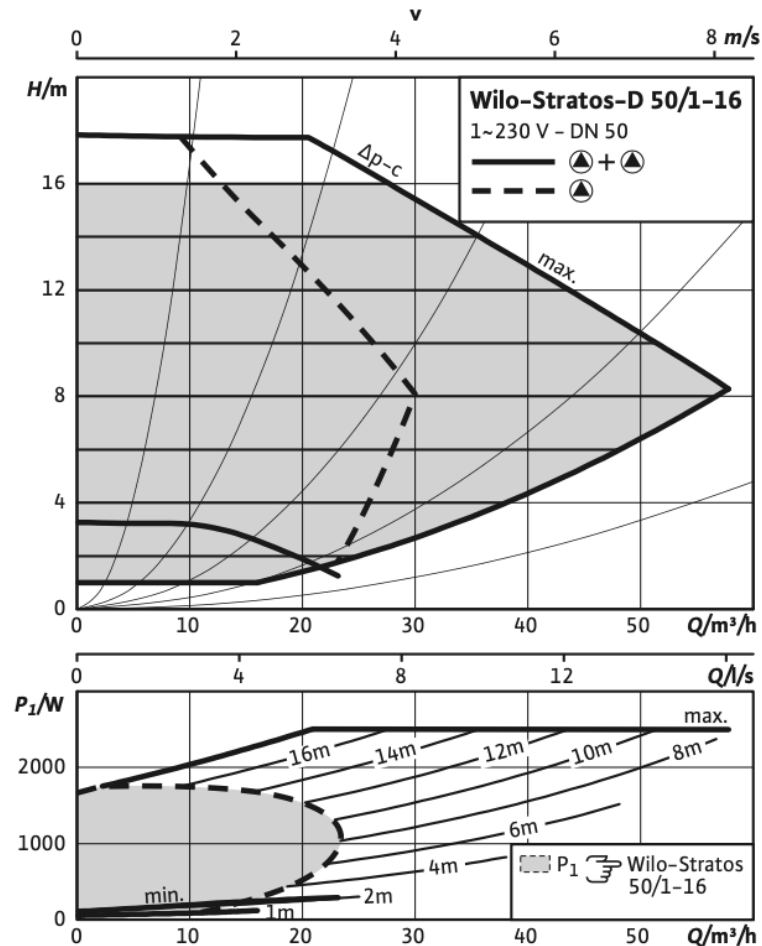


Рисунок 3.2 – Робочі характеристики циркуляційного насосу Wilo- Stratos 50/1-16

4 КОМПОНУВАННЯ СЕС

4.1 Розрахунок кількості сонячних панелей

Вибираємо PV-панелі Yabang Solar 240W/24 V номінальною потужністю 240 Вт кожна, розміром 1650×992×40 мм; масою 18,5 кг [18].

Фотомодуль Yabang Solar 240W/24 V - є сонячною батареєю з полікристалічного кремнію, яка генерує електроенергію для побутових, комерційних і промислових приміщень. Це обладнання ідеально підходить для використання в приватних будинках і котеджах, воно допоможе не тільки економити на електриці, але і забезпечить незалежність від традиційних джерел енергії.

Номінальна потужність фотомодуля YabangSolar 240W/24 V складає 240 Вт, а його робоча напруга – 24 В. К.к.д. полікристалічних батарей не перевищує 18 %. Дана сонячна батарея демонструє відмінні технічні характеристики, відрізняється високою продуктивністю. Основною перевагою є економічність і екологічна чистота даного пристрою, адже він працює на відновлюваній і абсолютно безкоштовній енергії сонця.

Рама фотомодуля YabangSolar 240W/24 V виконана з високоякісного алюмінію, що гарантує міцність конструкції, стійкість до вигинів і забезпечує швидкий і простий монтаж. Дана модель відповідає всім європейським нормам, стандартам якості та електробезпеки – ІЕС 61215, ІЕС 61730. Розміри одного модуля складають 1650x992x40 мм. Також дана модель характеризується класом захисту IP65, що гарантує її надійність і довговічність.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						45
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

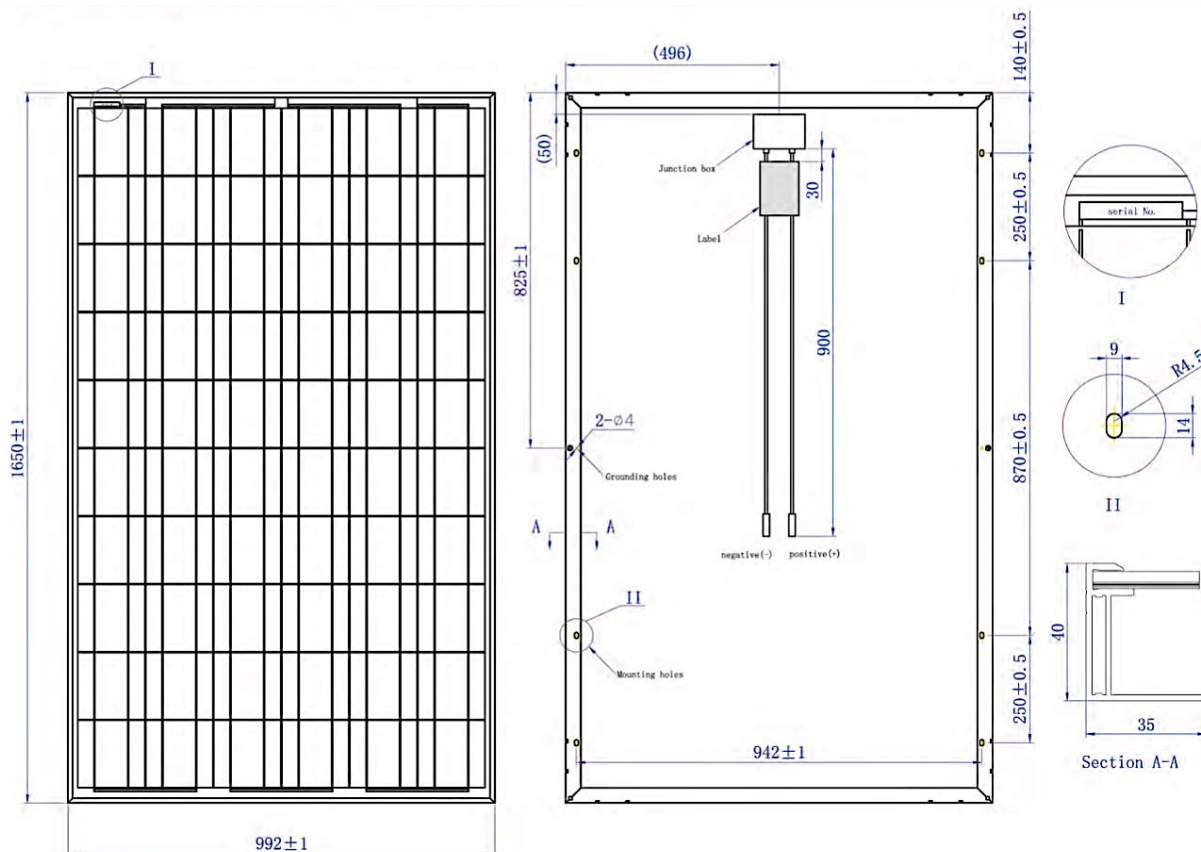


Рисунок 4.1 – Геометричні розміри панелі YabangSolar 240W/24 V

Технічні характеристики фотомодуля YabangSolar 240W/24 V

Тип фотомодуля – полікристалічний

Маса – 18.5 кг

Потужність – 240 Вт

Напруга МРРТ – 24 В; струм МРРТ – 8.05 А

Напруга при максимальній потужності – 29.8 В

Максимальна напруга системи – 1000 В

Струм короткого замикання – 8.7 А

Напруга холостого ходу – 37.0 В

Розміри – 1650 x 992 x 40 мм

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		46

Слід відмітити, що в паспорті будь-якої панелі потужність вказується за умов, коли потік сонячної енергії становить $J_0 = 1000$ кВт·год /м², а температура повітря 25 °С. За іншої інсоляції фактична потужність визначається з виразу:

$$N_{\Phi}^{\text{сп}} = \frac{J_{\Phi} \cdot N_{\text{НОМ}}^{\text{сп}} \cdot \eta_{\text{ел}}}{J_0}$$

де $N_{\Phi}^{\text{сп}}$ – фактична потужність сонячної панелі, кВт;

$J_{\Phi} = 0,15q$ – фактична інсоляція, оскільки к.к.д.панелі 15 % (таблиця 1.1), кВт·год/м²;

J_0 – інсоляція, за якої тестуються сонячні панелі – 1,0 кВт·год /м²

$N_{\text{НОМ}}^{\text{сп}}$ – номінальна (паспортна) потужність сонячної панелі, кВт;

$\eta_{\text{ел}}$ – к.к.д. передачі електроенергії від панелі до інвертора ($\eta_{\text{ел}} \approx 0,8$).

Втрати енергії при передачі є сумою:

- втрати в провідниках – 1%;
- втрати в інверторі – 3-7%;
- втрати, пов'язані з ростом температури модуля — 4-8%;
- втрати в процесі роботи сонячної панелі в період низького рівня сонячного випромінювання — 1-3%;
- втрати, пов'язані із затіненням і забрудненням сонячних панелей – 1-3% (у випадку неоптимальної орієнтації ці втрати можуть бути значно вищими);
- втрати шунтуючих діодів – 0,5%.

Фактична потужність сонячної панелі за умов середньорічної інсоляції (табл.2.1)

$$N_{\Phi}^{\text{сп}} = \frac{J_{\Phi} \cdot N_{\text{НОМ}}^{\text{сп}} \cdot \eta_{\text{ел}}}{J_0} = \frac{0,15 \cdot 3,55 \cdot 0,24 \cdot 0,8}{1,0} = 0,102 \text{ кВт}$$

Річне виробництво електроенергії однією PV-панеллю при цьому складатиме, кВт·год:

$$E_{PV}^{\text{М}} = \tau_{\text{доб}} \cdot n_{\text{діб}} \cdot N_{\Phi}^{\text{сп}} = 24 \cdot 365 \cdot 0,102 = 893,52 \text{ кВт·год}$$

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						47
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Кількість PV-панелей СЕС:

$$n_{\text{пан}} = \frac{26411}{893,52} = 29,56 \approx 30 \text{ шт}$$

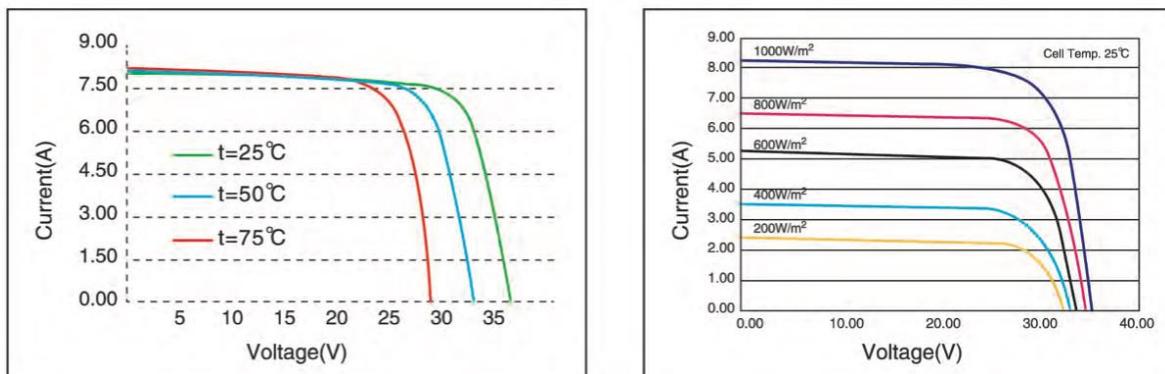


Рисунок 4.2 – Електричні характеристики YabangSolar 240W/24 V

4.2 Схема з'єднання сонячних панелей

Масив сонячних панелей компонуємо із трьох ланцюжків по 10 послідовно з'єднаних панелей в кожному; ланцюжки з'єднані паралельно.

В результаті напруга масиву становить $U = 240 \text{ В}$, струм – $I = 26,1 \text{ А}$, а потужність

$$P = U \cdot I = 240 \cdot 26,1 = 6264 \text{ Вт}$$

Ця система побудована на мережевому інверторі (grid - tie inverter), який безпосередньо перетворює постійний струм від фотомодулів в змінний і подає його в мережу з дотриманням фази і частоти. Grid - tie інвертори дозволяють максимально перетворювати енергію від сонячних модулів завдяки наявності MPPT (відстежування точки максимальної потужності), мають високий ККД, який у кращих зразків наближається до 98%, можуть передавати дані про систему як по промислових інтерфейсах, так і через безпроводні мережі.

Фотоелектричні системи на grid - tie інверторах легко масштабуються до необхідних потужностей [19].

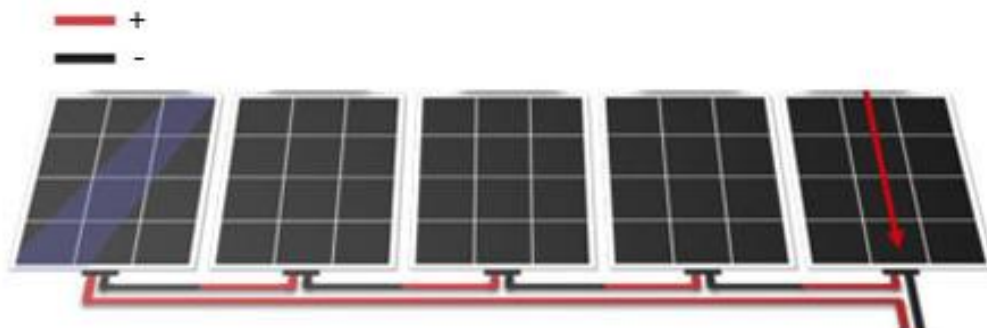


Рисунок 4.3 – Стринг фотомодулів

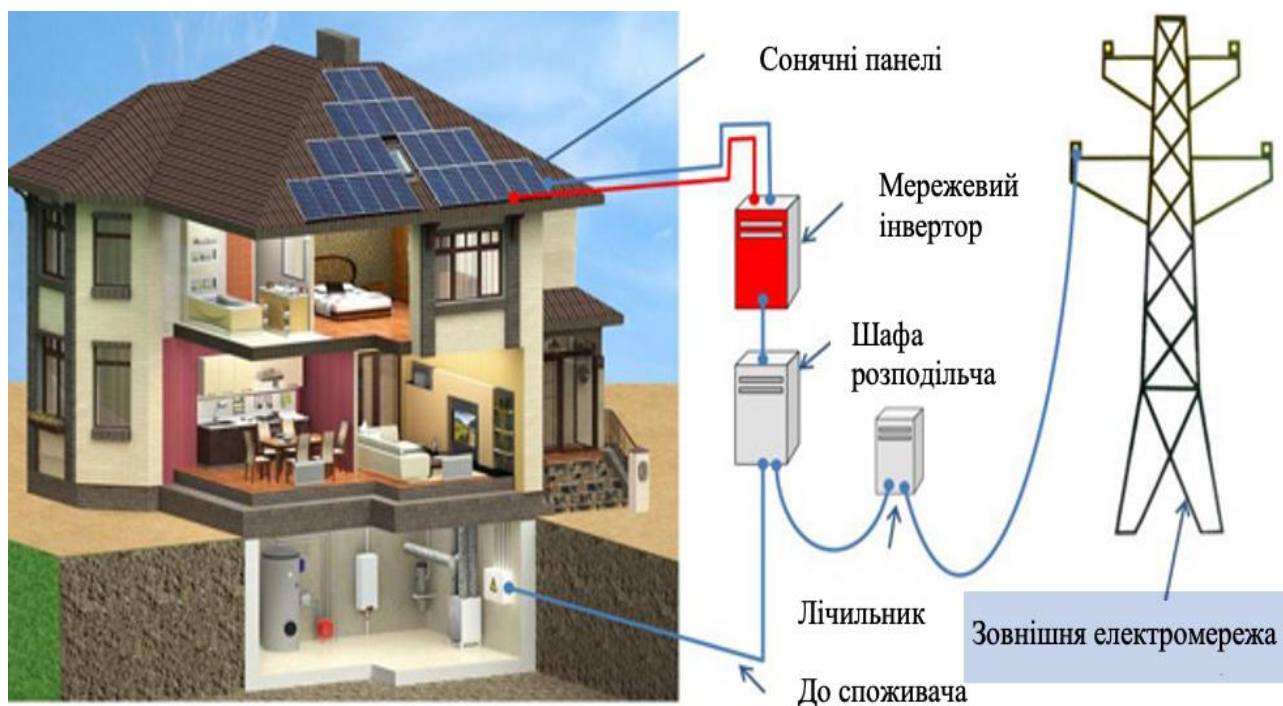


Рисунок 4.4 – Схема підключення мережевої СЕС в електромережу

Топологій системи є декілька. В даному випадку 3 стринги підключені до мультистрингового інвертора. Стринг - ланцюг послідовно сполучених

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
Зм.	Лист	№ док.м.	Підп.	Дата		49

однакових фотоелектричних модулів, в кількості, необхідній для досягнення вихідної напруги, відповідної вхідному діапазону МРРТ інвертора. Зазвичай вхідний діапазон МРРТ інвертора близько декількох сотень (150-720) вольт. Напруга стрингу не повинна перевищувати максимальну вхідну напругу інвертора (залежно від моделі це 600-1000 В), а сума струмів усіх стрингів при максимальній потужності не повинна перевищувати максимальний постійний вхідний струм інвертора.

Повна схема підключення станції з 30 сонячних панелей по 240 Вт складається з 3 стрингів по 10 модулів, містить пристрої захисту по постійному і змінному струму, заземлення і інші елементи, необхідні для стабільної роботи системи.

У системі застосовані високопродуктивні полікристалічні фотоелектричні модулі потужністю 240 Вт якісного виробництва з хорошим співвідношенням вартості за Вт потужності. Виробник гарантує не більше 0,7% втрат потужності на рік, відтворення 90% потужності через 10 років і 20% потужності через 25 років.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						50
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

5 ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ФОТОМОДУЛІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

5.1 Тепловий коефіцієнт сонячних панелей

Сонячні модулі, як і решта електронного обладнання, працюють за рахунок електричних процесів, підконтрольних законам термодинаміки. А закони термодинаміки свідчать, що з ростом тепла знижується вихід потужності (рис. 4.2).

Підвищення температури створює внутрішній опір всередині сонячного елемента, що знижує його ефективність: з ростом температури потік електронів усередині елемента наростає, що викликає збільшення сили струму і падіння напруги. Падіння напруги при цьому більше, ніж зростання сили струму. Загальна потужність зменшується, і панель працює з меншою ефективністю.

Тому чим вище температура навколишнього середовища, тим менше вихідна потужність фотоелементів.

Втрати енергії визначаються «температурним коефіцієнтом». Температурний коефіцієнт – це відсоток зниження ефективності сонячної панелі при підвищенні температури повітря на один градус.

Значення коефіцієнта виробник панелей отримує дослідним шляхом (і вказує в специфікаціях). Воно відрізняється залежно від моделі сонячної панелі.

Тестування параметрів сонячних панелей проводиться при температурі 25 ° С і зазвичай виробники вказують їх ефективність, приймаючи за норму 25 ° С.

Таким чином, якщо температурний коефіцієнт сонячної панелі -0,50, це означає, що вихід потужності знизиться на 0,5 % за кожен градус вище 25 ° С.

Незважаючи на те, що така цифра здається незначною, температура темного даху, на якій встановлена панель, може бути значно вище 25 ° С в спекотний сонячний день. Температура сонячної батареї може підніматися до 60

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						51
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- 70 ° С. В середньому при підвищенні температури панелі на 20 ° С втрати потужності складуть близько 10%. При роботі станції за зеленим тарифом таке зниження потужності може обернутися суттєвими втратами в обсягах продажу електроенергії.

Тепловий коефіцієнт кремнієвих, як полі-, так і монокристалічних панелей, в середньому коливається від -0.45% до -0.50 %. Є звичайно ж і тонкоплівкові сонячні панелі, коефіцієнт яких нижче (0,2 - 0,25%), але вони поки новачки на ринку, при тому що їх початкова ефективність нижче, ніж у кремнієвих панелей (рази в два).

Слід враховувати, що не тільки панелі втрачають свою працездатність в спеку. Це властиво і інверторам, що перетворюють постійний струм в змінний напругою 220 В. Ефективність інверторів, за різними підрахунками, падає на 2,5%, коли температура наближається до 40 ° С.

Візьмемо, наприклад, сонячну панель з ефективністю 17%, температурний коефіцієнт якої мінус 0,45% (від загальної ефективності). В цьому випадку ефективність панелі (17%) буде з кожним градусом падати на 0,077%. Тобто, якщо температура даху виросте до 30 ° С, то ефективність панелі буде вже не 17%, а 16,6%, якщо температура досягне 35 ° С - 16,2%. Якщо температура сягає 40 ° С, то ефективність панелі може знизитися більш ніж на 10%.

При цьому варто враховувати, що не тільки панелі втрачають свою працездатність в спеку. Це властиво і інверторам, що перетворюють постійний струм у змінний. В середньому ефективність інверторів, за різними підрахунками, падає на 2,5%, коли температура наближається до 40 ° С.

По-перше, на ефективність роботи сонячних панелей в спеку впливає відстань між ними і дахом. Сонячні панелі не повинні встановлюватися впритул, але так, щоб між модулем і дахом був простір для циркуляції повітря. Виходить, що саме дахові сонячні панелі в спеку втрачають більше своєї ефективності, ніж

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		52

установки, розташовані на землі. Загалом же експерти рекомендують встановлювати сонячні панелі в добре провітрюваних місцях.

Можна порівняти показники різних виробників (табл. 5.1):

Таблиця 5.1 – Температурний коефіцієнт і ефективність панелей різних виробників

Виробник	Температурний коефіцієнт (%/°C)	Ефективність панелі (при 25°C)
ABi-Solar	-0.408 - 0.41	16.63%
JA Solar	-0.39	17.4%
LG	-0.41	18.6%
Panasonic	-0.3	21.6%
SolarWorld	-0.43	17.6%
SunPower	-0.38	22.2%

5.2 Як пори року впливають на ефективність PV-модуля

З приходом літа зростає продуктивність панелей. Довгий літній день в порівнянні із зимою в рази збільшує час роботи, а значить і обсяг виробленої електрики. Але через спеку падає номінальна продуктивність. Наприклад, замість заявленого к.к.д. 16% фактично буде 14-15 %.

Взимку ж, навпаки, на квадратний метр площі буде падати менше світла, але рівень ефективності досягне 18-19 %.

На цей показник впливає і нахил панелі. Справа в тому, що взимку Сонце знаходиться низько над горизонтом, і панель необхідно трохи підняти, а влітку - навпаки, опустити. При цьому краще, щоб панелі були повернені до Сонця.

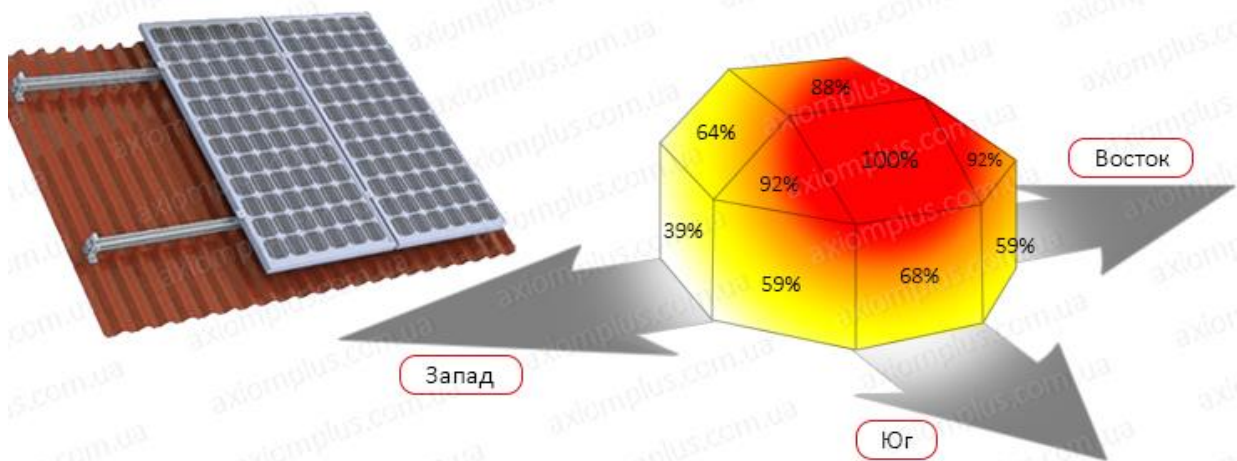


Рисунок 5.2 – Частка сонячної енергії, що падає на панель, за різної її орієнтації.

Кращий варіант, коли схил даху, де змонтовані панелі, спрямований на південь. У двосхилих дахах, орієнтованих з півночі на південь, корисною буде тільки половина покрівлі.

При чому часткова затіненість гірше повної. Особливість роботи інверторів така, що коли частина панелей буде в тіні, це негативно вплине на продуктивність всіх модулів, навіть тих, що знаходяться під Сонцем.

Від цього не тільки падає ефективність, але і псуються самі панелі. Нагріваються кремнієві осередки, зношуються струмоведучі частини. При регулярній частковій затіненості буде знижуватися базовий к.к.д., і ослабнуть контакти між елементами, що вилітяться у відмову певних зон батареї.

Щоб запобігти цьому, однаково освітлені блоки СЕС підключають до окремих МРРТ-клем інвертора (трекерів пошуку точки максимальної потужності), але в більшості моделей таких трекерів буває лише два, а в малопотужних моделях – один.

Якщо на одній з панелей падає продуктивність, інвертор підлаштовується під її струмові характеристики, через що виникають втрати в інших – принцип слабкої ланки. МРРТ-трекер міняє параметри інвертора, за рахунок чого втрати знижуються.

Наприклад, якщо раптом на одну з панелей впаде тінь, втрати на інших ділянках можуть досягати 40%. МРРТ знижує цей показник до 2%.

Для недопущення таких ситуацій важливо, щоб всі панелі однієї ланки були встановлені під однаковим кутом.

Панелі найбільш ефективні, коли промені падають під прямим кутом.

Таке відбувається тільки на екваторі, в загальному випадку промені падають на землю під кутом 56-57 °. Відповідно, щоб вони падали під прямим кутом на поверхню панелі, вона повинна утворювати з горизонтом 33-34 °.

Кут падіння сонячних променів залежить від пори року. Влітку Сонце знаходиться високо, і промені падають під кутом до 69 °, а взимку воно знижується, і нахил складає всього 14 ° (рис. 5.3). Відповідно змінюється і продуктивність панелей.

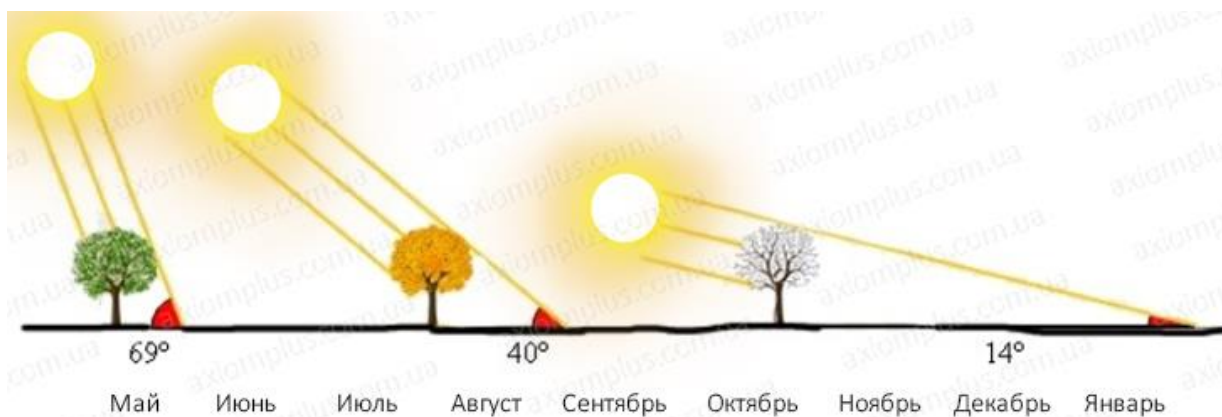


Рисунок 5.3 – Кут нахилу сонячних променів до горизонту впродовж року

Щоб компенсувати нахил даху, застосовують спеціальний каркас, який збільшує або зменшує кут кріплення фотоелементів.

У проектах нових будинків з сонячними батареями нахил даху зазвичай планується ще на етапі будівництва.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3	Лис
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		55

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Небезпечні та шкідливі фактори

До небезпечних факторів відноситься електричний струм та робота на висоті.

7.2 Електробезпека

Для живлення обладнання системи опалення та гарячого водопостачання використовується електричний струм напругою 220 В.

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму. На відміну від інших небезпечних факторів електричний струм не може бути виявлений людиною за допомогою органів, якими її наділила природа. Крім того, небезпека виявляється уже тоді, коли людина уражена. Аналіз смертельних нещасних випадків показує, що на долю травм від ураження електричним струмом на виробництві припадає до 40%, в енергетиці - до 60 % ; велика частина травм (до 80 %) відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (110- 380 В).

Проходячи через живі тканини людини, електричний струм чинить термічну (опіки), електролітичну (електроліз) і біологічну дії. Розрізняють також механічні пошкодження від дії електричного струму. Це призводить до різних порушень в організмі, викликаючи як місцеві травми тканин і органів, так і загальне ураження організму. Розрізняють два види електротравм: місцеві електричні травми і електричні удари.

Однофазні замикання струму, які можуть виникнути в електричних машинах, апаратах, приладах, небезпечні тим, що на корпусах і опорах з'являється напруга, достатня для ураження людини і виникнення пожежі.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		58

Струм замикання створює небезпечну напругу не лише на самому устаткуванні, але і біля нього, розтікаючись з корпусів і фундаментів.

Захист від ураження електричним струмом можна здійснити захисним відключенням (відключають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом), захисним заземленням (знижують напругу дотику і кроку), зануленням (відключають устаткування і знижують напругу дотику і кроку на період, поки не спрацює апарат вимикання).

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) всі електричні установки діляться на дві групи залежно від напруги: до 1000 В і понад 1000 В. Електрообладнання системи сонячного гарячого водопостачання відноситься до першої групи – з напругою до 1000 В.

Виробничі приміщення всіх типів залежно від ступеня небезпеки ураження електричним струмом діляться на три категорії.

Дане приміщення відноситься до першої категорії – без підвищеної небезпеки – сухе, з нормальною температурою, без струмопровідного пилю, з ізолюючою підлогою.

7.3 Класифікація виробництва за вибухопожежною небезпекою

Згідно з [19] за вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення та будинки поділяють на категорії А, Б, В, Г та Д.

Приміщення, в якому розміщено обладнання, відноситься до категорії Д.

7.4 Об'ємно-планувальні рішення

Обладнання, що входить до складу установки, встановлено в технічному приміщенні будинку.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						59
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

7.5 Пожежна профілактика

Будинок, в якому розміщена установка, має перший ступінь вогнестійкості – несучі конструкції та сходові клітки – 2,5 год, самонесучі – 1,25 год, несучі конструкції перекриття – 0,5 год, балки, ферми, рами – 0,5 год. Технічне приміщення відділяється від суміжних приміщень перекриттями, що не згорають, з границею вогнестійкості не менше 0,75 год.

Як засіб пожежогасіння передбачено вуглекислотний вогнегасник ОУ-2А.

7.6 Робота на висоті

7.6.1 Що належить до робіт на висоті

Задля «встановлення єдиного порядку організації і виконання робіт на висоті» було розроблено Правила охорони праці при роботі на висоті, затверджені наказом Держгірпромнагляду від 27.03.2007 № 62 (НПАОП 0.00-1.15-07; далі — Правила).

Роботи на висоті слід відносити до категорії робіт з підвищеною небезпекою. Роботами на висоті вважаються роботи, при яких робітник знаходиться на висоті 1,3 м і більше від поверхні ґрунту, перекриття або робочого настилу і на відстані менше 2 м від межі перепаду по висоті.

7.6.2 Головні небезпечні фактори при роботі на висоті

Головною небезпекою при виконанні робіт на висоті є розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги). У зв'язку з цим виникає великий ризик падіння працівника з висоти або падіння предметів на працівників, які перебувають знизу в безпосередній близькості.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		60

Даний вид робіт слід проводити із встановлених лісів. Настил риштувань повинен мати огороження відповідно до вимог ГОСТ 12.4.059-89. При неможливості обладнання цих огорожень або недостатності місця для установки лісів роботи на висоті необхідно виконувати з використанням запобіжних поясів та страхувальних канатів по ГОСТ 12.4.107-82.

Роботи, які проводяться на висоті більше 5 м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу, вважаються верхолазними. Дані роботи проводяться безпосередньо з конструкцій або обладнання при їх монтажі або ремонті при цьому основним засобом, що оберігає працівника від падіння, є запобіжний пояс.

Головною безпекою при виконанні робіт на висоті є розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги). У зв'язку з цим виникає великий ризик падіння працівника з висоти або падіння предметів на працівників, які перебувають знизу в безпосередній близькості.

Супутні небезпечні виробничі фактори

- небезпека виникнення порізів склом або іншими гострими предметами;
- небезпека одержання електротравми при недотриманні вимог норм електробезпеки;
- небезпека отримання опіків при недотриманні вимог норм пожежної безпеки.

7.6.3 Вимоги до персоналу при роботі на висоті

До виконання робіт, пов'язаних з підйомом на висоту і на висоті, можуть бути допущені тільки працівник у віці старше 18 років, які вивчили інструкції з охорони праці при роботі на висоті, отримали вступний інструктаж та первинний на робочому місці.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		61

У закладі повинна бути призначена особа (особи), відповідальна за безпечне виконання робіт, пов'язаних з підйомом на висоту і на висоті, і особа, яка тимчасово заміняє його у періоди його відсутності. Призначені працівники у своїй діяльності зобов'язані керуватися вимогами правил.

До виконання даного виду робіт співробітники допускаються виключно за відсутності протипоказань до даного виду роботи після проходження попереднього або щорічного медичного огляду. Виконробу забороняється видавати працівнику дозвіл на проведення робіт, пов'язаних з підйомом на висоту і на висоті, якщо у нього з'явилися сумніви щодо стану здоров'я працівника, або якщо від працівник надав усну чи письмову заяву про погіршення самопочуття.

7.6.4 Вимоги до засобів підйому для роботи на висоті

Тятиви приставних сходів і драбин для забезпечення стійкої установки повинні бути розбіжними знизу. Ширина приставної драбини вгорі повинна бути не менше 300 мм, знизу - не менш 400 мм.

У драбин має бути справним пристрій, який запобігає можливості зсуву та перекидання під час роботи. На нижніх кінцях приставних драбин і сходів повинні бути передбачені конструкцією металеві підп'ятники з гострими наконечниками для надійної фіксації на ґрунті, а при використанні їх на гладких поверхнях (паркеті, металі, плитці, бетоні) необхідно надягати на них накладки з гуми або іншого матеріалу, який запобігає ковзанню.

Упори, розташовані на кінцях тятиви, повинні щільно прилягати та бути надійно закріпленими, не мати люфту. У разі, якщо гумові накладки стерлись, їх слід замінити на нові, а тупі наконечники необхідно загострити.

Сходи та драбини перед кожним застосуванням повинні бути оглянуті виконавцем робіт. При проведенні огляду металевих драбин слід приділити

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		62

увагу відсутності деформації вузлів, тріщин у металі, задирок, гострих країв; всі кріплення сходинок до тятив не повинні мати пошкоджень.

Усі переносні драбини повинні випробовуватись статичним навантаженням відразу після виготовлення або після закінчення капітального ремонту, а також у процесі експлуатації:

- сходи та драбини металеві - один раз на 12 місяців;
- драбини дерев'яні - один раз на 6 місяців.

7.6.5 Вимоги до засобів індивідуального захисту від падіння з висоти

До засобів індивідуального захисту від падіння з висоти належать:

- запобіжні пояси, що відповідають ГОСТ Р 50849-96, ГОСТ 12.4.184-95;
- уловлювачі з вертикальним канатом або іншими пристроями;
- канати страхувальні по ГОСТ 12.4.107-82;
- каски будівельні по ГОСТ 12.4.087-84.

На засоби індивідуального захисту від падіння з висоти повинні бути наявності сертифікати якості. Використовувати засоби індивідуального захисту, на які загублена технічна документація, суворо забороняється.

Вибір засобів індивідуального захисту необхідно проводити з урахуванням вимог безпеки для кожного конкретного виду робіт. При виборі засобів індивідуального захисту важливо враховувати конкретні умови, вид і тривалість впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Працівникам слід правильно використовувати надані в їхнє розпорядження засоби індивідуального захисту.

Крім зазначених вище, працівники для безпечного виконання робіт на висоті можуть забезпечуватися додатково:

- спеціальним одягом, залежно від впливу шкідливих виробничих чинників;
- захисними окулярами, щитками або екранами для захисту очей і обличчя від пилу, яскравого світла тощо;

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		63

- захисними рукавицями, захисними кремами та іншими засобами, що використовуються для захисту рук;
- спеціальним взуттям відповідного типу при ймовірності отримання травм ніг;
- засобами для захисту органів дихання відповідно до виконуваних робіт;
- запобіжними поясами з незалежно закріпленими стропами для забезпечення захисту працівника від падіння з висоти;
- сигнальними жилетами при необхідності виконання робіт у місцях руху транспортних засобів.

Працівникам, які мають зір з відхиленням від норми, повинні видаватися захисні окуляри, конструкція яких передбачає спільне застосування з коригуючими окулярами.

7.7 Організація роботи та організація робочого місця

Відповідальність за правильність організації роботи на висоті несе заступник директора з адміністративно-господарської роботи.

При проведенні робіт на висоті слід до початку робіт встановлювати огорожі і позначати межі небезпечних зон.

При необхідності організації робіт на висоті в місцях, де є рух людей, а огорожу встановити неможливо, необхідно призначати другого працівника для охорони місця проведення роботи з метою запобігання випадкових зіткнень із засобами підйому на висоту і виключення потрапляння людей до зони можливого падіння і відльоту предметів з висоти. Тому до початку робіт необхідно визначити і позначити зону можливого відльоту падаючих предметів.

Сигнальне забарвлення інвентарних огорожень повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.4.026-76 - жовтого кольору.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						64
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

На елементах конструкцій огорож повинні бути відсутні гострі кути, різучі кромки, задирки.

Отвори, в які можуть впасти працівники, до початку робіт слід надійно закрити, захистити і позначити знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76.

Не допускається проведення робіт на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, а також при ожеледиці, грозі або тумані.

При виконанні робіт на висоті передбачається можливість проведення заходів щодо екстреної евакуації людей у разі виникнення пожежі або аварії. Засоби оповіщення про пожежу повинні бути справними і достатніми для гарантованого оповіщення всіх працівників на робочих місцях, включаючи тимчасові.

При роботі на драбинах забороняється:

- працювати з приставних драбин, стоячи на сходинці, що знаходиться на відстані менше 1 м від її верхнього кінця;
- працювати з двох верхніх сходинок драбин при відсутності у них перил або упорів;
- перебувати на сходах приставної драбини або драбини одночасно більш ніж одній людині;
- влаштовувати додаткові опорні споруди з підручних матеріалів (ящиків, бочок тощо) у разі недостатньої довжини сходів;
- робота з випадкових підставок (ящиків, бочок тощо), а також з ферм, крокв, підвіконь тощо.

При необхідності виконання навіть короточасних робіт з приставних сходів на висоті 1,3 м і вище обов'язково використовувати запобіжні пояси. До початку роботи працівники повинні бути проінструктовані, де і яким чином слід підніматися, до чого виконувати кріплення карабінів запобіжних поясів.

На час робіт на висоті рух людей вниз слід заборонити і огородити небезпечну зону на відстань не менше 0,3 висоти сходів, лісів або риштування і позначити знаками безпеки.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						65
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Не дозволяється виконувати зварювальні роботи, роботи із застосуванням електрифікованого, пневматичного, піротехнічного інструменту на переносних сходах і драбинах. Виконання таких робіт необхідно проводити тільки з лісів, риштування або драбин з верхніми площадками, які мають перильне огородження.

Драбини слід використовувати такі, конструкцією яких забезпечено наявність пристосувань (крюків, ланцюгів), які не дозволяють їм мимовільно розсуватися під час роботи. Ухил драбин повинен бути не більше 1:3.

При проведенні робіт з приставних сходів у місцях зі жвавим рухом людей або транспортних засобів, для попередження можливого її падіння від випадкових поштовхів, незалежно від присутності на кінцях сходів наконечників, місце її установки слід огороджувати або охороняти. У випадках, коли неможливо забезпечити закріплення сходів при установці їх на гладкій плитковій підлозі, біля її основи необхідно стояти працівникові в касці і утримувати сходи в стійкому положенні. В інших випадках утримувати від падіння сходи внизу руками забороняється.

Встановлювати сходи на щаблі маршової сходової клітки категорично заборонено. У разі необхідності на сходових клітках мають бути споруджені риштування.

При переміщенні драбини удвох слід нести її наконечниками назад, попереджаючи зустрічних про обережність. При переміщенні драбини одним робітником вона повинна знаходитися в похилому положенні так, щоб забезпечити підведення її переднього кінця над землею не вище 2 м.

7.8 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Згідно з інструкцією з охорони праці при виконанні робіт на висоті і виявленні несправностей інструменту і обладнання чи створення аварійної ситуації при виконанні робіт, необхідно:

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						66
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- негайно припинити роботу;
- попередити оточуючих про небезпеку;
- негайно повідомити керівнику про небезпеку, сприяти усуненню аварійної обстановки;
- надати першу долікарську допомогу потерпілому, викликати швидку допомогу або вжити заходів щодо транспортування його до медичного закладу.

7.9 Освітлення

Освітлення відноситься до одного з основних зовнішніх чинників, що постійно впливають на людину в процесі праці. Позитивний вплив освітлення на продуктивність праці і його якість не викликає сумніву. Так, сонячне освітлення збільшує продуктивність праці в середньому на 10%, а штучне на 13%, при цьому можливість браку знижується на 20-25%.

Ретельний і регулярний догляд за установками природного і штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, зокрема, забезпечення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

Чищення скла світлових отворів повинне проводитися не рідше 2 раз на рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше 4 раз на рік для приміщень із значними виділеннями пилу, для світильників - 4 - 12 раз на рік, залежно від характеру запиленості виробничого приміщення.

Своєчасно потрібно замінювати лампи, що перегоріли, перевіряти рівень освітленості в контрольних точках виробничого приміщення.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						67
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

8 Долікарська допомога

8.1 Перша допомога при ураженні електричним струмом

Долікарська допомога потерпілому від електричного струму складається з двох послідовних етапів. Перш за все необхідно швидко звільнити людину, що потерпіла від дії струму, і потім негайно приступити до надання першої допомоги.

Звільнити людину, що потерпіла від дії струму, можна декількома засобами.

Найбільш простий засіб - відключення відповідної частини електроустановки. Окрім того, при напрузі до 1000 В можна перерізувати або перерубати дроти або відтягнути потерпілого від струмоведучої частини, відкинути від нього дріт і так далі. При напрузі вище 1000 В застосовують ті ж способи, але при цьому обов'язково застосовують діелектричні рукавички, боти.

Після звільнення потерпілого від дії струму, йому надають необхідну медичну допомогу тут же на місці.

Заходи першої медичної допомоги залежать від його стану. Якщо потерпілий в свідомості, але до цього був в непритомності або нетривалий час знаходився під впливом струму, йому необхідно створити повний спокій. За відсутності свідомості, але якщо збереглося дихання, слід укласти потерпілого на м'яку підстилку, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт.

За відсутності ознак життя, тобто за відсутності дихання, серцебиття, пульсу, не можна вважати потерпілого мертвим - необхідно робити штучне дихання і масаж серця до прибуття швидкої допомоги.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		68

8.2 Перша допомога при механічних травмах

Забій

Забій (забиття) - це травма шкіряного покриву без порушення його цілісності. Її можна отримати при падінні, ударі тупим предметом. Травмоване місце стає набряклим. На ньому з'являється синець. Через розрив великих судин під шкірою накопичується кров (гематоми).

Забої можуть порушувати функції пошкодженого органу. Забій м'яких тканин викликає лише біль і помірне обмеження руху кінцівок, натомість забої внутрішніх органів можуть стати навіть причиною смерті.

При забої потрібно забезпечити пошкодженій ділянці тіла спокій. Щоб припинити крововилив у м'які тканини, треба накласти тугу пов'язку та підняти уражену ділянку тіла. Для того, щоб зменшити біль та запальні явища, прикладіть до травмованого місця щось холодне. Дезинфікуйте забій, якщо на ньому є подряпини. При серйозних забоях внутрішніх органів одразу звертайтеся до лікаря.

Розтягнення

Вони можуть виникати через рухи у невласивому для суглоба напрямі і рухах у суглобі, що перевищують його фізіологічний об'єм. Для розтягнень характерна поява різкого місцевого болю. При цьому значно порушуються функції суглобів.

Перша допомога при розтягненнях:

- "І" (ice – лід) – прикладіть лід до місця травми. Це зменшить біль і набряк.
- "С"(compression-тиск) - використовуйте тугу пов'язку на ушкоджений суглоб. Проте пам'ятайте, що вона не повинна порушувати звичайного кровообігу і чутливості шкіри ушкодженої кінцівки.
- "Е"(elevation-підняття) - тримайте травмовану кінцівку вище рівня серця, це допоможе зменшити приплив крові, що дозволить зменшити набряки.

Якщо постраждалий відчуває надмірний біль або травмоване місце дуже набрякло, потрібно звернутися за кваліфікованою допомогою.

Вивих

Це зсув суглобових кінців кісток. Він може супроводжуватися розривом суглобової капсули. Найчастіше вивихи бувають у плечовому суглобі, у суглобах нижньої щелепи та пальців рук.

Ознаки вивиху:

- біль у кінцівці
- деформація ділянки суглоба
- відсутність активних і неможливість пасивних рухів у суглобі
- кінцівка зафіксована у неприродньому положенні
- зміна довжини кінцівки.

Перша допомога при вивиху повинна зменшити біль, тому прикладіть щось холодне до пошкодженого суглоба та випийте знеболювальне. Зафіксуйте пошкоджену кінцівку у тому положенні, яке вона набула вже після травмування. Якщо постраждала нижня кінцівка, потрібно знерухомити її за допомогою шин або підручних засобів. Якщо постраждала верхня - підвішати її на косинці.

Ні в якому разі не вправляйте вивихнути кінцівку. Це може зробити лише людина з медичною освітою.

Перелом

Він буває відкритим і закритим. Для відкритого перелому характерні біль, наявність рани у місці перелому та кровотеча, неприродне положення кінцівки, хрускіт у місці перелому та уламки кістки в рані.

Закритий перелом має ті ж симптоми, проте відсутня рана. На місці перелому утворюється гематома, кінцівка збільшується в об'ємі.

Перша допомога постраждалим з переломом:

1. Спочатку переконайтеся, що навколо безпечно
2. Огляньте постраждалого. Оцініть, чи потерпілий знаходиться при свідомості та частоту його дихання.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		70

3. Викличте екстрену медичну допомогу за номером 103

4. Почніть серцево-легеневу реанімацію, якщо постраждалий не дихає.

Якщо ви побачили у потерпілого ознаки відкритого перелому, надайте першу допомогу у такому порядку:

1. Розріжте одяг над раною

2. Накладіть на рану чисту, стерильну пов'язку

3. Допоможіть травмованій людині прийняти положення, яке завдає найменше болю

4. Зафіксуйте пошкоджену кінцівку (накладіть шину чи використайте підручні засоби)

5. Вкрийте людину термопокривалом/покривалом.

При закритому переломі повторіть теж саме, починаючи з пункту №3. До прибуття екстреної медичної допомоги постійно наглядайте за травмованою людиною. Якщо стан постраждалого до приїзду швидкої почав погіршуватися, зателефонуйте диспетчеру повторно.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						71
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Найбільш поширеними схемами сонячних електростанцій є автономна, мережева і гібридна. Без сумніву, мережева є найвигіднішою в місцях, де є мережева електроенергія. Продаючи надлишок електроенергії державі, можна накопичити досить коштів, щоб оплачувати електроенергію, споживану електрокотлом в опалювальний період. Для генерації надлишкової електроенергії необхідно встановити додаткову кількість сонячних панелей. Але для цього не завжди є вільне місце.

З огляду на вказані обставини технічним рішенням проекту в схемі опалення та гарячого водопостачання будинку передбачено добовий акумулятор тепла. Його ємність вибрана таким чином, щоб можна було накопичити добовий запас електроенергії в період з 23 години до 7 ранку, коли тариф вдвічі менший.

Такий підхід дозволяє зменшити капітальні затрати на спорудження сонячної електростанції та експлуатаційні затрати на функціонування системи опалення та гарячого водопостачання будинку.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лис</i>
						72
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

16. <https://studfile.net/preview/5201626/>
17. Wilo Каталог 2015/2016. Насосы и насосные установки для систем отопления, вентиляции и кондиционирования.
18. <https://alteco.in.ua/products/ybp-240-60-detail>
19. <http://www.ecosvit.net/ua/sistema-na-sonyachnih-batareyah-pidklyuchennya>

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.3</i>	<i>Лист</i>
						74
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		