

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Інженерна інфраструктура та комп'ютерні науки"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

До захисту допущено
завідувач кафедру

Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“ ____ ” ____ 2026 року

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту

освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

спеціальність: 141 “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ”

на тему: “ Розробка енергоефективної системи електричного обігріву
квартири на основі ІЧ-плівки з резервним живленням від СЕС ”

Виконав: здобувач освіти

IV курсу, групи Е-43стн

спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

____ Віталій ЗУБРИЦЬКИЙ

Керівник проєкту _____ Богдан АНТИПЧУК

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2026 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення " Інженерна інфраструктура та комп'ютерні науки "
Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"
галузь знань 14 "Електрична інженерія"
спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“ ____ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧА ОСВІТИ

Зубрицькому Віталію Анатолійовичу

- 1.Тема дипломного проєкту “ Розробка енергоефективної системи електричного обігріву квартири на основі ІЧ-плівки з резервним живленням від СЕС ” та керівник дипломного проєкту Антипчук Богдан Олександрович, затверджені наказом навчального закладу від 06 листопада 2025 року, №433-Н.
2. Строк подання студентом проєкту “__” _____ 2026 року.
3. Вихідні дані до роботи: архітектурно-планувальне рішення квартирному приміщення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Огляд літератури та аналіз існуючих рішень;
 - Енергоефективна система електричного обігріву квартири на основі ІЧ-плівки з резервним живленням від СЕС;
 - Техніко-економічне обґрунтування проєкту;
 - Обґрунтування заходів з охорони праці та техніки безпеки;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Енергонезалежна система опалення квартири на основі ІЧ-плівки та сонячних панелей;
 - Схема електрична принципова. Система фотоелектричного резервування живлення для ІЧ-обігріву квартири.

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
Розділ 1	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
Розділ 2	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
Розділ 3	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
Розділ 4	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
Висновки	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	
ГЧ та технічна документація.	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	10 листопада 2025р.	

7. Дата видачі завдання “10” листопада 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Вступ	27.11.2025р.	
2.	Розділ 1	17.12.2024р.	
3.	Розділ 2	27.01.2026р.	
4.	Розділ 3	11.03.2026р.	
5.	Розділ 4	15.04.2026р.	
8.	Висновки	11.05.2026р.	
9.	Графічна частина та технічна документація	14.05.2026р.	

Здобувач освіти: _____ Віталій ЗУБРИЦЬКИЙ

Керівник проєкту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Розробка енергоефективної системи електричного обігріву квартири на основі ІЧ-плівки з резервним живленням від СЕС ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 72 листів пояснювальної записки, яка включає чотири розділи та графічну частину виконану на 2 листах формату А1 креслярського паперу.

У першому розділі проаналізовано традиційні та сучасні методи опалення, обґрунтовано переваги інфрачервоної плівки порівняно з іншими технологіями (конвекторами, радіаторами, теплою підлогою) та розглянуто досвід інтеграції побутових сонячних електростанцій.

У другому розділі виконано інженерні розрахунки та технічне проєктування системи. Розраховано теплові втрати приміщень, що дозволило визначити необхідну потужність опалення, підібрати площу ІЧ-плівки та кількість терморегуляторів. Значну частину розділу присвячено розробці системи резервного живлення: обґрунтовано схему підключення, розраховано тижневий енергобаланс квартири та визначено параметри ключового обладнання – фотоелектричних панелей, інвертора й акумуляторних батарей. Також підібрано пристрій автоматичного введення резерву (АВР) для забезпечення безперебійної роботи системи.

У третьому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Сформовано повний кошторис витрат на обладнання, розраховано щорічні експлуатаційні витрати та підтверджено інвестиційну привабливість системи. Фінальні розрахунки дозволили визначити термін окупності проєкту, що враховує економію на енергоносіях та генерацію від СЕС.

У четвертому розділі визначено заходи з охорони праці та техніки безпеки. Розглянуто правила безпечної інсталяції та використання ІЧ-плівки, а також регламентовано вимоги до проведення електромонтажних і висотних робіт при встановленні та обслуговуванні сонячних панелей.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	10
1.1 Традиційні системи газового та електричного опалення	10
1.2 Будова та принцип роботи інфрачервоних плівкових систем	13
1.3 Порівняння ефективності інфрачервоної плівки відносно інших технологій опалення	14
1.3.1 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти конвекторів та радіаторів	15
1.3.2 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти кабельної теплої підлоги	16
1.3.3 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти водяної теплої підлоги	17
1.3.4 Заключні положення порівняльного аналізу	18
1.4 Використання сонячних електростанцій у побутових умовах	18
2 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІЧ-ПЛІВКИ З РЕЗЕРВНИМ ЖИВЛЕННЯМ ВІД СЕС	22
2.1 Розрахунок теплових втрат квартири та визначення параметрів електричної потужності для реалізації інфрачервоної системи обігріву	22
2.2 Визначення технічних характеристик та вибір інфрачервоної нагрівальної плівки	33
2.3 Обґрунтування вибору та визначення необхідної кількості терморегуляторів	36
2.4 Обґрунтування та вибір схеми побудови системи резервного електроживлення	40
2.5 Розрахунок загального обсягу тижневого енергоспоживання системи інфрачервоного обігріву квартири	41

					ДП.141.043.023.ПЗ					
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Зубрицький В.А.							У	6	72
Перевір	Антипчук Б.О.									
Н. Контр.	Антипчук Б.О.							ЖАТФК, Гр. Е-42		
Затв.										

2.6 Обґрунтування вибору та розрахунок необхідної кількості фотоелектричних панелей	43
2.7 Обґрунтування вибору та розрахунок параметрів інвертора	46
2.8 Обґрунтування параметрів та підбір акумуляторних батарей	49
2.9 Обґрунтування та вибір пристрою автоматичного введення резерву	52
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	54
3.1 Формування кошторисної вартості реалізації проєкту інфрачервоного електричного обігріву	54
3.2 Розрахунок щорічних експлуатаційних витрат на обслуговування системи інфрачервоного електрообігріву	57
3.3 Обґрунтування інвестиційної привабливості та визначення терміну окупності проєкту	60
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	64
4.1 Охорона праці при інсталяції та використанні плівкових ІЧ-випромінювачів	64
4.2 Техніка безпеки при монтажних та експлуатаційних роботах із фотоелектричними модулями	66
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Сучасний розвиток енергетики та житлово-комунального господарства визначається прагненням до підвищення рівня енергоефективності, скорочення витрат на опалення та активного впровадження відновлюваних джерел енергії. Постійне зростання тарифів на електроенергію та природний газ, а також дедалі гостріші проблеми екологічної безпеки, зумовлюють необхідність пошуку нових технологічних рішень, здатних забезпечити комфортні умови проживання при мінімальних витратах енергоресурсів. У цьому контексті особливого значення набувають системи, які поєднують економічність, екологічність та технологічну інноваційність.

Одним із найбільш перспективних напрямів є використання інфрачервоних (ІЧ) плівкових систем обігріву. Такі системи вирізняються високим коефіцієнтом корисної дії, рівномірним розподілом тепла та простотою монтажу. На відміну від традиційних конвекційних систем, що нагрівають повітря, ІЧ-плівка передає тепло безпосередньо предметам та поверхням у приміщенні, створюючи ефект природного сонячного випромінювання. Це дозволяє формувати комфортний мікроклімат навіть за нижчих температур повітря, зменшуючи при цьому енергетичні витрати. Додатковою перевагою є довговічність матеріалу та можливість інтеграції таких систем у сучасні «розумні» технології управління житлом.

Разом із тим, дедалі більшої актуальності набуває питання енергетичної незалежності та резервного живлення. В умовах нестабільності електропостачання та ймовірних аварійних відключень особливого значення набуває використання сонячних електростанцій (СЕС) як джерела автономної енергії. Інтеграція ІЧ-плівкових систем із сонячною генерацією дозволяє створити комплексне рішення, яке не лише знижує навантаження на

					ДП.141.043.023.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВСТУП					Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Зубрицький В.А.									У	8	72
Перевір	Антипчук Б.О.											
Н. Контр.	Антипчук Б.О.									ЖАТФК, Гр. Е-43стн		
Затв.												

централізовані мережі, але й забезпечує безперебійну роботу системи опалення у критичних ситуаціях. Такий підхід відповідає глобальним тенденціям розвитку «зеленої» енергетики, сприяє зменшенню викидів парникових газів та формує новий рівень автономності житлових будівель.

Метою даного дипломного проєкту є розробка енергоефективної системи електричного обігріву квартири на основі ІЧ-плівки з резервним живленням від сонячної електростанції. У межах виконання проєкту передбачено:

- здійснити аналіз існуючих технологій електричного обігріву та відновлюваних джерел енергії;
- виконати розрахунок теплових характеристик квартири та визначити оптимальну потужність системи;
- підібрати обладнання для реалізації ІЧ-опалення та резервного живлення від СЕС;
- провести оцінку економічної ефективності та екологічного впливу запропонованого рішення.

Практична реалізація такого проєкту сприятиме поширенню інноваційних рішень у сфері житлового опалення, зменшенню залежності від традиційних енергоносіїв, підвищенню рівня енергетичної безпеки домогосподарств та формуванню екологічно орієнтованої моделі споживання енергії.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Традиційні системи газового та електричного опалення

Газове опалення – це одна з найпоширеніших форм теплопостачання, особливо у приватних будинках та багатоквартирних будівлях, які підключені до централізованої газової мережі. Його основою є газовий котел, що нагріває воду для подальшого розподілу тепла через радіатори або систему теплої підлоги.

Існує кілька типів газових котлів, кожен із своїми особливостями (див. рисунок 1.1).

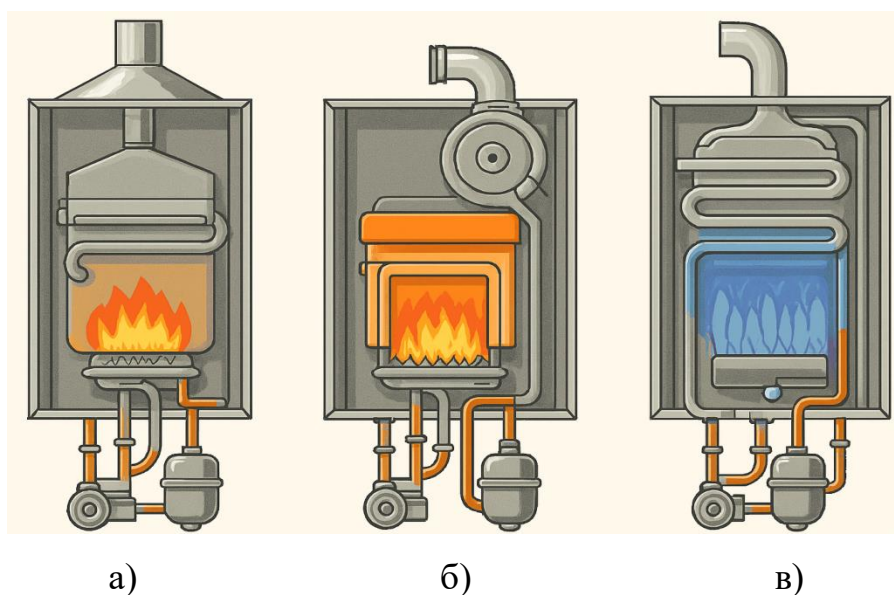


Рисунок 1.1 – Основні типи газових котлів: а) – атмосферний; б) – стурбований; в) – конденсаційний

Атмосферні моделі мають просту конструкцію, але поступаються в ефективності. Турбовані котли оснащені вентилятором, який забезпечує

					ДП.141.043.023.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ		
Розробив	Зубрицький В.А.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	10	72
					ЖАТФК, Гр. Е-43стн		

примусове відведення продуктів згоряння, що підвищує безпеку та продуктивність. Найсучаснішими вважаються конденсаційні котли – вони використовують додаткове тепло, що утворюється при конденсації водяної пари, дозволяючи зменшити споживання газу на 15–20%.

Серед переваг газового опалення варто відзначити високу ефективність, швидке нагрівання приміщень, доступність технології та відносно низьку вартість палива порівняно з електроенергією. Крім того, сучасні котли мають високий коефіцієнт корисної дії, що сприяє економії ресурсів.

Однак системи газового опалення мають і свої недоліки. Їх встановлення потребує отримання спеціальних дозволів та дотримання суворих норм безпеки. Існує ризик витoku газу, що становить потенційну загрозу вибуху. Крім того, продукти згоряння, зокрема CO₂ та NO_x, негативно впливають на навколишнє середовище. Газове опалення також залежить від стабільності централізованих мереж і тарифів, а початкові витрати на монтаж обладнання можуть бути досить високими.

Електричні системи опалення сьогодні широко застосовуються як у квартирах, так і в приватних будинках, адже вони поєднують простоту монтажу з відсутністю необхідності підключення до газових мереж, що робить їх доступними та зручними для багатьох користувачів.

До основних різновидів електроопалення належать кілька типів обладнання, кожен із яких має свої особливості (див. рисунок 1.2).

Електричні конвектори працюють за принципом нагрівання повітря, яке проходить через спеціальний нагрівальний елемент і циркулює у приміщенні, створюючи комфортну температуру, проте їхня дія може призводити до нерівномірного розподілу тепла, коли тепле повітря накопичується під стелею. Масляні радіатори відрізняються здатністю довго утримувати тепло завдяки наявності теплоносія всередині корпусу, що дозволяє підтримувати температуру навіть після вимкнення приладу. Електрокотли застосовуються у водяних системах опалення, де нагріта вода

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

циркулює по трубах і радіаторах, забезпечуючи рівномірний обігрів усього будинку, а системи «тепла підлога» – кабельні або плівкові – рівномірно розподіляють тепло по всій площі підлоги, створюючи особливий комфорт у житлових приміщеннях.

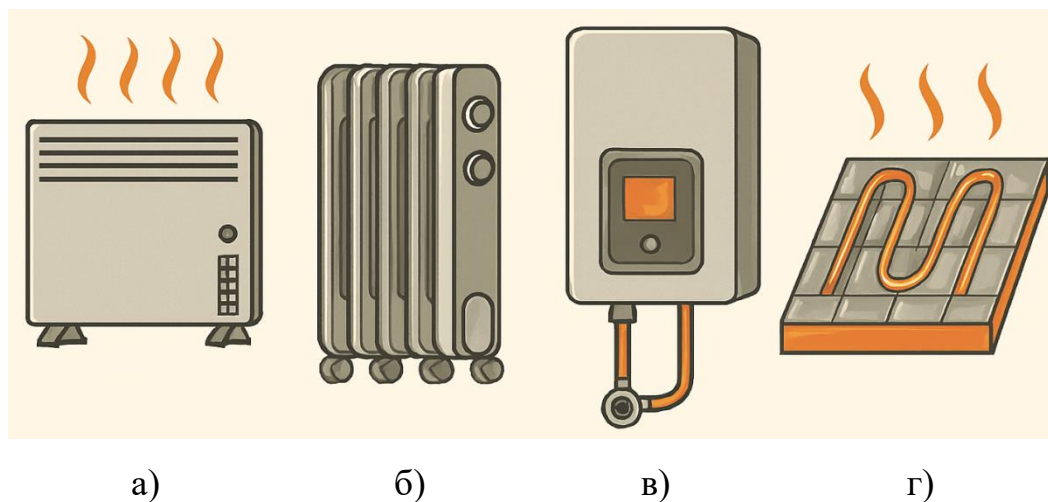


Рисунок 1.2 – Основні різновиди електричного опалення: а) – електричний конвектор; б) – масляний радіатор; в) – електрокотел; г) – система «тепла підлога»

Переваги електроопалення полягають у високому рівні безпеки, адже відсутній ризик витіку газу чи вибуху, у простоті встановлення та обслуговування, у можливості зонального опалення, коли можна обігрівати лише окремі кімнати, а також у його екологічності, оскільки система не утворює продуктів згоряння. Крім того, електроопалення легко інтегрується у сучасні «розумні» системи управління, що дозволяє автоматизувати процеси та оптимізувати витрати енергії.

Водночас такі системи мають і недоліки: високу вартість експлуатації через тарифи на електроенергію, залежність від стабільності електропостачання, обмежену ефективність у великих будинках без якісної теплоізоляції та нерівномірність тепла при використанні лише конвекторів.

Як бачимо, електроопалення є сучасним і безпечним способом створення комфортного мікроклімату в житлових приміщеннях, однак його

вибір потребує врахування як переваг, так і недоліків, щоб система працювала максимально ефективно та економічно.

Отже підсумовуючи все вище сказане можемо зробити висновки про те, що традиційні системи опалення, зокрема електричні та газові, мають як переваги, так і суттєві обмеження. Електроопалення характеризується високим рівнем екологічності та безпеки, проте його експлуатація є фінансово затратною. Газові системи, навпаки, забезпечують економічність у використанні, але потребують складної інфраструктури та супроводжуються екологічними ризиками. Ці недоліки зумовлюють актуальність пошуку альтернативних рішень, серед яких особливу увагу привертають інфрачервоні плівкові системи в поєднанні з сонячними електростанціями, що забезпечують автономність, енергоефективність та екологічну безпечність.

1.2 Будова та принцип роботи інфрачервоних плівкових систем

Інфрачервона плівкова система, відома також як «тепла підлога», являє собою сучасну технологію енергоефективного обігріву, що функціонує на основі випромінювання довгохвильового інфрачервоного тепла, подібного за властивостями до природного сонячного випромінювання.

Інфрачервона плівка являє собою багат шарову конструкцію товщиною близько 0,3–0,5 мм, де кожен елемент виконує свою функцію (див. рисунок 1.3). Основу складають два прозорі полімерні шари (поліетилентерефталат або поліестер), які забезпечують діелектричний захист, стійкість до займання та вологонепроникність. У середині розташовані карбонові смуги, що перетворюють електричну енергію на теплове випромінювання. По краях плівки проходять мідні струмопровідні шини, іноді з посрібленням, які подають напругу на нагрівальні елементи. У місцях з'єднання карбону та міді нанесене срібне покриття, що виконує роль антиіскрової сітки, запобігаючи перегріву та виникненню іскріння.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						13
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

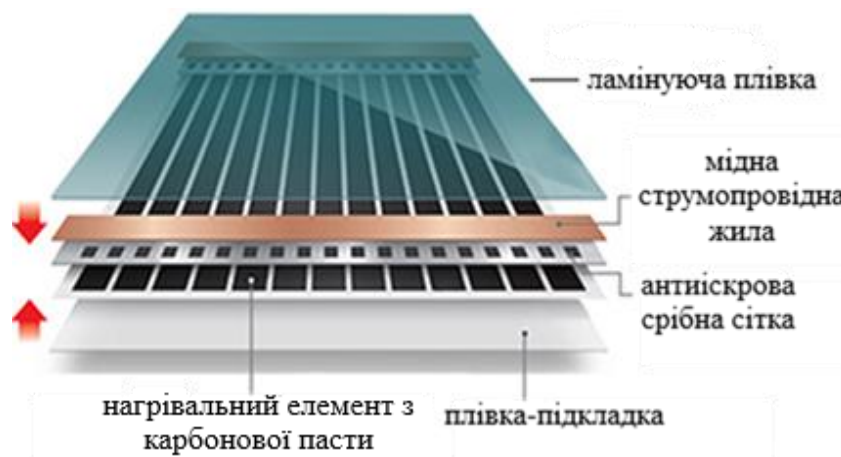


Рисунок 1.3 – Будова інфрачервоної плівки

Принцип роботи інфрачервоної плівки суттєво відрізняється від традиційних радіаторів, які нагрівають повітря за рахунок конвекції. У цьому випадку електричний струм подається через мідні шини до карбонових смуг, що виконують роль нагрівальних елементів. Завдяки електричному опору карбон починає випромінювати довгохвильове інфрачервоне тепло з діапазоном 5–20 мкм. Ці хвилі легко проходять крізь підлогове покриття, таке як ламінат чи лінолеум, і нагрівають не саме повітря, а предмети та людей у приміщенні. Далі вже нагріті поверхні – підлога, меблі та стіни – поступово віддають накопичене тепло навколишньому середовищу, створюючи рівномірний і комфортний мікроклімат. Важливо зазначити, що при такому способі обігріву повітря не перегрівається і не циркулює надмірно, як у випадку з батареями, тому в кімнаті менше підіймається пил і зберігається природний рівень вологості.

1.3 Порівняння ефективності інфрачервоної плівки відносно інших технологій опалення

Вибір системи опалення зазвичай визначається співвідношенням між початковими витратами на монтаж та подальшими експлуатаційними витратами на електроенергію чи газ. Інфрачервона плівка займає особливе місце серед сучасних рішень завдяки своєму принципу роботи – вона

нагріває безпосередньо предмети та поверхні, а не повітря, що забезпечує швидкий і комфортний тепловий ефект.

1.3.1 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти конвекторів та радіаторів

При виборі між інфрачервоною плівкою та традиційними системами опалення ключовою відмінністю є спосіб передачі тепла. Традиційні конвектори та радіатори працюють за принципом конвекції: нагріте повітря стає легшим і піднімається до стелі, а після охолодження опускається вниз, створюючи постійний циклічний рух (див. рисунок 1.4). Це призводить до нераціонального розподілу енергії: найтепліша зона концентрується під стелею, тоді як на рівні ніг повітря залишається прохолодним.

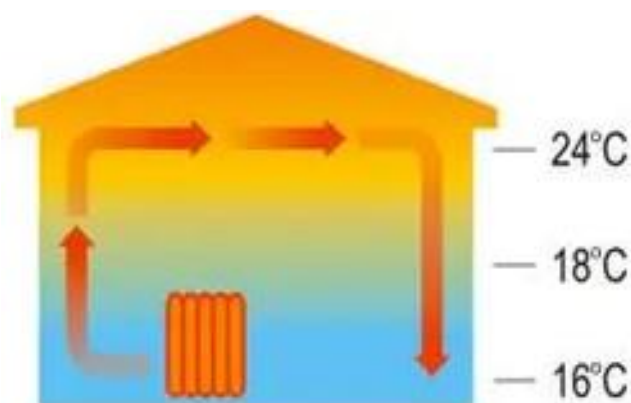


Рисунок 1.4 – Візуалізація теплових потоків у системі з конвекційним принципом роботи

Інфрачервона плівка кардинально змінює цей підхід. Вона випромінює теплові хвилі, які прогрівають безпосередньо підлогу та предмети в зоні перебування людей (див. рисунок 1.5). Такий метод має кілька стратегічних переваг:

- енергоефективність: відсутність накопичення зайвого тепла під стелею (так званої «теплової подушки») дозволяє знизити

споживання електроенергії на 15–25% порівнянні з електроконвекторами при забезпеченні однакового рівня комфорту;

- якість повітря: на відміну від конвекторів, які під час роботи неминуче пересушують повітря та піднімають дрібний пил через активну циркуляцію повітряних мас, ІЧ-випромінювання не впливає на вологість і зберігає середовище чистим;
- локальний комфорт: завдяки прямому нагріву поверхонь, людина відчуває тепло швидше, а мікроклімат у приміщенні стає більш природним і стабільним.

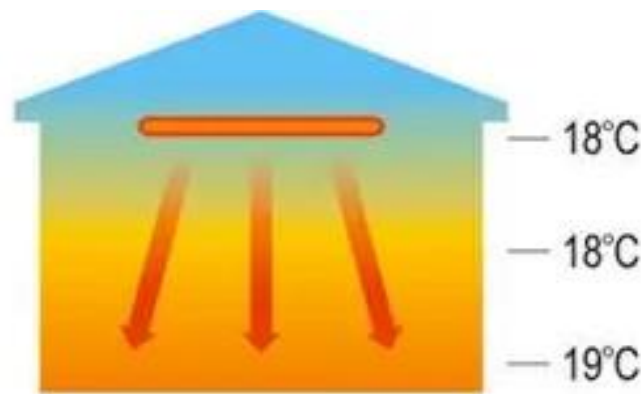


Рисунок 1.5 – Візуалізація теплових потоків у системі з ІЧ-випромінюванням

1.3.2 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти кабельної теплої підлоги

Незважаючи на те, що системи обігріву на базі ІЧ-плівки та кабельної теплої підлоги працюють від електромережі, вони суттєво відрізняються за своєю конструкцією, способом встановлення та принципом тепловіддачі. Вибір між ними зазвичай залежить від фінішного покриття підлоги та приміщення в якому вони будуть встановлені.

Ключові відмінності систем полягають в:

- особливості монтажу: головна перевага ІЧ-плівки – «сухий» монтаж, оскільки вона укладається безпосередньо під ламінат або лінолеум без

використання клею чи цементу; натомість нагрівальний кабель потребує «мокрого» способу – обов’язкового заливки в бетонну стяжку або у шар плиткового клею;

- динаміка нагріву та інерція: ІЧ-плівка відрізняється надзвичайною швидкістю – вона виходить на робочий режим за 5–15 хвилин; кабельна система через необхідність прогрівати шар бетону потребує від 30 до 90 хвилин. Проте кабель має високу теплову інерцію: він довго прогривається, але й значно довше утримує тепло після вимкнення, тоді як плівка охолоджується майже миттєво;
- Збереження висоти приміщення: у випадку низьких стель особливо важливим є конструктивний шар опалення; ІЧ-плівка завдяки товщині лише 0,4 мм не змінює рівень підлоги, тоді як кабельна система разом із бетонною стяжкою зменшує висоту приміщення на 3–5 см.

Таким чином, кабельна система теплої підлоги доцільна для зон із високою вологістю та плитковим покриттям, тоді як інфрачервона плівка забезпечує оптимальне поєднання економічності та комфорту у житлових кімнатах із дерев’яними підлогами.

1.3.3 Порівняльний аналіз: ІЧ-плівка проти водяної теплої підлоги

Водяна тепла підлога традиційно вважається еталоном комфорту, проте її встановлення має низку особливостей:

- складність: система потребує котла, насосів та колекторів, тоді як ІЧ-плівка підключається безпосередньо до електромережі через терморегулятор;
- ремонтпридатність: прорив труби у стяжці означає капітальний ремонт, тоді як пошкодження окремої секції плівки виводить з ладу лише цю ділянку, не впливаючи на роботу всієї системи;

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						17
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вартість: для площ до 60–80 м² монтаж ІЧ-плівки обходиться значно дешевше, ніж облаштування водяної системи.

1.3.4 Заключні положення порівняльного аналізу

Інфрачервоні плівкові системи опалення вирізняються низкою переваг та особливостей монтажу, що робить їх сучасним і практичним рішенням для житлових приміщень. Вони універсальні, адже можуть встановлюватися під різні покриття – ламінат, ковролін, лінолеум, а також монтуватися на стіни чи стелю. Система швидко виходить на робочу температуру, зазвичай протягом кількох хвилин, забезпечуючи оперативний комфорт. Завдяки паралельному з'єднанню карбонових смуг вона залишається працездатною навіть у випадку пошкодження окремої ділянки, що підвищує її ремонтпридатність. Використання терморегулятора дозволяє оптимізувати роботу та знизити витрати електроенергії на 30–40%, роблячи систему економічною.

Разом із тим під час монтажу слід враховувати певні нюанси. Не рекомендується розміщувати низькі меблі без ніжок безпосередньо над плівкою, оскільки це може спричинити перегрів карбонових елементів. Обов'язковим компонентом є терморегулятор, який автоматично вимикає живлення після досягнення заданої температури, запобігаючи пошкодженню підлогового покриття та забезпечуючи безпечну експлуатацію системи.

1.4 Використання сонячних електростанцій у побутових умовах

Сонячні електростанції (СЕС) належать до найбільш перспективних джерел відновлюваної енергії, придатних для забезпечення потреб домогосподарств. Їхнє використання сприяє зменшенню залежності від централізованих електромереж, дозволяє оптимізувати витрати на електропостачання та підвищує рівень екологічної безпеки.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи СЕС полягає у перетворенні сонячного випромінювання на електричну енергію за допомогою фотоелектричних модулів. Отриманий струм може застосовуватися безпосередньо для живлення побутових пристроїв або накопичуватися в акумуляторних системах для подальшого використання.

Використання сонячних електростанцій у побутовій сфері поєднує в собі економічні, технічні та екологічні переваги. Насамперед, такі системи забезпечують економічну доцільність, адже дозволяють істотно скоротити витрати на електроенергію та створюють можливість реалізації надлишкової виробленої енергії у централізовану мережу. Важливим чинником є також енергетична автономність, що дає змогу домогосподарствам залишатися незалежними у випадках перебоїв чи відключень у загальній системі постачання.

Окрім цього, сонячні електростанції характеризуються високим рівнем екологічної безпечності, оскільки їхня експлуатація не супроводжується утворенням шкідливих викидів і сприяє зменшенню вуглецевого навантаження на довкілля. Додатковою перевагою є тривалий термін служби обладнання: сучасні фотоелектричні панелі зберігають ефективність понад 25 років, що робить інвестиції у такі системи стратегічно виправданими та довгостроково вигідними.

До складу побутової сонячної електростанції входять кілька основних елементів, кожен з яких виконує важливу функцію. Фотоелектричні панелі здійснюють перетворення сонячного світла на електричну енергію. Інвертор відповідає за трансформацію постійного струму у змінний, що дозволяє використовувати його для живлення побутових електроприладів. Акумуляторні батареї забезпечують накопичення виробленої енергії та її подальше використання у вечірній і нічний час. Завершальним елементом є система моніторингу, яка контролює процеси генерації та споживання електроенергії, забезпечуючи стабільність та ефективність роботи всієї установки.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від цільового призначення та можливості підключення до централізованої електромережі побутові сонячні електростанції (СЕС) поділяються на три основні типи: Мережеві (On-grid), Автономні (Off-grid), Гібридні (Hybrid).

Мережеві (On-grid) – це найпоширеніший варіант, який застосовується для роботи за «зеленим» тарифом або за схемою Net Billing (див. рисунок 1.6). Такі системи складаються з сонячних панелей та мережевого інвертора, проте не функціонують у разі відключення електроенергії, оскільки не обладнані акумуляторними батареями.

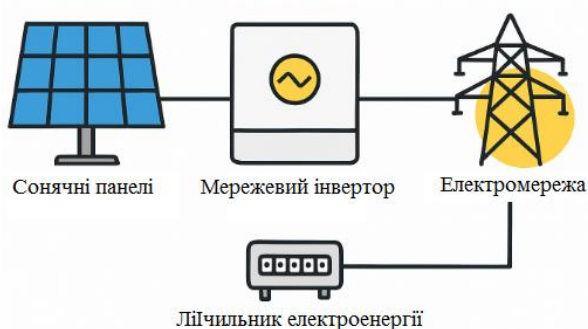


Рисунок 1.6 – Структурна схема мережевої (On-grid) СЕС

Автономні (Off-grid) – використовуються переважно у віддалених районах, де відсутнє підключення до централізованої мережі (див. рисунок 1.7). До складу системи входять акумуляторні батареї та контролер заряду, що забезпечує накопичення надлишкової енергії для її подальшого використання, зокрема в нічний час.

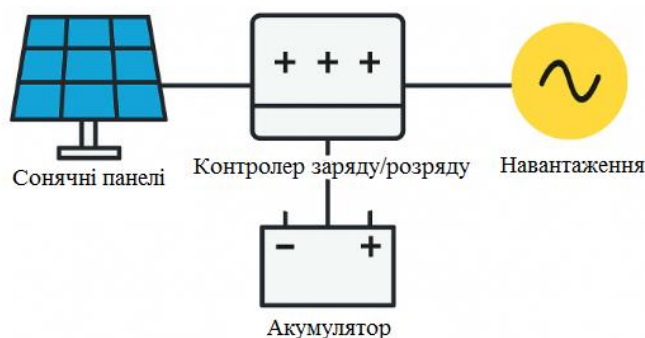


Рисунок 1.7 – Структурна схема автономної (Off-grid) СЕС

Гібридні (Hybrid) – вважаються найбільш універсальним рішенням для сучасних домогосподарств, оскільки поєднують переваги мережових та автономних систем (див. рисунок 1.8). Вони здатні передавати надлишок виробленої енергії до мережі та одночасно забезпечувати резервне живлення об'єкта у випадку аварійних відключень.

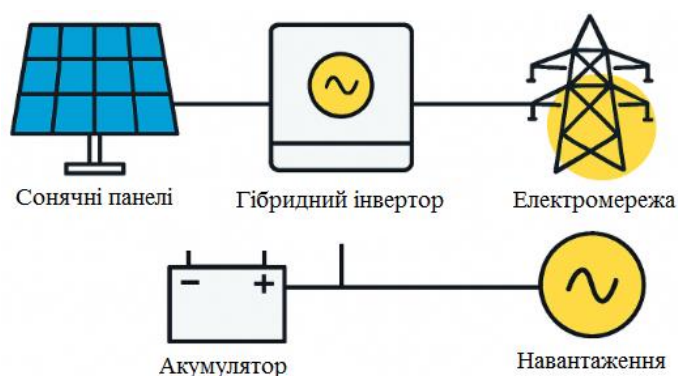


Рисунок 1.8 – Структурна схема гібридної (Hybrid) СЕС

В таблиці 1.1 наведено порівняльний аналіз характеристик всіх трьох типів побутових сонячних електростанцій.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика основних типів СЕС

Тип СЕС	Характеристика	Переваги	Недоліки
Мережеві (On-grid)	Підключені до централізованої мережі	Можливість продажу надлишків електроенергії, відсутність акумуляторів	Залежність від мережі
Автономні (Off-grid)	Працюють незалежно від мережі	Повна енергетична незалежність	Висока вартість акумуляторів
Гібридні (Hybrid)	Поєднання мережевої та автономної системи	Гнучкість, оптимальне використання енергії	Складність системи, вища ціна

2 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІЧ-ПЛІВКИ З РЕЗЕРВНИМ ЖИВЛЕННЯМ ВІД СЕС

2.1 Розрахунок теплових втрат квартири та визначення параметрів електричної потужності для реалізації інфрачервоної системи обігріву

Визначення теплових втрат приміщення є фундаментальним етапом проектування, що детермінує вибір джерела енергії, його встановлену потужність та техніко-економічні показники системи в цілому. Попри існуючу думку про ідентичність розрахунків для різних типів систем, детальний аналіз теплофізичних процесів свідчить про наявність суттєвих відмінностей при впровадженні інфрачервоного (променистого) опалення порівняно з традиційним конвекційним.

Методика розрахунку електричної системи інфрачервоного обігріву для житлового об'єкта передбачає таку послідовність:

- теплотехнічний аудит зовнішніх огорожувальних конструкцій приміщення;
- кількісне визначення тепловтрат через термічний опір конструкцій та інфільтрацію;
- обчислення розрахункової електричної потужності системи для компенсації теплових втрат.

Об'єктом дослідження є житлове квартирне приміщення, архітектурно-планувальне рішення якого наведено на рисунку 2.1, а вихідні параметри для розрахунку систематизовано в таблиці 2.1.

З метою забезпечення точності теплотехнічного балансу, до розрахункової моделі включено виключно житлові кімнати. Неопалювані

					ДП.141.043.023.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Зубрицький В.А.				2 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІЧ-ПЛІВКИ З РЕЗЕРВНИМ ЖИВЛЕННЯМ ВІД СЕС		
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.				ЖАТФК, Гр. Е-43стн		
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	22	72

зони (тераси, лоджії, балкони), а також допоміжні приміщення малої площі (гардеробні, комори), відповідно до завдання проєкту, до уваги не бралися.



Рисунок 2.1 – Архітектурно-планувальне рішення квартирної приміщення

Таблиця 2.1 – Вихідні параметри квартирної приміщення

№	Найменування параметра	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Коридор				
1	Загальна площа	S	6,5	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _k	---	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій	S _w	---	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	7×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Продовження таблиці 2.1

№	Найменування параметра	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Ванна кімната				
1	Загальна площа	S	4,24	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _к	10,3	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій	S _w	---	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	1×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Туалет				
1	Загальна площа	S	3,8	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _к	4,63	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій	S _w	---	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	1×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Кухня				
1	Загальна площа	S	6,4	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _к	10,85	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій (1,46м x 1,42м)	S _w	2,07	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	1×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Продовження таблиці 2.1

№	Найменування параметра	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Вітальня				
1	Загальна площа	S	9,7	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _k	12,34	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій (1,46м x 2,2м)	S _w	3,21	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	1×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Спальня кімната №1				
1	Загальна площа	S	9,7	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _k	12,34	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій (1,46м x 2,2м)	S _w	3,21	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	1×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Спальня кімната №2				
1	Загальна площа	S	9,5	м ²
2	Висота стелі	h	2,5	м
3	Температурний показник внутрішнього простору	t _в	20	С ⁰
4	Температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період)	t _н	-15	С ⁰
5	Площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище	A _k	11,43	м ²
6	Загальна площа віконних конструкцій (1,46м x 1,42м)	S _w	2,07	м ²
7	Загальна площа дверних конструкцій (0,9м x 2м)	S _d	2×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Теплотехнічний аналіз об'єкта розпочинається з обчислення втрат теплової енергії через зовнішні огорожувальні конструкції для кожного окремого приміщення. Величину цих тепловтрат визначають за такою залежністю:

$$Q_a = \left(\left(\sum \frac{A_k}{R_k} \right) \cdot (t_b - t_n) \cdot \left(1 + \sum b \right) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де :

A_k – площа стінових огорожень, орієнтованих на зовнішнє середовище, m^2 ;

R_k – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, згідно з нормативними вимогами [5] його значення приймають рівним $1,8 m^2/K \cdot Вт$;

t_b – температурний показник внутрішнього простору, $С^0$;

t_n – температурний показник зовнішнього простору (в зимовий період), $С^0$;

$\sum b$ – коефіцієнт додаткових тепловтрат, значення якого прийнято згідно з нормативними вимогами [5]; для нашого об'єкта розрахунку він становить 0,05;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій стосовно зовнішнього повітря, значення якого згідно з [5] прийнято рівним 0,8.

Узагальнені результати теплотехнічного розрахунку втрат енергії у кожному приміщенні нашої квартири представлені нижче:

$$Q_{a(\text{ванна кімн.})} = \frac{10,3}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{туалет})} = \frac{4,63}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{кухня})} = \frac{10,85}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ кВт};$$

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$Q_{a(\text{вітальня})} = \frac{12,34}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{сп.кімн.1})} = \frac{12,34}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{сп.кімн.2})} = \frac{11,43}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ кВт}.$$

Враховуючи внутрішнє розташування приміщення коридору а також відсутність у ньому зон контакту із зовнішнім повітрям, теплові втрати крізь огорожувальні конструкції цього приміщень не розраховуються і приймаються рівними значенню: $Q_{a(\text{коридор})} = 0 \text{ кВт}$.

Наступним етапом розрахунку є визначення теплових втрат на нагрівання вентиляційного повітря для кожного приміщення квартири. Зазначена величина обчислюється за формулою:

$$Q_{B1} = 0,337 \cdot S \cdot h \cdot (t_v - t_n) \cdot K \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де:

S – загальна площа приміщення, м^2 ;

h – висота стелі приміщення, м ;

K – нормативна кратність повітрообміну в приміщенні, год^{-1} .

Оскільки висота стелі в усіх приміщеннях квартири становить 2,5 м, кратність повітрообміну відповідно до нормативів [5] встановлено на рівні 2 год^{-1} . Шляхом підстановки параметрів із табл. 2.1 у формулу (2.2), визначено наступні значення:

$$Q_{B1(\text{коридор})} = 0,337 \cdot 6,5 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (ванна кімн.)}} = 0,337 \cdot 4,24 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,25 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (туалет)}} = 0,337 \cdot 3,8 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (кухня)}} = 0,337 \cdot 6,4 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (вітальня)}} = 0,337 \cdot 9,7 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (сп.кімн.1)}} = 0,337 \cdot 9,7 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (сп.кімн.2)}} = 0,337 \cdot 9,5 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,56 \text{ кВт}.$$

Для повного врахування теплового балансу необхідно визначити витрати теплової енергії на підігрів інфільтраційного повітря, що надходить крізь дверні проходи. Розрахунок проводиться з використанням наступної залежності:

$$Q_{B2} = 0,7 \cdot V \cdot (h + 0,8 \cdot p) \cdot (t_v - t_n) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де:

V – загальна кількість дверних прорізів (дверей) у розрахунковому приміщенні, од.;

p – розрахункова кількість осіб, що одночасно перебувають у приміщенні, чол.

Проект розробки системи електричного інфрачервоного обігріву базується на умовах постійного проживання в заданій, у відповідності до технічного завдання, квартирі сім'ї з чотирьох осіб. Відповідно до цього, при визначенні теплових втрат показник кількості осіб p прийнято таким чином:

для спальних кімнат $p = 2$ чол.; для вітальні та кухні – $p = 4$ чол.; для інших приміщень об'єкта встановлено значення $p = 1$ чол.

Результати обчислень за виразом (2.3) мають такий вигляд:

$$Q_{B2 \text{ (коридор)}} = 0,7 \cdot 7 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (ванна кімн.)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (туалет)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (кухня)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 4) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (вітальня)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 4) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (сп.кімн.1)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 2) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (сп.кімн.2)}} = 0,7 \cdot 2 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 2) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ кВт}.$$

На основі отриманих складових визначимо загальні розрахункові тепловтрати Q_1 для кожного приміщення трикімнатної квартири за формулою:

$$Q_1 = Q_a + Q_{B1} + Q_{B2}, \quad (2.4)$$

де:

Q_a – втрати теплової енергії через зовнішні огорожувальні конструкції для кожного окремого приміщення квартири, кВт;

Q_{B1} – втрати теплової енергії на нагрівання вентиляційного повітря для кожного окремого приміщення квартири, кВт;

Q_{B2} – втрати теплової енергії на підігрів інфільтраційного повітря, що надходить крізь дверні проходи, кВт.

Отримані результати за виразом 2.4 становлять:

$$Q_{1 \text{ (коридор)}} = 0 + 0,38 + 0,57 = 0,95 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (ванна кімн.)}} = 0,17 + 0,25 + 0,08 = 0,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (туалет)}} = 0,08 + 0,22 + 0,08 = 0,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (кухня)}} = 0,18 + 0,38 + 0,14 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (вітальня)}} = 0,2 + 0,57 + 0,14 = 0,91 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (сп.кімн.1)}} = 0,2 + 0,57 + 0,1 = 0,87 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (сп.кімн.2)}} = 0,19 + 0,56 + 0,2 = 0,95 \text{ кВт}.$$

Наступним етапом є визначення величини внутрішніх теплових надходжень від системи штучного освітлення та людей, які перебувають у приміщеннях квартири:

$$Q_{\text{тп}} = 0,01 \cdot S, \quad (2.5)$$

де:

$Q_{\text{тп}}$ – величина сумарного теплового потоку від внутрішніх джерел, кВт;

S – загальна площа приміщення, м^2 ;

Будемо мати, що:

$$Q_{\text{тп (коридор)}} = 0,01 \cdot 6,5 = 0,065 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (ванна кімн.)}} = 0,01 \cdot 4,24 = 0,042 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (туалет)}} = 0,01 \cdot 3,8 = 0,038 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (кухня)}} = 0,01 \cdot 6,4 = 0,064 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (вітальня)}} = 0,01 \cdot 9,7 = 0,097 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (сп.кімн.1)}} = 0,01 \cdot 9,7 = 0,097 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (сп.кімн.2)}} = 0,01 \cdot 9,5 = 0,095 \text{ кВт}.$$

На основі результатів обчислень за виразами (2.4) та (2.5) визначимо підсумковий тепловий баланс (загальні тепловтрати) для кожного приміщення квартири:

$$Q = Q_1 - Q_{\text{тп}} . \quad (2.6)$$

Отримаємо:

$$Q_{\text{(коридор)}} = 0,95 - 0,065 = 0,885 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(ванна кімн.)}} = 0,5 - 0,042 = 0,458 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(туалет)}} = 0,38 - 0,038 = 0,342 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(кухня)}} = 0,7 - 0,064 = 0,636 \text{ кВт};$$

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						31
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{(вітальня)}} = 0,91 - 0,097 = 0,813 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(сп.кімн.1)}} = 0,87 - 0,097 = 0,773 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(сп.кімн.2)}} = 0,95 - 0,095 = 0,855 \text{ кВт}.$$

Наступним етапом є розрахунок електричної потужності P системи обігріву на базі інфрачервоної плівки для кожного приміщення квартири. При обчисленнях враховуються значення загальних тепловтрат, визначених за формулою (2.6). Розрахунок виконується за наступною залежністю:

$$P \geq 1,3 \cdot Q . \quad (2.7)$$

Отже, матимемо, що:

$$P_{\text{(коридор)}} \geq 1,3 \cdot 0,885 \geq 1,15 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(ванна кімн.)}} \geq 1,3 \cdot 0,458 \geq 0,6 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(туалет)}} \geq 1,3 \cdot 0,342 \geq 0,45 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(кухня)}} \geq 1,3 \cdot 0,636 \geq 0,83 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(вітальня)}} \geq 1,3 \cdot 0,813 \geq 1,07 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(сп.кімн.1)}} \geq 1,3 \cdot 0,773 \geq 1,01 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{(сп.кімн.2)}} \geq 1,3 \cdot 0,855 \geq 1,11 \text{ кВт}.$$

Величину загальної електричної потужності системи обігріву на базі ІЧ-плівки визначимо за виразом:

$$P_{\text{заг}} = \sum P_i , \quad (2.8)$$

де:

P_i – розрахункова електрична потужність системи інфрачервоного обігріву для окремого приміщення квартири, кВт.

В результаті отримаємо, що:

$$P_{\text{заг}} = 1,15 + 0,6 + 0,45 + 0,83 + 1,07 + 1,01 + 1,11 = 6,22 \text{ кВт} .$$

2.2 Визначення технічних характеристик та вибір інфрачервоної нагрівальної плівки

На вітчизняному ринку електричного обігріву наявний великий вибір ІЧ-плівок для монтажу на будь-які поверхні (підлогу, стіни, стелю). Популярністю користуються марки Heat Plus, Daewoo та Hi Heat. Останню було обрано як оптимальний варіант за співвідношенням «ціна-якість».

Технічні переваги обраної плівки Hi Heat (Південна Корея):

- надійність: 5-шарова структура товщиною 0,338 мм та матова ізоляція, стійка до механічних пошкоджень;
- термостійкість: температура плавлення досягає 110°C;
- технологічність: наявність пластифікаторів у карбоновому шарі запобігає локальному перегріву;
- ефективність контакту: використання срібної шини забезпечує мінімальний електричний опір у місцях підключення.

На рисунку 2.2 зображено зовнішній вигляд ІЧ-плівки Ні Heat, а її основні характеристики наведені у таблиці 2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд електричної інфрачервоної плівки виробника Ні Heat

Таблиця 3.2 – Характеристики інфрачервоної плівки Ні Heat

Встановлена потужність на 1 м ² :	220 Вт
Номінальне значення напруги живлення:	230 В (+/- 5%)
Питома потужність на погонний метр:	50 см – 110 Вт, 80 см – 180 Вт, 100 см – 220 Вт
Гранична напруга живлення змінного струму:	500 В
Максимально допустима робоча температура:	(+45 C ⁰)
Зовнішній діаметр:	0,338 мм

На основі результатів розрахунку електричної потужності, проведеного у підрозділі 2.1 за виразом 2.7, визначимо необхідну кількість інфрачервоної плівки для кожної кімнати. Для забезпечення надійного обігріву фактична потужність встановленого обладнання має перевищувати або дорівнювати розрахунковій потужності системи обігріву для відповідного приміщення:

$$P_{\text{ІЧ-плівки}} \geq P_i , \quad (2.9)$$

де:

$P_{\text{ІЧ-плівки}}$ — фактична потужність підбраного комплекту інфрачервоної плівки для окремого приміщення, кВт;

P_i – розрахункова електрична потужність системи інфрачервоного обігріву для окремого приміщення квартири, кВт.

На основі вихідних даних таблиці 2.2 та з використанням розрахункової залежності 2.9 визначено необхідну площу нагрівальної інфрачервоної плівки для кожного приміщення квартирної об'єкта. Отримані результати, що забезпечують нормативні показники обігріву, систематизовано та представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку необхідної площі інфрачервоної плівки

Р _{кімнати} , кВт	Тип ІЧ-плівки	Площа ІЧ-плівки, м ²	Р _{ІЧ-плівки на 1 м²} , Вт	Р _{ІЧ-плівки кімн.} , кВт
Коридор				
1,15	Hi Heat	5,3	220	1,17
Ванна кімната				
0,6	Hi Heat	2,7	220	0,6
Туалет				
0,45	Hi Heat	2,1	220	0,46
Кухня				
0,83	Hi Heat	3,8	220	0,84
Вітальня				
1,07	Hi Heat	4,9	220	1,08
Спальня кімната 1				
1,01	Hi Heat	4,6	220	1,01
Спальня кімната 2				
1,11	Hi Heat	5,1	220	1,12

Варто зауважити, що основним способом монтажу обрано встановлення плівки в підлогу, що є найбільш раціональним рішенням для забезпечення ефективного теплообміну. З огляду на заборону розміщення нагрівальних елементів під меблями, було прийнято рішення використовувати плівку з максимальною питомою потужністю з лінійки виробника. Такий підхід дозволяє мінімізувати необхідну площу покриття при збереженні заданих параметрів тепловиділення.

2.3 Обґрунтування вибору та визначення необхідної кількості терморегуляторів

Для створення оптимального мікроклімату недостатньо лише використання нагрівальних елементів. Оскільки обладнання для обігріву не має вбудованої здатності до адаптації під змінні умови зовнішнього середовища, виникає необхідність в автоматизації процесу керування. Впровадження терморегуляторів дозволяє оптимізувати роботу інфрачервоної системи опалення, забезпечуючи раціональне енергоспоживання та стабільне підтримання заданих температурних параметрів.

Алгоритм функціонування терморегулятора базується на безперервному порівнянні поточного показника температури, отриманого від датчика, із встановленим користувачем значенням. За результатами цього аналізу пристрій комутує електричне живлення нагрівальних елементів. Коли температура в приміщенні нижча за встановлений рівень, реле замикає коло живлення; після досягнення цільового значення подача енергії припиняється.

Сучасні пристрої керування здатні підтримувати фіксовану температуру або працювати в межах певного діапазону (гістерезису). Попри наявність додаткових функцій у сучасних моделях, як-от таймерів чи програмованих графіків роботи, базовий принцип автоматичного регулювання залишається незмінним.

Відповідно до методу керування та способу обробки сигналу, терморегулятори класифікують на два основні типи:

- механічні (рис. 2.3, а): налаштування температурного режиму здійснюється за допомогою аналогового інтерфейсу (поворотного регулятора); такі пристрої вирізняються простотою конструкції та надійністю, проте мають нижчу точність регулювання;
- цифрові (електронні) (рис. 2.3, б): оснащені рідкокристалічним дисплеєм та сенсорними або фізичними кнопками для прецизійного

встановлення параметрів; окрім високої точності, вони підтримують розширений функціонал: інтегровані таймери, можливість програмування добових або тижневих циклів роботи, а також збереження енергії.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Основні типи пристроїв терморегулювання: а) – аналоговий (механічний); б) – електронний (цифровий)

За типом монтажу розрізняють настінні (для стаціонарних систем) та розеткові (для локальних опалювальних приладів) терморегулятори, приклад яких наведено на рисунку 2.4.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Конструктивні виконання терморегуляторів за способом монтажу: а) – настінний; б) – розетковий

Терморегулятор розеткового типу є компактним модулем, що встановлюється безпосередньо у штепсельну розетку, забезпечуючи підключення електронагрівача через власний роз'єм. Таке рішення є раціональним для локальних систем на базі інфрачервоних панелей, проте

воно не пристосоване для прихованого монтажу систем «тепла підлога» на основі ІЧ-плівки.

Натомість настінні терморегулятори, попри складніший процес інсталяції, забезпечують ефективне керування розгалуженими системами обігріву з великою кількістю нагрівальних елементів. Конструкція передбачає монтаж у спеціальну коробку або безпосередньо на стіну в зручному для користувача місці.

Для реалізації проєкту системи інфрачервоного електрообігріву квартири обрано настінний спосіб монтажу як найбільш функціональний. З огляду на техніко-економічні показники, перевагу віддано механічному терморегулятору виробництва компанії Danfoss серії Devireg 130/132 (рис. 2.5). Продукція цього європейського бренду характеризується високою надійністю та оптимальним співвідношенням ціни та якості. Хоча механічні моделі мають обмежений функціонал порівняно з цифровими аналогами, їхня вартість є значно нижчою, що є доцільним для бюджетування даної системи.



Рисунок 2.5 – Механічний терморегулятор серії Devireg 130/132 виробництва компанії Danfoss

Процес інтеграції терморегулятора Devireg 130/132 у систему обігріву, що включає підключення до мережі 220 В, нагрівальної плівки та термодатчика, має здійснюватися суворо за регламентом виробника. Підготовку місць для монтажу обладнання слід виконати попередньо, згідно зі схемою, наведеною на рисунку 2.6.

Термометричний датчик встановлюється на відстані не більше 50 см від межі приміщення та фіксується ізоляційною стрічкою між тепловідбивним шаром та ІЧ-плівкою. Для запобігання механічному пошкодженню сенсора та забезпечення рівної поверхні фінішного покриття, у підлозі та підкладці передбачається технологічне заглиблення завглибшки 5 мм. Для підвищення точності вимірювань датчик доцільно розміщувати у зоні з мінімальною тепловіддачею (подалі від зовнішніх дверей та вікон).

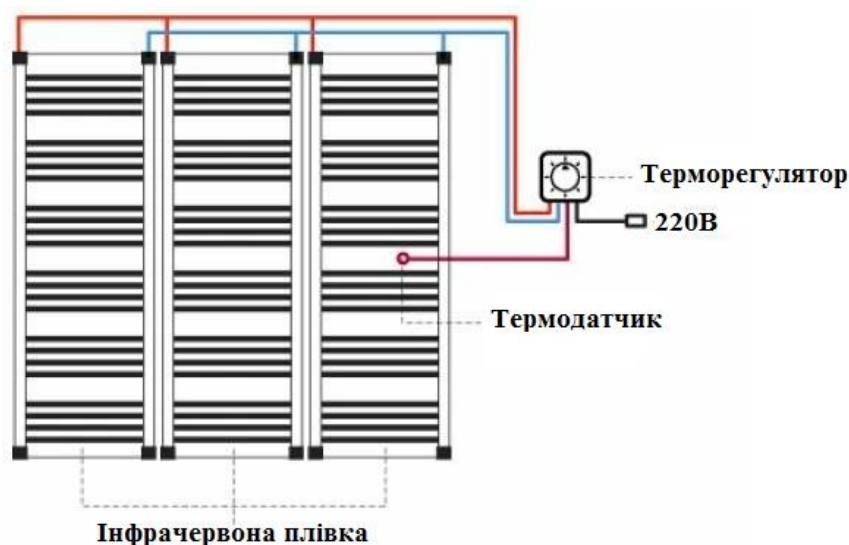


Рисунок 2.6 – Схема підключення елементів системи інфрачервоного електрообігріву до мережі живлення

Наступним етапом проектування є розрахунок необхідної кількості терморегуляторів для автоматизації системи інфрачервоного опалення. Визначення одиниць регулювальної апаратури проводиться на основі наступного математичного співвідношення:

$$n_{\text{терморег.}} = n_{\text{кімнат}}, \quad (2.10)$$

де:

$n_{\text{терморег.}}$ – розрахункова кількість терморегуляторів, од.;

$n_{\text{кімнат}}$ – кількість окремих приміщень, що оснащені елементами системи електричного інфрачервоного опалення, од.

Враховуючи, що кількість приміщень, обладнаних елементами інфрачервоного опалення, дорівнює 7 од., за формулою (2.10) визначимо необхідну кількість терморегуляторів:

$$n_{\text{терморег.}} = n_{\text{кімнат}} = 7 \text{ од.}$$

2.4 Обґрунтування та вибір схеми побудови системи резервного електроживлення

Джерелом резервного енергопостачання для системи ІЧ-обігріву обрано сонячні панелі. Технологічна схема передбачає можливість монтажу фотопанелей на зовнішніх огорожувальних конструкціях (фасадах) або на даховій зоні будівлі для забезпечення максимальної інсоляції.

Раніше, у підрозділі 1.4 даного дипломного проєкту ми детально розібрали основні структурні схеми реалізації побудови сонячної електростанції та провели їх порівняння.

Спираючись на результати порівняльного аналізу архітектур фотоелектричних систем, наведеного у підрозділі 1.4, та враховуючи специфіку практичної реалізації об'єкта, доцільним є розгляд двох найбільш ефективних варіантів побудови системи резервного живлення: мережевої (On-grid) та гібридної (Hybrid).

Вибір між цими архітектурами залежить від пріоритетних завдань системи: мережева схема забезпечує максимальну економічну ефективність за рахунок продажу надлишків енергії, тоді як гібридна система гарантує енергетичну автономність об'єкта під час аварійних вимкнень основної мережі.

З огляду на технічне завдання та специфіку функціонування об'єкта в зимовий період, пріоритетним критерієм при виборі архітектури системи є забезпечення безперебійності енергопостачання. Оскільки інфрачервона

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

система обігріву має низьку теплову інерційність, припинення подачі електроенергії призводить до швидкого зниження температури в приміщеннях.

У зв'язку з цим, для реалізації проєкту обрано гібридну схему (Hybrid). На відміну від мережевої, дана конфігурація дозволяє поєднувати переваги паралельної роботи з загальною мережею та можливість переходу в автономний режим при аварійних відключеннях. Наявність акумуляторного блоку в складі гібридної установки гарантує стабільне функціонування системи обігріву незалежно від стану зовнішніх мереж, що є критично важливим для підтримання життєдіяльності та теплового комфорту в опалювальний сезон.

2.5 Розрахунок загального обсягу тижневого енергоспоживання системи інфрачервоного обігріву квартири

Проектування системи резервного енергозабезпечення для інфрачервоного обігріву трикімнатної квартири потребує попереднього розрахунку сумарного тижневого енергоспоживання. Першочерговим завданням є уточнення фактичної встановленої потужності інфрачервоної плівки, оскільки її номінальні показники за паспортом можуть перевищувати розрахункові значення, отримані за формулою (2.8). Вихідні дані щодо потужності нагрівальних елементів для кожного приміщення зведені у таблиці 2.3. Підсумковий розрахунок проводиться за такою залежністю:

$$\sum P_{\text{іч_плівки}} = P_{\text{іч_плівки_1}} + P_{\text{іч_плівки_2}} + \dots + P_{\text{іч_плівки_N}} , \quad (2.11)$$

де:

$\sum P_{\text{іч_плівки}}$ – сумарна встановлена потужність системи інфрачервоного обігріву квартири, кВт;

$P_{\text{іч_плівки}}$ – фактична потужність підібраного комплекту інфрачервоної плівки для окремого приміщення, кВт.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, будемо мати:

$$\sum P_{\text{іч_плівки}} = 1,17 + 0,6 + 0,46 + 0,84 + 1,08 + 1,01 + 1,12 = 6,28 \text{ кВт}.$$

Розрахунок обсягу електричної енергії, що споживається інфрачервоною системою обігріву протягом тижневого циклу, здійснюється за формулою:

$$W_{\text{тиж.}} = n_{\text{рд}} \cdot t_{\text{рг/доба}} \cdot \sum P_{\text{іч_плівки}}, \quad (2.12)$$

де:

$W_{\text{тиж.}}$ – сумарне тижневе енергоспоживання системи інфрачервоного електрообігріву квартири, кВт·год;

$\sum P_{\text{іч_плівки}}$ – сумарна встановлена потужність системи інфрачервоного обігріву квартири, кВт;

$n_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів системи інфрачервоного електрообігріву протягом розрахункового періоду, од.;

$t_{\text{рг/доба}}$ – середньодобова тривалість роботи системи інфрачервоного електрообігріву в робочому режимі, год./доба.

Експлуатаційний режим системи ІЧ-обігріву визначається налаштуваннями термостатів і характеризується циклічністю: активна робота нагрівальних елементів триває 10–30 хвилин на годину. Оскільки система оснащена регулювальною апаратурою, сумарний добовий час роботи прийнято рівним 10 годинам. Відповідно до формули (2.12), результат обчислень становить:

$$W_{\text{тиж.}} = 7 \cdot 10 \cdot 6,28 = 439,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

2.6 Обґрунтування вибору та розрахунок необхідної кількості фотоелектричних панелей

Сучасний ринок фотоелектричного обладнання України представлений широким спектром сонячних модулів, серед яких найбільшого поширення набули монокристалічні та полікристалічні типи. Конструктивне виконання монокристалічного фотомодуля представлено на рис. 2.7, а. Ключовими перевагами панелей даного типу є висока питома потужність та стабільна продуктивність, що забезпечується високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) навіть за умов низької інсоляції. Окрім компактності, такі модулі характеризуються тривалим терміном експлуатації (понад 25–30 років). Проте, порівняно з полікристалічними аналогами, монокристалічні панелі мають вищу собівартість, що є їхнім основним економічним недоліком.

На рисунку 2.7, б представлено зовнішній вигляд полікристалічного фотомодуля. Візуальною особливістю таких панелей є чітка прямокутна або квадратна форма комірок, на відміну від монокристалічних, що мають характерні закруглені кути. За технічними параметрами полікристалічні модулі поступаються монокристалічним аналогам: їхня продуктивність нижча на 15–20 %, а ККД варіюється в межах 12–22 % (проти 18–40 % у монокристалічних). Водночас визначальною перевагою полікристалічної технології є значно нижча ринкова вартість, що робить їх економічно привабливішими для бюджетних рішень.



а)



б)

Рисунок 2.7 – Основні типи сонячних фотоелектричних модулів:

а) – монокристалічний; б) – полікристалічний

На основі проведеного порівняльного аналізу, для реалізації системи резервного живлення інфрачервоного обігріву квартири обрано монокристалічні фотоелектричні модулі. Попри вищу ринкову вартість, їх застосування обґрунтоване обмеженою площею для монтажу (фасад або покрівельна зона) та необхідністю досягнення максимальної енергоефективності. Висока питома потужність монокристалічних панелей дозволяє мінімізувати площу сонячного поля при збереженні необхідних параметрів генерації, що є критично важливим в умовах міської забудови.

Наступним етапом проєктування є розрахунок необхідної кількості фотомодулів. Для цього спочатку визначимо сумарну встановлену потужність сонячної генерації, яка забезпечить функціонування системи обігріву протягом однієї години активної роботи:

$$W_{1\text{год}} = \frac{W_{\text{тиж.}}}{168}, \quad (2.13)$$

де:

$W_{\text{тиж.}}$ – сумарне тижневе енергоспоживання системи інфрачервоного електрообігріву квартири, кВт·год;

$W_{1\text{год}}$ – сумарна пікова потужність фотоелектричних панелей, що відповідає енергоспоживанню системи обігріву за одну годину експлуатації, кВт.

Отримаємо:

$$W_{1\text{год}} = \frac{439,6}{168} = 2,62 \text{ кВт}.$$

Розрахункове значення загальної потужності фотоелектричної установки складає 2,62 кВт. Для раціонального використання обмеженого простору, виділеного під встановлення панелей, доцільно застосувати високоефективні модулі великої потужності. Це дозволить зменшити

загальну кількість одиниць обладнання та спростити монтажні конструкції. Оптимальним варіантом серед пропозицій на ринку України є монокристалічна панель Longi Solar (див. рисунок 2.8) з одиничною потужністю 555 Вт.

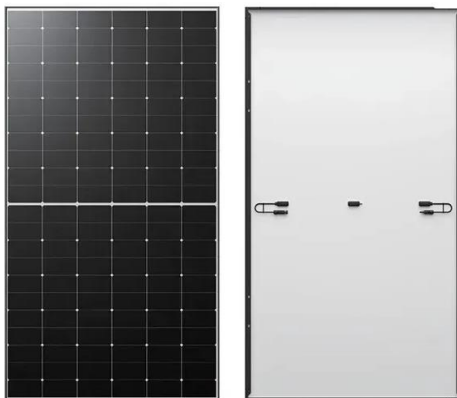


Рисунок 2.8 – Монокристалічна сонячна панель потужністю 555 Вт виробництва Longi Solar

Розрахунок необхідної кількості фотоелектричних модулів для комплектації системи резервного енергозабезпечення здійснюється за такою залежністю:

$$N_{СП} = \frac{W_{1\text{год}}}{P_{СП}}, \quad (2.14)$$

де:

$N_{СП}$ – необхідна кількість фотоелектричних модулів, які входять до фотоелектричного масиву, од.;

$W_{1\text{год}}$ – сумарна пікова потужність фотоелектричних панелей, що відповідає енергоспоживанню системи обігріву за одну годину експлуатації, кВт;

$P_{СП}$ – номінальна одинична потужність фотоелектричного модуля Longi Solar, кВт.

Після підстановки числових значень у вираз 2.14 маємо:

$$N_{\text{сп}} = \frac{2,62 \cdot 10^3}{555} = 4,7 \text{ од.}$$

Згідно з отриманими результатами, розрахункова кількість фотомодулів становить понад чотири одиниці. Враховуючи необхідність забезпечення заданої потужності, приймаємо остаточну кількість сонячних панелей рівною 5 од. (з округленням до найближчого більшого цілого числа).

2.7 Обґрунтування вибору та розрахунок параметрів інвертора

Інвертори – це напівпровідникові пристрої для перетворення постійного струму (DC) у змінний (AC, 220/380 В). За функціоналом вони поділяються на:

- мережеві (On-grid): працюють синхронно з зовнішньою мережею;
- автономні (Off-grid): працюють від акумуляторних батарей (12, 24, 48 В) незалежно від мережі;
- гібридні: поєднують обидва режими, забезпечуючи зарядку батарей та передачу надлишків у мережу.

Автономні моделі характеризуються залежністю ККД від навантаження (ефективність має бути стабільною навіть при 10% потужності). Мережеві та гібридні моделі обов'язково оснащуються МРРТ-контролерами для максимального відбору енергії від фотопанелей та потребують високої якості вихідного сигналу.

Відповідно до обраної у підрозділі 2.4 концепції резервного живлення, для системи електричного обігріву на базі інфрачервоної плівки доцільно використовувати гібридний інвертор. Це забезпечить гнучкість управління енергопотоками та безперебійність живлення. Для коректного підбору моделі необхідно виконати розрахунок потужності обладнання з урахуванням втрат на перетворення.

Для визначення енергії постійного струму, що має бути згенерована фотоелектричним масивом, необхідно врахувати втрати на перетворення в інверторі. Розрахунок проводиться за такою залежністю:

$$W_{DC} = k \cdot W_{\text{тиж.}}, \quad (2.15)$$

де:

W_{DC} – значення енергії постійного струму на вході інвертора, кВт·год;

k – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в інверторі при перетворенні енергії, прийнятий рівним 1,2;

$W_{\text{тиж.}}$ – сумарне тижневе енергоспоживання системи інфрачервоного електрообігріву квартири, кВт·год;

Отримаємо:

$$W_{DC} = 1,2 \cdot 439,6 = 527,52 \text{ кВт·год.}$$

Наступним кроком є визначення номінальної потужності інверторного обладнання:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{W_{DC}}{n_{\text{рг/доба}} \cdot n_{\text{рд.інв.}}}, \quad (2.16)$$

де:

W_{DC} – значення енергії постійного струму на вході інвертора, кВт·год;

$n_{\text{рг/доба}}$ – тривалість добової експлуатації інверторного обладнання, год./добу;

$n_{\text{рд.інв.}}$ – тривалість експлуатації інвертора протягом тижневого циклу, днів/тиждень;

$P_{\text{інверт.}}$ – номінальна вихідна потужність інвертора, кВт.

Оскільки обрана конфігурація системи резервного живлення є гібридною (автономно-мережевою), інвертор функціонує у безперервному

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						47
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимі. Після досягнення повного заряду акумуляторних батарей пристрій продовжує роботу, спрямовуючи надлишки генерованої електроенергії у загальну мережу. Таким чином, розрахункова тривалість роботи інвертора становить $n_{\text{рг/доба}} = 24$ год. при семиденному робочому тижні. Підставивши ці значення у вираз (2.16), отримаємо:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{527,52}{24 \cdot 7} = 3,14 \text{ кВт} \approx 3,2 \text{ кВт.}$$

Для реалізації системи обрано гібридний однофазний інвертор Deye SUN-3.6K-SG03LP1 (див. рисунок 2.9).

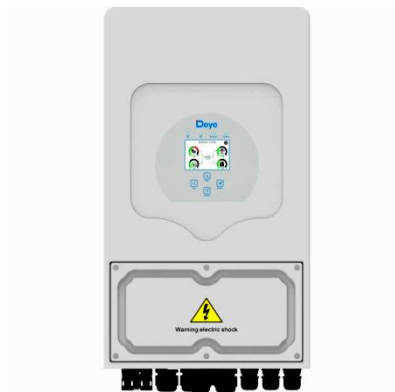


Рисунок 2.9 – Гібридний однофазний інвертор Deye SUN-3.6K-SG03LP1

Вибір даної моделі інвертора зумовлений такими характеристиками:

- потужність: номінал 3,6 кВт оптимально відповідає розрахунковому навантаженню (3,2–3,5 кВт), забезпечуючи необхідний експлуатаційний запас;
- функціональність: наявність окремого порту для генератора та підтримка роботи з різними типами акумуляторних батарей (24 В) дозволяє створити гнучку та відмовостійку систему;
- надійність: ступінь захисту IP65 гарантує стабільну роботу в складних умовах, а 5-річна гарантія підтверджує високу якість компонентів;

- інтерфейс: кольоровий сенсорний дисплей та вбудований моніторинг спрощують налаштування пріоритетів споживання та віддачі енергії в мережу.

Інвертор Deue є найбільш збалансованим рішенням за критеріями надійності, функціональних можливостей та інтелектуального керування енергопотоками. Також, важливою конструктивною перевагою обраного інвертора є вбудований контролер заряду/розряду акумуляторних батарей. Це дозволяє мінімізувати габарити системи та забезпечити компактність монтажу, що є критичним аспектом при реалізації даного технічного рішення.

2.8 Обґрунтування параметрів та підбір акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї є вторинними джерелами струму, що здатні циклічно накопичувати енергію та віддавати її споживачам в автономному режимі. Ключовим параметром акумуляторної батареї є її ємність (А·год), яка визначає тривалість роботи системи при заданому навантаженні та безпосередньо впливає на вартість і термін служби обладнання.

Для визначення розрахункової ємності блоку акумуляторів, необхідної для функціонування системи інфрачервоного опалення квартири, використаємо наступний математичний вираз:

$$C_{\text{АБ}_\text{заг.}} = \frac{\sum P_{\text{іч}_\text{плівки}} \cdot t}{U \cdot k}, \quad (2.17)$$

де:

$C_{\text{АБ}_\text{заг.}}$ – сумарна розрахункова ємність акумуляторного блоку, А·год.;

$\sum P_{\text{іч}_\text{плівки}}$ – сумарна встановлена потужність системи інфрачервоного обігріву квартири, кВт;

t – необхідний час резервування живлення інфрачервоної системи обігріву, год.

k – коефіцієнт допустимої глибини розряду акумуляторних батарей (Depth of Discharge);

U – робоча напруга постійного струму на вході інвертора від акумуляторних батарей, В.

Коефіцієнт $k = 0,95$ враховує технічне обмеження щодо неможливості повного використання номінального заряду батареї (неповний заряд та запобігання критичному розряду).

Для розрахунку використаємо значення сумарної електричної потужності системи інфрачервоного опалення квартири, що згідно з виразом (2.11) становить $\sum P_{i_{ч_плівки}} = 6,28$ кВт. Приймаючи розрахунковий час автономної роботи системи $t = 3$ год. та номінальну напругу акумуляторної збірки $U = 24$ В (відповідно до технічних характеристик обраного інвертора), отримаємо наступне значення ємності:

$$C_{AB \text{ заг.}} = \frac{6,28 \cdot 10^3 \cdot 3}{24 \cdot 0,95} = 826,4 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Сучасний ринок пропонує широкий вибір накопичувачів енергії, що різняться за технологією, ціною та габаритами. У контексті встановлення системи в межах квартири критичним фактором є компактність. Використання батарей з високою щільністю енергії дозволяє мінімізувати площу, яку займає система резервного живлення, що є пріоритетним у порівнянні з монтажем у приватних будинках.

Для застосування в житлових приміщеннях було розглянуто три основні типи акумуляторів:

- AGM (Absorbent Glass Mat): свинцево-кислотні батареї з абсорбованим електролітом; вони герметичні, не потребують обслуговування та є безпечними для експлуатації в приміщеннях;

- гелеві (GEL): відзначаються використанням в'язкого електроліту, що забезпечує високу стійкість до глибоких розрядів та вібраційних навантажень;
- літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄): найбільш прогресивна технологія; характеризуються високою стабільністю, мінімальним рівнем саморозряду та значним експлуатаційним ресурсом (кількістю циклів заряду-розряду).

Хоча вартість акумуляторних батарей зростає пропорційно до їхньої ємності та технологічності, для даного проєкту найбільш доцільним є вибір LiFePO₄ акумуляторів. Вони забезпечують найкраще співвідношення компактності та довговічності, що повністю компенсує їхню вищу ціну.

Враховуючи розрахункові параметри та вимоги до компактності системи, до впровадження обрано літій-залізо-фосфатний акумуляторний блок LiFePO₄ виробника Mastervolt напругою 24В та ємністю 230 А·год. (див. рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Акумуляторний блок (батарея) LiFePO₄ компанії-виробника Mastervolt

Для визначення конфігурації системи накопичення енергії та забезпечення заданих параметрів автономності, розрахуємо необхідну кількість акумуляторних батарей за формулою:

$$n_{AB} = \frac{C_{AB \text{ заг.}}}{C_{AB}}, \quad (2.18)$$

де:

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

n_{AB} – кількість акумуляторних батарей у блоці, од.;

$C_{AB \text{ заг.}}$ – сумарна розрахункова ємність акумуляторного блоку, А·год.;

C_{AB} – номінальна ємність однієї обраної акумуляторної батареї, А·год.

Отримаємо:

$$n_{AB} = \frac{826,4}{230} = 3,6 \text{ шт.} \approx 4 \text{ од.}$$

2.9 Обґрунтування та вибір пристрою автоматичного введення резерву

Автоматичне введення резерву (АВР) – це електротехнічна система, призначена для автоматичного перемикавання навантаження між незалежними джерелами живлення у разі виходу параметрів основної мережі за допустимі межі. Блок керування АВР здійснює безперервний моніторинг вхідної напруги та, за умови виникнення аварійних режимів, ініціює команду на перемикавання комутаційних апаратів.

Системи керування АВР будуються на базі релейної логіки (реле напруги, часу, контролю фаз) або програмованих логічних контролерів (ПЛК). Як силові комутаційні елементи використовуються контактори, автоматичні вимикачі з електроприводом або соленоїдні рубильники. Надійність роботи системи забезпечується обов'язковим застосуванням електричного та механічного блокувань, що унеможливають одночасне ввімкнення обох джерел живлення та виникнення зустрічних струмів.

При виборі пристрою АВР для системи інфрачервоного обігріву враховано сумарну потужність генерації сонячних панелей (5 панелей по 555 Вт кожна дають загалом електричну потужність 2775 Вт, або приблизно 2,8 кВт) та максимальне навантаження системи інфрачервоного обігріву квартири). Важливим критерієм є здатність комутаційного апарату

витримувати пікові струми та забезпечувати швидке перемикання без розриву живлення критичних споживачів.

Для реалізації даної задачі обрано пристрій автоматичного введення резерву Hyundai ATS-125A 4P (див. рисунок 2.11).

Основні переваги обраної моделі:

- Висока надійність: соленоїдний механізм перемикання забезпечує довговічність контактів.
- Інтегроване блокування: пристрій має заводське механічне та електричне блокування.
- Запас за струмом: номінальний струм 125 А забезпечує значний експлуатаційний резерв для обраної потужності інвертора та сонячного масиву.



Рисунок 2.11 – пристрій (щит) АВР Hyundai ATS-125A 4P

Вибраний пристрій АВР розміщено в компактному корпусі. Детальні технічні параметри обладнання представлено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики пристрою АВР Hyundai ATS-125A 4P

Кількість фаз	Трьохфазний / однофазний
Гранична потужність джерела автономного енергопостачання (генератор, ВЕУ, ФЕС), Вт	До 5000 Вт
Граничне значення струму джерела резервного електропостачання, А	До 125 А
Номінальне значення частоти змінного струму, Гц	50 Гц
Номінальна напруга живлення мережі, В	220 /380 В
Виконання за ступенем захисту	IP 54
Країна–виробник	Японія

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

3.1 Формування кошторисної вартості реалізації проєкту інфрачервоного електричного обігріву

У межах цього дипломного проєкту спроектовано систему електричного опалення трикімнатної квартири на основі інфрачервоної плівки з інтегрованим резервним живленням від фотоелектричних панелей. Метою цього розділу є обчислення обсягу капітальних інвестицій та поточних експлуатаційних витрат, а також визначення терміну окупності системи. Ключовим аспектом є аналіз економічної доцільності запропонованого рішення. Розрахунковий період експлуатації становить 15 років, протягом яких враховуються витрати на сервісне обслуговування (1% від вартості обладнання щорічно) та планову заміну акумуляторних батарей через 10 років роботи.

Деталізований перелік капітальних інвестицій, необхідних для впровадження спроектованої системи, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 5.1 – Перелік капітальних інвестицій проєктованої системи

№	Найменування комплектуючих	Кількість	Вартість, грн	Сума, грн.
Система інфрачервоного обігріву				
1	Інфрачервона плівка Hi Heat	28,5 м ²	320 грн. / 1 м ²	9120 грн.
2	Терморегулятор Danfoss серії Devireg 130/132	7 од.	1645 грн.	11515 грн.
Всього по системі:				20635 грн.
Система резервного живлення				
1	Сонячна панель Longi Solar 555 Вт	5 од.	3450 грн.	17250 грн.
2	АКБ Mastervolt , тип LifeP04 / 24 В / 230 А·год	4 од.	55000 грн.	220000 грн.
3	Гібридний інвертор Deye SUN-3.6K-SG03LP1	1 од.	35000 грн.	35000 грн.
4	АВР Hyundai ATS-125A 4P	1 од.	37700 грн.	37770 грн.
Всього по системі:				310020 грн.
Всього загальна вартість				330655 грн.

					ДП.141.043.023.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Зубрицький В.А.				3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ		
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.							
						Літ.	Арк.
						У	54
						Аркушів	
						72	
						ЖАТФК, Гр. Е-43стн	

Капітальні інвестиції являють собою сукупність фінансових витрат, спрямованих на придбання та введення в експлуатацію основних фондів, що підлягають подальшій амортизації. Обсяг капіталовкладень є ключовим параметром для впровадження спроектованої системи, а також базовим показником під час проведення економічного аналізу її ефективності.

Визначення вартості монтажних і пусконаладжувальних робіт проводиться за наступною залежністю:

$$K_{\text{МН}} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{ПР}}, \quad (3.1)$$

де:

C_i – чисельність персоналу i -го розряду, залученого до монтажних та пусконаладжувальних робіт, осіб;

a – годинна оплата праці (тарифна ставка) згідно з i -м розрядом, грн./год.;

t_i – трудовитрати на виконання визначеного обсягу робіт, год.;

$K_{\text{Д}}$ – коефіцієнтний показник, що враховує додаткові стимулюючі та компенсаційні виплати (1,1...1,5);

$K_{\text{СМ}}$ – коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), що становить 1,22;

$K_{\text{ПР}}$ – коефіцієнт, що враховує непередбачувані та накладні витрати під час проведення монтажу (1,1...1,5).

Розрахунок вартості монтажно-налагоджувальних робіт виконано згідно з актуальними розцінками житомирської компанії «BetterEnergy», яка спеціалізується на проектуванні та впровадженні систем «розумного» опалення та об'єктів сонячної генерації. На основі діючих тарифів підприємства отримаємо такі результати:

$$K_{\text{МН_ІЧ обігріву}} = (2 \cdot 280 \cdot 16) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 18036,5 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{МН_РЖ}} = (2 \cdot 280 \cdot 10) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 11272,8 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати визначені згідно з діючими тарифами логістичної компанії «САТ» (представництво у м. Житомир), виходячи з габаритів обладнання та відстані до об'єкта. Відповідно до логістичної схеми, доставка 6 вантажних місць загальною масою 500 кг (що охоплює сонячні панелі, акумулятори та інверторне обладнання) становить 4800 грн.

На основі отриманих даних визначимо сумарні капітальні витрати на впровадження системи інфрачервоного обігріву та вузла резервного енергозабезпечення за формулою:

$$K = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{ТР}} + K_{\text{МН}}, \quad (3.2)$$

де:

$K_{\text{ОБ}}$ – сумарна вартість технологічного обладнання та комплектуючих (без урахування ПДВ), грн;

$K_{\text{ТР}}$ – витрати на транспортування, складування та заготівлю матеріальних ресурсів, грн;

$K_{\text{МН}}$ – витрати на проведення монтажних та пусконаладжувальних робіт, грн.

Отримаємо, що:

$$K_{(\text{ІЧ обігріву})} = 20635 + 4800 + 18036,5 = 43471,5 \text{ грн;}$$

$$K_{(\text{РЖ})} = 310020 + 4800 + 11272,8 = 326092,8 \text{ грн;}$$

$$K_{(\text{ІЧ обігріву+РЖ})} = K_{\text{ІЧ обігріву}} + K_{\text{РЖ}} = 43471,5 + 326092,8 = 369564,3 \text{ грн.}$$

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						56
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, сумарний обсяг капітальних інвестицій у впровадження системи інфрачервоного опалення разом із вузлом резервного енергозабезпечення становить 369564,3 грн.

3.2 Розрахунок щорічних експлуатаційних витрат на обслуговування системи інфрачервоного електрообігріву

Експлуатаційні витрати являють собою грошовий еквівалент поточних видатків, необхідних для забезпечення стабільного функціонування та сервісного обслуговування системи протягом розрахункового періоду. Структура операційних витрат на електротехнічний комплекс охоплює такі ключові статті: амортизаційні нарахування C_a , витрати на оплату спожитої електричної енергії C_e , фонд оплати праці технічного персоналу з відповідними нарахуваннями на соціальне страхування C_z , витрати на планово-попереджувальні ремонти та технічний сервіс C_t , а також непередбачені (інші) витрати C_{in} . Загальна величина річних експлуатаційних витрат визначається за формулою:

$$C = C_a + C_e + C_z + C_t + C_{in} . \quad (3.3)$$

Проектована система інфрачервоного опалення та вузол резервного живлення функціонують у повністю автоматичному режимі, що виключає потребу в постійній присутності обслуговуючого персоналу. Оскільки регламентні роботи та нагляд за станом обладнання здійснюються безпосередньо власником, витрати на заробітну плату C_z та інші операційні видатки C_{in} приймаються рівними нулю.

Обсяг амортизаційних відрахувань визначається терміном корисної експлуатації системи, її технічними характеристиками та інтенсивністю фізичного зносу. Розрахунковий період експлуатації інфрачервоного опалення становить 15 років. Для системи резервного живлення цей термін

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмежений 10 роками, що зумовлено необхідністю планової заміни акумуляторних батарей. При застосуванні прямолінійного методу річна норма амортизації залишається незмінною протягом усього циклу і розраховується як:

$$H_a = \frac{K}{K \cdot T_n} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

де:

T_n – розрахунковий термін корисної експлуатації (амортизаційний цикл) системи, років;

K – сумарний обсяг капітальних вкладень у реалізацію проекту, грн.

Будемо мати:

$$H_a \text{ (ІЧ обігріву)} = \frac{43471,5}{43471,5 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \% .$$

$$H_a \text{ (РЖ)} = \frac{326092,8}{326092,8 \cdot 10} \cdot 100\% = 10 \, \% .$$

$$H_a \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)} = \frac{369564,3}{369564,3 \cdot 12,5} \cdot 100\% = 8 \, \% .$$

Таким чином, обсяг щорічних амортизаційних нарахунків для спроектованої системи визначається за такою математичною залежністю:

$$C_a = \frac{K \cdot H_a}{100}, \quad (3.5)$$

де:

H_a – встановлена річна норма амортизаційних відрахувань, %;

K – сумарний обсяг капітальних вкладень у реалізацію проекту, грн.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши чисельні значення у вищенаведений вираз, отримаємо:

$$C_{a \text{ (ІЧ обігріву)}} = \frac{43471,5 \cdot 6,7}{100} = 2912,6 \text{ грн.};$$

$$C_{a \text{ (РЖ)}} = \frac{326092,8 \cdot 10}{100} = 32609,3 \text{ грн.};$$

$$C_{a \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)}} = \frac{369564,3 \cdot 8}{100} = 29565,1 \text{ грн.}.$$

Наступним етапом є визначення щорічних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт (ТО та ПР). Дана стаття витрат охоплює видатки на витратні матеріали, запасні частини, а також оплату праці фахівців із налагодження. Згідно з нормативами для систем альтернативної енергетики та електричного опалення, обсяг цих витрат приймається на рівні 1% від загальної вартості капітальних вкладень:

$$C_T = 0,01 \cdot K. \quad (3.6)$$

Отримаємо:

$$C_T \text{ (ІЧ обігріву)} = 0,01 \cdot 43471,5 = 434,7 \text{ грн.};$$

$$C_T \text{ (РЖ)} = 0,01 \cdot 326092,8 = 3260,9 \text{ грн.};$$

$$C_T \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)} = 0,01 \cdot 369564,3 = 3695,6 \text{ грн.}$$

Обчислимо сумарні щорічні витрати на функціонування системи, використовуючи вираз (3.3). Відповідно до проведених розрахунків, їх значення дорівнює:

$$C_{(ІЧ\ обігріву)} = 2912,6 + 0 + 0 + 434,7 = 3347,3 \text{ грн.};$$

$$C_{(РЖ)} = 32609,3 + 0 + 0 + 3260,9 = 35869,9 \text{ грн.};$$

$$C_{(ІЧ\ обігріву+РЖ)} = 29565,1 + 0 + 0 + 3695,6 = 33260,7 \text{ грн.}$$

3.3 Обґрунтування інвестиційної привабливості та визначення терміну окупності проекту

Сумарна встановлена потужність спроектованої інфрачервоної системи опалення складає 6280 Вт, що відповідає годинному споживанню електроенергії на рівні 6,28 кВт·год. Добовий графік роботи системи коливається в межах від 4 до 10 годин і безпосередньо залежить від теплотехнічних характеристик об'єкта, ефективності терморегулювання та наявності систем рекуперації повітря. Враховуючи, що за умовами проекту приміщення має високий рівень теплоізоляції (що є обов'язковим етапом енергомодернізації перед інсталяцією опалення), для подальших розрахунків приймається мінімально необхідний час активної роботи системи.

Таким чином, визначимо щомісячні витрати у грошовому еквіваленті (грн/міс), необхідні для забезпечення функціонування спроектованої системи інфрачервоного електрообігріву:

$$M_{ІЧ\ с.о.} = \sum P_{іч_плівки} \cdot t \cdot n_{днів} \cdot E_{ІЧ\ о.п.}, \quad (3.7)$$

де:

$M_{IЧ c.o.}$ – прогнозована вартість електроенергії для функціонування системи ІЧ-опалення протягом місяця, грн.;

$\sum P_{iч_плівки}$ – сумарна встановлена потужність системи інфрачервоного обігріву квартири, кВт;

t – середньодобова тривалість роботи системи в активному режимі, год./добу;

$n_{днів}$ – розрахункова кількість днів роботи системи протягом місяця (прийнято 30 діб);

$E_{IЧ o.n.}$ – чинний тариф на електричну енергію для населення (станом на 2026 рік становить 4,32 грн./кВт·год).

Матимемо, що:

$$M_{IЧ c.o.} = 6,28 \cdot 5 \cdot 30 \cdot 4,32 = 4069,44 \text{ грн.}$$

Проектована система резервного живлення для інфрачервоного обігріву квартири базується на автономно-мережевій структурі. Дана конфігурація передбачає використання генерованої енергії для живлення нагрівальних елементів, накопичення заряду в акумуляторних батареях, а також можливість передачі надлишку електроенергії в загальну мережу.

Згідно із законодавчою базою України (Закон №514-VIII від 04.06.2015 р. та постанова НКРЕКП №725 від 25.03.2020 р.), для приватних домогосподарств встановлено ставки «зеленого» тарифу. Зокрема, у період з 2023 по 2025 роки ставка становить 0,163 євро (еквівалентно 6,81 грн) за кВт·год.

Визначення річного обсягу генерації електроенергії розробленою системою альтернативного енергозабезпечення здійснюється за наступною методикою:

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						61
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = P_{СП} \cdot N_{СП} \cdot D \cdot t_{\text{світл.год.}} \quad (3.8)$$

де:

W – прогнозований річний обсяг генерації електроенергії системою резервного живлення, кВт·год.;

$N_{СП}$ – загальна кількість фотоелектричних модулів (сонячних панелей) у системі резервного живлення, од.;

D – розрахункова кількість днів у році, діб;;

$P_{СП}$ – номінальна потужність одиничного фотоелектричного модуля (сонячної панелі), кВт;;

$t_{\text{світл.год.}}$ – середньодобова тривалість ефективної сонячної інсоляції (приймається в межах від 8 до 18 год./добу залежно від сезону).

Будемо мати, що:

$$W = 555 \cdot 5 \cdot 365 \cdot 12 = 12154500 \text{ Вт} = 12154,5 \text{ кВт.}$$

Отже, сумарний річний дохід від функціонування спроектованої системи інфрачервоного обігріву трикімнатної квартири, інтегрованої з комплексом сонячної генерації, становитиме:

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \text{ грн} \cdot W - n_{\text{місяців}} \cdot M_{\text{ІЧ с.о.}}, \quad (3.9)$$

де:

$Y_{\text{розробленої системи}}$ – загальний річний дохід від експлуатації спроектованої системи інфрачервоного обігріву та сонячної генерації, грн.;

$n_{\text{місяців}}$ – тривалість опалювального періоду (прийнята кількість місяців у році), міс.

Отримаємо:

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \text{ грн} \cdot 12154,5 - 6 \cdot 4069,44 = 58355,5 \text{ грн}.$$

Визначення терміну окупності проєкту здійснюється за допомогою такої залежності:

$$T = \frac{K}{Y_{\text{розробленої системи}}}, \quad (3.10)$$

Після підстановки розрахованих значень у формулу (3.10), визначимо підсумковий результат:

$$T = \frac{369564,3}{58355,5} = 6,3 \text{ роки.}$$

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

4.1 Охорона праці при інсталяції та використанні плівкових ІЧ-випромінювачів

Системи інфрачервоного (ІЧ) плівкового обігріву є ефективним рішенням для підтримання температурного режиму в житлових приміщеннях. Проте їх впровадження вимагає суворого дотримання нормативних вимог з охорони праці та техніки безпеки на всіх етапах життєвого циклу системи.

Перед початком інсталяції нагрівальних елементів необхідно виконати такі підготовчі заходи:

- інструктаж та умови: проведення цільового інструктажу з техніки безпеки, забезпечення робочої зони нормативним рівнем освітленості та вентиляції.
- енергоаудит мережі: перевірка відповідності наявної електропроводки сумарній потужності спроектованої системи для запобігання перевантаженню.
- технічний контроль: візуальна перевірка цілісності діелектричного шару та струмопровідних шин плівки перед укладанням.
- інструментальне забезпечення: використання сертифікованого ізольованого інструменту та спеціалізованих матеріалів (терморегулятори, бітумна ізоляція тощо).

Процес інсталяції інфрачервоної плівки повинен відповідати наступним технологічним нормам:

					ДП.141.043.023.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ			Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробив		Зубрицький В.А.						у		64	72
Перевір		Антипчук Б.О.									
Н. Контр.		Антипчук Б.О.						ЖАТФК, Гр. Е-43стн			
Затв.											

- підготовка основи: монтаж проводиться виключно на очищену, суху та рівну поверхню; будь-які перепади висоти або гострі виступи мають бути усунені для запобігання механічному проколу діелектричного шару плівки;
- конфігурація розміщення: нагрівальні смуги розкладаються з дотриманням мінімальної відстані 5 см між краями; категорично забороняється накладання (перехрещення) плівок одна на одну, оскільки це призводить до критичного локального перегріву та виходу системи з ладу;
- захист від зламу: під час укладання необхідно уникати різких перегинів, заломів або розтягування плівки, що може порушити цілісність струмопровідних шин;
- електрична ізоляція: усі місця розрізу мідних шин та точки підключення контактних затискачів підлягають обов'язковій герметизації за допомогою спеціальної бітумної ізоляції, що забезпечує захист від вологи та випадкового доторку;
- інтеграція термодатчика: датчик температури підлоги встановлюється безпосередньо під нагрівальну плівку всередині гофрованої трубки – це забезпечує можливість його заміни без демонтажу покриття та точне зчитування параметрів для автоматики;
- вибір зон монтажу: плівка не монтується під стаціонарними меблями та побутовою технікою без ніжок – це необхідно для забезпечення вільної конвекції та запобігання ефекту «теплового запирання».

Для забезпечення безаварійної роботи ІЧ-системи встановлено такі експлуатаційні обмеження:

- термічний режим: забороняється перекривати зони обігріву важкими предметами або меблями без ніжок (висотою менше 5 см), що може призвести до теплового замикання та перегріву;

- моніторинг: проведення регулярних оглядів стану терморегуляторів та елементів керування;
- гідроізоляція: недопущення прямого контакту системи з водою; заборона експлуатації у вологих приміщеннях без додаткового захисного контуру та гідробар'єру;
- кваліфікація: ремонтні роботи та технічне обслуговування повинні виконуватися лише персоналом із відповідною групою допуску з електробезпеки.

Приміщення, де експлуатується електричне опалення, повинні бути обладнані автономними детекторами диму та укомплектовані первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотними вогнегасниками).

При виникненні пожежі: негайне знеструмлення системи через загальний щит керування та виклик служби порятунку за номером 101.

При ураженні електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від дії струму, надати першу домедичну допомогу та викликати швидку медичну допомогу (103).

У разі некоректної роботи термостата або збоїв у живленні систему необхідно вимкнути до з'ясування причин фахівцем.

Дотримання вищезазначених технічних регламентів мінімізує ризики виникнення пожеж та гарантує електробезпеку мешканців квартири.

4.2 Техніка безпеки при монтажних та експлуатаційних роботах із фотоелектричними модулями

Встановлення та експлуатація сонячних панелей є ключовими етапами впровадження відновлюваної енергії, проте вони супроводжуються ризиками, що вимагають системного підходу до безпеки. Оскільки більшість монтажних робіт виконується на висоті, пріоритетом є запобігання падінню персоналу через використання сертифікованого спорядження: запобіжних поясів, тросів, захисних бар'єрів та касок. Працівники повинні мати

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						66
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідні допуски та проходити інструктажі, оскільки робота на дахах і складних конструкціях створює постійну небезпеку травматизму.

Електробезпека є не менш важливою, адже фотоелектричні модулі генерують постійний струм навіть при слабкому освітленні. Це зобов'язує персонал використовувати діелектричні рукавички, взуття та ізольовані інструменти, а також ретельно перевіряти відсутність напруги перед з'єднанням елементів системи. Робочі процеси часто ускладнюються погодними умовами – вітром, дощем чи ожеледдю, що потребує використання антиковзкого одягу та посиленого контролю за стабільністю обладнання. Крім того, значна вага та габарити панелей створюють велике фізичне навантаження, тому для їх транспортування та підйому необхідно застосовувати спеціальну техніку й дотримуватися норм ергономіки.

Під час експлуатації критично важливим є регулярний технічний моніторинг. Планові огляди дозволяють вчасно виявити пошкодження ізоляції, корозію контактів або мікротріщини, які можуть призвести до виходу системи з ладу. Процес очищення панелей від пилу та снігу, необхідний для підтримки їхньої ефективності, також має проводитися з дотриманням висотних та електротехнічних регламентів. Для захисту від пожежної небезпеки, що може виникнути через перегрів або помилки монтажу, слід використовувати вогнестійкі матеріали, контролювати температурний режим інверторів та встановлювати розрядники для захисту від перенапруг. У разі виникнення аварійної ситуації чи загоряння необхідно негайно викликати пожежну службу за номером 101 і, за можливості, безпечно знеструмити систему.

Суворе доотримання цих правил є запорукою не лише тривалої та продуктивної роботи СЕС, а й збереження життя працівників та цілісності майна.

					ДП.141.043.023.ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах цього проєкту було розроблено енергоефективну систему електричного обігріву квартири, що базується на використанні інфрачервоної плівки та резервного живлення від сонячних панелей.

Реалізація проєкту розпочалася з детального аналізу існуючих рішень у сфері опалення, зокрема традиційних газових та електричних мереж. Ми детально дослідили конструктивні особливості та фізику процесів інфрачервоних плівкових систем. Результати порівняльного аналізу довели техніко-економічну перевагу ІЧ-технологій над альтернативними варіантами. Крім того, було вивчено сучасні світові тренди та практичний потенціал впровадження сонячних електростанцій для потреб приватних домогосподарств.

Відповідно до теплотехнічних розрахунків визначено необхідну потужність для кожної кімнати квартири, що дозволило точно розрахувати площу ІЧ-плівки, кількість терморегуляторів, а також підібрати надійних виробників обладнання.

Оскільки проєктована система має повністю замінити традиційне опалення, для забезпечення її безперебійної роботи було розроблено систему резервного живлення на основі фотоелектричних панелей. Це мінімізує залежність обігріву від стабільності загальної електромережі. Завдяки впровадженню автономно-мережевої структури, проєкт став не лише енергонезалежним, а й економічно вигідним. Реалізація можливості продажу залишків генерації позитивно вплинула на фінансові показники, забезпечивши повне повернення інвестицій за 6,3 роки.

					ДП.141.043.023.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Зубрицький В.А.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.					ЖАТФК, Гр. Е-43стн		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	68	72

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

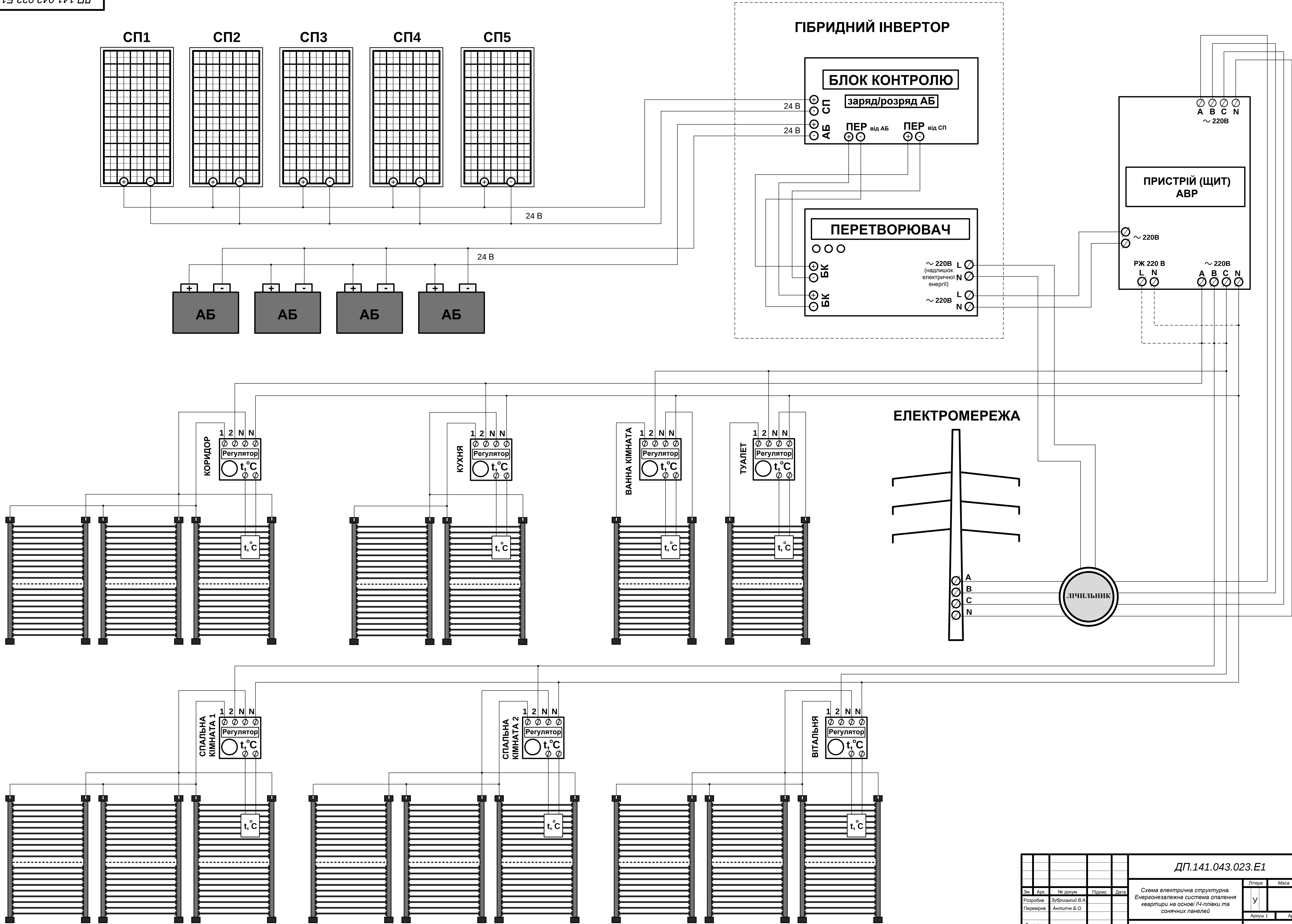
1. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання : підручник / В. В. Клименко, В. П. Солдатенко, С. П. Плешков [та ін.] ; за ред. В. В. Клименка. Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2023. – 268 с.
2. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями : монографія / П Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук та ін. Вінниця : Вінницький нац. техн. ун-т, 2018. 136 с.
3. Батрак Л. М., Ромашко В. Я. Регулювальні характеристики зарядного пристрою акумулятора сонячної батареї / Л. М. Батрак, В. Я. Ромашко // Мікросхеми, електроніка та акустика. 2019. Т. 24, № 4. С. 25-31.
4. Гаєвський О. Ю. Система вимірювання параметрів фотоелектричних модулів в реальних умовах експлуатації / О. Ю. Гаєвський, В. Ю. Іванчук, І. О. Корнієнко // Відновлювана енергетика. 2019. № 2. С. 32-39.
5. Гаєвський О. Ю. Фотоенергетика. Ч. І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі [Електронний ресурс] : підручник / О. Ю. Гаєвський. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2023. 150 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/11874d49-250c-45c6-84a2-203c546e3104/content>
6. Інфрарчервона тепла підлога під плитку: монтаж та рекомендації. URL: <https://in-heat.kiev.ua/statti-ua/plivkova-pidloga-pid-plitku/?srsltid>
7. Інфрарчервона тепла підлога під плитку. Робити чи ні? URL: <https://leto.net.ua/ua/infrachervona-tepla-pidloga-pid-plitku-robity-chi-ni.html>
8. Комбіновані фотоенергетичні системи : монографія / Р. В. Зайцев, Г. С. Хрипунов, М. В. Кіріченко, А. В. Меріуц ; Нац. техн. ун-т "Харківський політехнічний інститут". Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 323 с

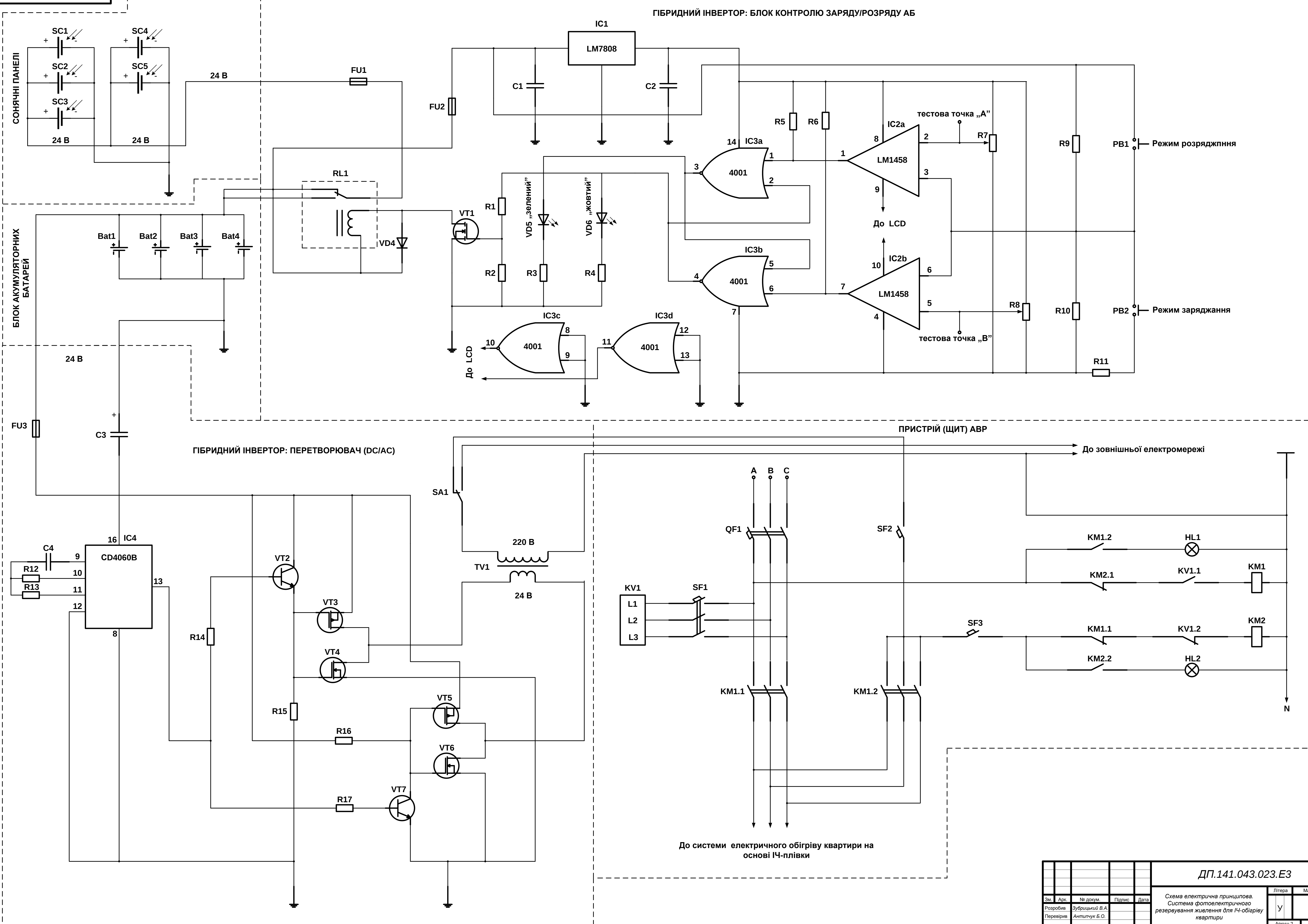
					ДП.141.043.023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Зубрицький В.А.				у	69	72
Перевір		Антипчук Б.О.						
Н. Контр.		Антипчук Б.О.						
Затв.								
						ЖАТФК, Гр. Е-43стн		

9. Монтаж інфрачервоної плівки під ламінат : фотоінструкція. URL: <https://in-heat.kiev.ua/statti-ua/tepla-pidloga-pid-laminat-montaj/?srsltid>
10. Монтаж інфрачервоної плівкової теплої підлоги. URL: <https://teplahatka.com/ua/blog/montazh-infrakrasnogo-plenochного-tepлого-pola>
11. Сегеда М. С. Нетрадиційні та відновлювальні джерела електроенергії : навч. посібник / М. С. Сегеда, М. Й. Олійник, О. Б. Дудурич. Львів : Львівська політехніка, 2019. 204 с.
12. Як вибрати інфрачервону теплу підлогу? URL: <https://polcity.com.ua/ua/blog-news/kak-vybrat-infrakrasnyj-teplyj-pol>

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Напівпровідникові діоди		
VD1...VD3	FR107	3	
VD4	1N4007	1	
VD5	LED	1	зелений
VD6	LED	1	жовтий
	Транзистори		
VT1	IRF540	1	
VT2, VT7	2FC1815	2	
VT3, VT5	2SJ471	2	
VT4, VT6	2SK2956	2	
	Резистори		
R1, R17	10 кОм	2	
R2, R12, R13	100 кОм	3	
R3, R4	560 Ом	2	
R5, R6	3,3 кОм	2	
R9, R10	3,3 кОм	2	
R7, R8	10 кОм	2	потенціометр
R11, R14, R15, R16	1 кОм	4	
	Конденсатори		
C1, C2	10 мкФ	2	
C3	1000 мФ	1	24 В
C4	200 пФ	1	
	Запобіжники		
FU1, FU2, FU3	20 А	3	скляний
	Трансформатори		
TV1	24/220 В	1	підвищувальний
	Інтегральні схеми		
IC1	LM7808	1	регулятор напруги

					ДП.141.043.023.ПЗ								
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Перелік елементів. Схема електрична принципова. Система фотоелектричного резервування живлення для ГЧ-обігріву квартири (ДОДАТОК А)					Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробив		Зубрицький В.А.								У		71	72
Перевір		Антипчук Б.О.								ЖАТФК, Гр. Е-43стн			
Н. Контр.		Антипчук Б.О.											
Зав.													





					ДП.141.043.023.Е3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема електрична принципова. Система фотоелектричного резервування живлення для ІЧ-обігріву квартири	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Зубрицький В.А.					У		
Перевірив	Антимчук Б.О.					Аркуш 2	Аркуш 2	
Т. контр.						ЖАТФК, Гр. Е-43стн		
Н. контр.	Антимчук Б.О.							
Затвердив								