

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

КРБ.СІ-17.00.00.000 ПЗ

Група СІ-21-1

Олександр ЧИСЛОВИЙ

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Числовий Олександр Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК _____
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**Розроблення автоматизованої системи управління роботою сонячного
колектора**

(назва роботи)

Системна інженерія – інтернет речей

(назва освітньої програми)

151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:**

Здобувач освітнього ступеня _____ **О.П. Числовий**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ **Еліяшів Олег Миронович, к.т.н.**
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

_____ **Заміховський Л.М.**
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ – 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТТС д.т.н., проф.

Л.М.Заміховський

«___» _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Числовому Олександр Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи управління роботою сонячного колектора

керівник роботи Еліяшів Олег Миронович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "05" травня 2025 року № 281/7

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Матеріали та результати отримані під час проходження переддипломної практики, технічні вимоги, методичні вказівки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Порівняльний аналіз існуючих систем управління сонячного колектора

Вибір апаратних технологій та середовища розробки

Розробка апаратної частини

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

Структурна схема

Функціональна схема

Результати розробки

6. Дата видачі завдання _____

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 64 сторінок, 29 рисунків, 2 таблиці, 15 посилань.

Об'єктом дослідження є притічно-витяжна система вентиляції з нагрівом від сонячного колектора.

Мета роботи – розробка автоматизованої системи управління роботою сонячного колектора і системи вентиляції.

Розглянуто особливості побудови та принципи реалізації автоматизованого управління роботою сонячних колекторів в комплексній роботі із системами вентиляції та кондиціонування повітря.

В першій частині роботи проведено аналіз принципів роботи сонячних колекторів та вимог до їх автоматизації.

В другій частині здійснено розробку функціональної схеми автоматизації, здійснено підбір комплектуючих системи управління, налаштування контролера управління.

В третій частині здійснено моделювання роботи сонячного колектора з виробництва теплової енергії на основі отриманих даних сонячної активності.

СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ, КОНТРОЛЕР, ДАВАЧ, АЛГОРИТМИ.

ABSTRACT

Calculation and explanatory note: 64 pages, 29 figures, 2 tables, 15 references.

The object of the study is a supply and exhaust ventilation system with heating from a solar collector.

The purpose of the work is to develop an automated control system for the operation of a solar collector and a ventilation system.

The features of the construction and principles of implementing automated control of the operation of solar collectors in complex work with ventilation and air conditioning systems are considered.

In the first part of the work, an analysis of the principles of operation of solar collectors and the requirements for their automation is carried out.

In the second part, a functional automation scheme is developed, components of the control system are selected, and the control controller is set up.

In the third part, modeling of the operation of a solar collector for the production of thermal energy is carried out based on the obtained solar activity data.

SOLAR ENERGY, SOLAR COLLECTOR, VENTILATION SYSTEM, CONTROLLER, SENSOR, ALGORITHMS.

ЗМІСТ

с.

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ	10
1.1 Енергія сонця	10
1.2 Виробництво сонячної електроенергії	11
1.3 Виробництво сонячної теплоелектроенергії	14
1.4 Сонячний обігрів будинків	16
1.5 Сонячний нагрів теплоносія	16
2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ	25
2.1 Розроблення структурної схеми.....	25
2.2 Вибір типу сонячного колектора	27
2.3 Розробка функціональної схеми	31
2.4 Вибір елементної бази	35
2.5 Вибір контролера управління	40
3 АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	56
3.1 Математичне моделювання теплообмінного апарату	56
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	62
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	64

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Числовий</i>				<i>Розроблення автоматизованої системи управління роботою сонячного колектора</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Еліяшів</i>						5	64
<i>Н. контр.</i>	<i>Возний</i>				ІФНТУНГ ар.СІ-21-1			
<i>Затв.</i>	<i>Заміховський</i>							

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ	—	відновлювальні джерела енергії
СК	—	сонячний колектор
ВСК	—	вакуумний сонячний колектор
ПСК	—	плоский сонячний колектор
ККД	—	коефіцієнт корисної дії
ТН	—	система управління притічно-витяжної вентиляції
ПЛК	—	Програмований логічний контролер
МК	—	мікроконтролер
СЕС	—	сонячна електростанція

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

В наш час забруднення навколишнього середовища постійно зростає і цьому, чималою мірою сприяють методи видобутку енергії. На тепловий баланс та екологію це чинить непоправну шкоду, тим часом звичне для нас паливо має обмежений обсяг і незабаром буде вичерпано. При цьому потреби в енергії дедалі зростають і вартість їх підвищується. Всі ці фактори говорять про те, що настав час задуматися про альтернативні джерела отримання енергії, до яких відносяться сонячна енергія, вітрова, геотермальна, енергія морських хвиль і припливів. Перевага цих джерел у тому, що вони невичерпні та безкоштовні. Сьогодні ці джерела вже широко використовуються в низці країн не тільки в промислових масштабах, а й у приватних секторах.

Використання сонячної енергії для теплопостачання — один із провідних напрямів розвитку світової енергетики, орієнтованої на відновлювані джерела.

За даними глобального огляду ринку, технології сонячного теплопостачання займають друге місце серед найпоширеніших способів використання відновлюваної енергії. На сьогодні у світі встановлено близько 535 млн м² сонячних теплових установок із загальною тепловою потужністю 374 ГВт. В Україні — 1207 геліоустановок площею 8440 м² і потужністю 7,15 МВт.

Сонячний ресурс України є достатнім для ефективної роботи установок протягом більшої частини року. Аналіз середньорічного надходження сонячного випромінювання свідчить про потенціал навіть у північних регіонах країни. Водночас у практичному застосуванні ефективність колекторів може відрізнятися від заявлених виробниками характеристик. Це зумовлено впливом таких чинників, як географічне розташування, кут нахилу до Сонця,

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

спектральний склад випромінювання, погодні умови, температура повітря та час доби.

Таким чином, питання точного прогнозування й оптимізації роботи сонячних колекторів залишається актуальним. Особливої уваги потребує впровадження автоматизованих систем керування, що забезпечують стабільну та ефективну роботу установок в умовах змінного навколишнього середовища. Від її алгоритму роботи також залежить ефективність роботи системи в цілому.

Проблема вичерпності природних ресурсів є, і з кожним роком вона набиратиме обороту, адже споживання збільшується, а обсяги ресурсів відповідно зменшуються. І можна почати з малого, наприклад, поєднати дві проблеми, це використання альтернативного джерела, замість електрики. Таким чином можна поступово зменшувати витрати електроенергії, розвивати альтернативну енергетику і за допомогою неї економити, спочатку ми нагріваємо воду влітку за допомогою сонця, потім обігріваємо будинок, і акумулюємо сонячну енергію для роботи електротехніки, а згодом вже будуємо будинки відокремлені від електростанції або працюють від сонячних.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

1.1 Енергія сонця

Із зростанням попиту на енергію зростає попит на альтернативні види джерел енергії. Всесвітнє використання копалин палива призвело до критичної ситуації глобального потепління, що значно впливає на наше здоров'я, навколишнє середовище та клімат. Широкий акцент було зроблено на впровадження відновлюваних джерел енергії. Сонячна енергія є найбільш поширеною формою відновлюваних джерел енергії і може частково замінити викопне паливо.

Під дією сонця електромагнітні промені у вигляді випромінюваної енергії постійно виділяються в космос. Ці промені рухаються у просторі у всіх напрямках, а деякі досягають поверхні Землі. Енергія випромінювання сонця досягає Землі за дуже короткий період часу [1,2].

Фактично, кількість сонячної енергії, яка досягає поверхні Землі щогодини, більша, ніж наш загальний попит на енергію за один рік. Оскільки сонце яскраво світить 24 години на добу, 365 днів на рік, сонячна енергія класифікується як ресурс поновлюваних джерел енергії, і для всіх практичних цілей ми можемо розглядати потужність випромінювання сонця, як сонячну енергію. Земля отримує сонячну енергію як енергію електромагнітних хвиль. Кількість сонячної радіації, яка фактично падає на поверхню Землі в певному місці і часі, залежить від багатьох факторів, таких як час дня (ранок, день або ніч), пора року (пори року) та географічної широти на поверхні Землі.

Кількість енергії, доступне для використання в сонячній енергетичній системі, є лише дуже невеликою кількістю загального сонячного випромінювання, одержуваного землею. Це викликано головним чином через наявність хмар, самої атмосфери та умов на поверхні землі, через що більша

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

частина цієї сонячної енергії поглинається або відбивається назад у небо та космос.

Опівдні в ясний, сонячний і безхмарний день, посеред пустелі, сонячна енергія, біля поверхні землі, може досягати 1000 Вт на квадратний метр, або 1 кВт на м² площі, до сонця. У середньому для різних місць по всьому світу найбільш реалістичними є значення від 600 до 800 Вт на м². Для того, щоб отримувати максимальну кількість сонячної енергії на квадратному метрі площі, нам потрібно врахувати кут нахилу між сонцем і землею, залежність кількості сонячної енергії, що отримується від часу доби, пори року, і відстежувати зміну положення сонця щодо поверхні.

Деякі з основних видів застосування сонячної енергії:

- виробництво електроенергії;
- виробництво теплової енергії;
- обігрів будівель;
- нагрів води.

У літні місяці до поверхні землі досягає більша кількість сонячної енергії, ніж у зимові. Крім того, важливу роль відіграє географічна широта, а також стан атмосфери, хмарний покрив і т. д. Найбільш придатним з точки зору розташування збору сонячної енергії є південна півкуля, де концентрована сонячна енергія допомагає нам подолати деякі з цих недоліків.

1.2 Виробництво сонячної електроенергії

Електричну енергію або електрику можна отримати безпосередньо з сонячної енергії за допомогою фотогальванічних елементів. Фотогальванічний елемент це пристрій перетворення енергії, який використовується для перетворення фотонів сонячного світла безпосередньо в електрику. Він

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виконаний із напівпровідників, які поглинають фотони, отримані від Сонця, створюючи вільні електрони з високою енергією, рис.1.1.

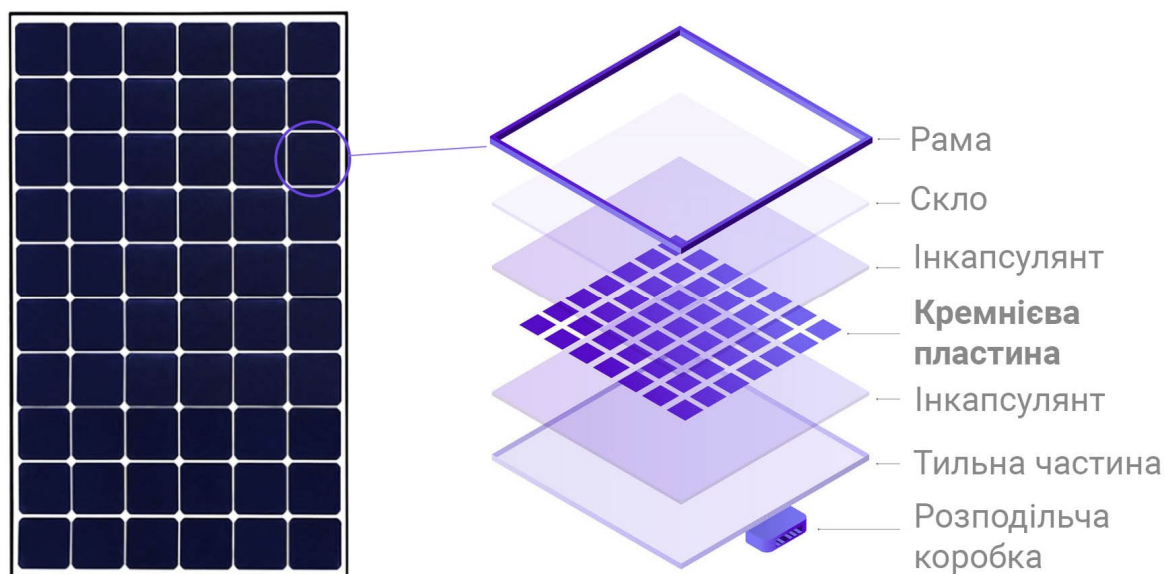


Рисунок 1.1 – Фотогальванічна панель

Фотогальванічні панелі розрізняють по особливостям конструкції: полікристалічні і монокристалічні.

Фотогальванічні елементи можуть застосовуватися в важкодоступних для прокладки ліній електропередач, місцях: для управління іригаційними насосами, дорожніх знаків, навігаційних сигналів, систем екстреного виклику, автоматичними метеорологічними станціями і т.п.

Вони також використовуються для моніторингу погоди, в якості переносних джерел живлення для телевізорів, калькуляторів, годинників, зчитувачів комп'ютерних карт, зарядки акумулятора і супутників і т. д. Крім того, фотогальванічні елементи використовуються для живлення насосних установок для зрошення, питної води постачання та забезпечення ліхтарів і т.д.

Сонячні електростанції (СЕС) це системи, що перетворюють сонячну енергію в звичну нам електроенергію. Вони можуть використовувати різні

технології для перетворення сонячної енергії в електрику і служити для різних завдань. Ось деякі з основних видів СЕС:

Мережеві сонячні електростанції. Це найпоширеніший вид СЕС, який використовує фотоелектричні панелі для перетворення сонячного світла на електрику. Панелі встановлюються на землі або даху будівель та через мережевий (On-Grid) інвертор підключені до центральної електромережі.

Автономні сонячні електростанції: Ці системи не підключені до загальної електромережі, а генерують електрику лише для використання на місці. Вони зазвичай використовуються у віддалених районах або в місцях, де немає доступу до електромережі, і включають фотоелектричні елементи, інвертор для перетворення постійної напруги в змінне і контролю роботи системи, акумулятори для накопичення та зберігання електроенергії.

Гібридні сонячні електростанції: Це системи, що поєднують у собі всі властивості мережевих та автономних електростанцій. Вони здатні працювати як разом із міською мережею, так і без неї [3,4].

Мережева сонячна електростанція (СЕС) - це система, яка використовує сонячні панелі для перетворення сонячної радіації на електрику та живлення навантаження та/або передачі його в загальну електромережу. СЕС зазвичай встановлюються на дахах будинків, комерційних будинках чи промислових об'єктах. Першочерговим завданням сонячної електростанції є економія витрат на електроенергію, шляхом її заміщення енергією, що виробляється сонячними батареями. Також дана електростанція дозволяє як економити, так і заробляти, продаючи надлишки електроенергії. Вони складаються із сонячних батарей, мережевого сонячного інвертора, монтажного, комунікаційного та захисного обладнання.

Автономна сонячна електростанція – це система генерації електроенергії, яка не підключена до загальної електромережі та працює виключно на основі використання сонячної енергії. Такі системи зазвичай використовуються у віддалених місцях, де немає можливості підключення до

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

електромережі, або як резервне джерело живлення на випадок відключення електроенергії. Однією з головних переваг автономних сонячних електростанцій є їх екологічність та незалежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля чи газ. Автономна сонячна електростанція складається із сонячних батарей, інвертора, акумуляторів, а також монтажного, комунікаційного та захисного обладнання.

Гібридна сонячна електростанція – це система генерації електричної енергії, яка поєднує функції мережної та автономної сонячної електростанції. Вона є універсальним рішенням, покликаним не лише знизити витрати на електропостачання але і заробити на продажі надлишків, але й у разі потреби забезпечити вас електроенергією при відключенні центральної електромережі. Дані системи включають сонячні батареї, гібридний сонячний інвертор, акумулятори, а також захисне, комунікаційне та монтажне обладнання.

1.3 Виробництво сонячної теплоелектроенергії

Виробництво сонячної теплової енергії полягає у перетворенні сонячної енергії в електрику за допомогою теплової енергії. У цьому способі сонячна енергія спочатку використовується для нагрівання робочої рідини, води або будь-якої іншої рідини. Потім ця тепла енергія перетворюється на механічну енергію турбіни. Нарешті, генератор, пов'язаний з турбіною, перетворює цю механічну енергію в електричну енергію. Такі системи часто називають CSP (концентровані сонячні системи).

CSP використовується для виробництва електроенергії (іноді називають сонячної термоелектрики, зазвичай генерується паром). Технологія використання дзеркал або лінз з відстеження систем дозволяє зосередити велику площу сонячних променів на невеликій площі. Концентроване світло використовується як тепло або як джерело тепла для звичайних електростанцій

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(сонячної термоелектрики). Сонячні концентратори використовуються в системах CSP. Часто можуть також бути використані для забезпечення промислового процесу нагрівання або охолодження, наприклад, сонячного кондиціонування повітря.



Рисунок 1.2 – Концентруюча сонячна електростанція

Концентруючі технології існують у чотирьох загальних формах, а саме параболічного жолоба, жолоба Stirlings, зосередженого лінійного відбивача Френеля і сонячної вежі. Незважаючи на простоту, ці сонячні концентратори дуже далекі від теоретичного максимуму концентрації. Наприклад, параболічні жолоби, концентрацією дає близько $1/3$ від теоретичного максимуму для проектування кут приймання, тобто за ті ж загальні допуски для системи. Підхід до теоретичного максимуму може бути досягнуто за допомогою більш складних концентраторів на основі спеціалізованої оптики [5].

Різні типи концентраторів виробляють різні температури піку і, відповідно, різної термодинамічної ефективності через відмінності в тому, як

вони відстежують сонце і фокус світла. Нові інновації в технології CSP є провідними системами, і стають все більш і більш рентабельними.

1.4 Сонячний обігрів будинків

Сонячна енергія може використовуватися для обігріву приміщень будівель різними способами, а саме:

- збирання сонячної радіації елементами будівлі;
- використання окремих сонячних колекторів, які можуть нагрівати воду чи повітря, та пристрої зберігання, які можуть накопичувати зібрану сонячну енергію для використання вночі та в неробочі дні.

Коли будівлі потрібно тепло, то від цих колекторів або пристроїв зберігання тепло передається вентиляторами або насосами по повітроводах і трубопроводах.

Якщо будинки не потрібні тепло, нагріте повітря або вода з колектора можуть бути переміщені до пристрою для зберігання тепла, резервуар ізольований для води або інший теплоносіє. Під час відсутності сонця в якості резервної системи потрібна допоміжна система опалення з використанням газу, вугілля або електрики [6].

1.5 Сонячний нагрів теплоносія

Пристрій для нагрівання води від сонячної енергії містить плоский металевий лист, покритий чорною фарбою, до якого кріпляться металеві трубки, обернені до сонця. Плоский колектор має прозору скляну кришку зверху та шар теплоізоляції під ним.

За допомогою труб колектор з'єднаний з ізольованим резервуаром, який зберігає гарячу воду під час похмурих днів. Колектор поглинає сонячні

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						16
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

випромінювання і передає тепло воді, що циркулює по трубах, під дією сили тяжіння, або за допомогою насоса.

Сонячні колектори бувають різних видів, рис. 1.3. Найбільш популярними в даний час і найбільш доступними (з урахуванням високого ККД та прийнятної ціни) є плоскі та вакуумні сонячні колектори.

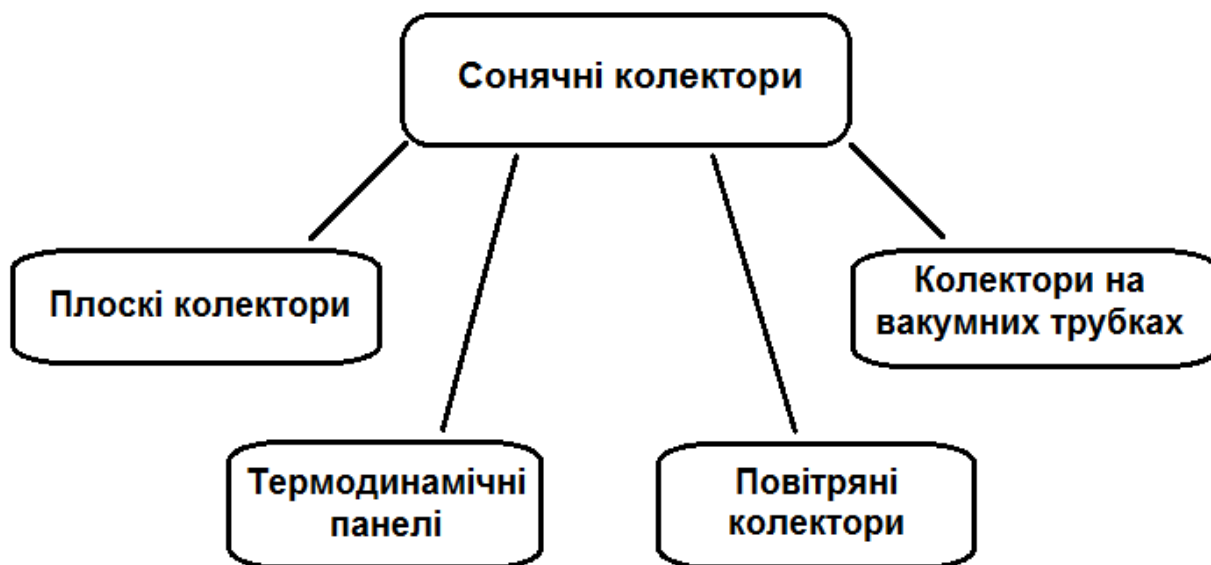


Рисунок 1.3 – Класифікація сонячних колекторів

Плоский сонячний колектор складається з трьох основних елементів: абсорбера (поглинача сонячного випромінювання), прозорого покриття та теплоізоляційного шару.

Абсорбер — це ключовий елемент, який поглинає сонячну енергію і передає її теплопровідній системі. Основний принцип роботи плоских колекторів базується на ефекті теплової пастки (парниковому ефекті): сонячне випромінювання проходить через прозоре покриття (зазвичай скло) й поглинається абсорбером. У той же час теплове випромінювання, що утворюється всередині, не виходить назад, що сприяє накопиченню тепла в колекторі[7].

Передача тепла до теплоносія здійснюється через металеві елементи, як правило з алюмінію або міді, які мають високу теплопровідність. В ролі теплоносія зазвичай використовують воду або незамерзаючу рідину, яка

відводить тепло для подальшого використання в системі опалення або гарячого водопостачання.

Чим більше сонячної енергії передається теплоносія, що протікає в колекторі, тим вища його ефективність. Важливою характеристикою сонячного колектора є виробництво гарячої води з квадратного метра його поверхні. За відсутності відбору тепла (застій) плоскі колектори здатні нагріти теплоносії до 190-200 градусів Цельсія.

Як бачимо, плоский сонячний колектор влаштований відносно легко. Найбільш високотехнологічним елементом у його конструкції є поглинаюче покриття. Очевидно, що для підвищення ефективності роботи необхідно, щоб воно поглинало як можна більшу частину енергії сонячних променів, а при нагріванні випромінювало якомога меншу частку поглиненої енергії в інфрачервоному спектрі, рис. 1.4.

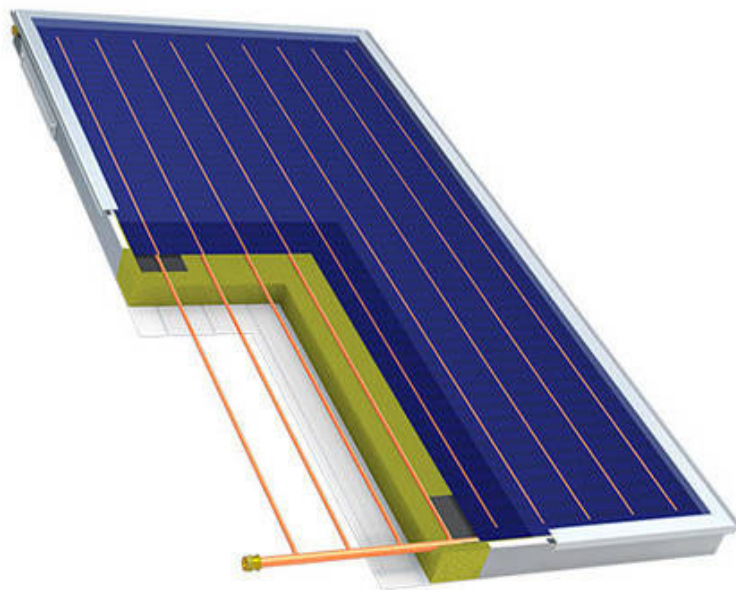


Рисунок 1.4 – Плоский сонячний колектор

При тому, що плоскі колектори є найпоширенішим типом сонячних колекторів, вони, мабуть, вже досягли найбільш оптимальних показників

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ефективності, термінів експлуатації та вартості. До їх недоліків відноситься в першу чергу нижчий ККД порівняно з вакуумними колекторами в періоди зниженої сонячної активності та в холодну пору року.

У вакуумному колекторі об'єм, де знаходиться темна поверхня, що поглинає сонячне випромінювання, відокремлений від навколишнього середовища простором, у якому створено вакуум. Так практично повністю усуваються втрати теплоти в довкілля з допомогою теплопровідності конвекції. Втрати випромінювання значною мірою пригнічуються з допомогою застосування селективного покриття [8].

Оскільки повний коефіцієнт тепловтрат у вакуумному колекторі є надзвичайно низьким, він здатен ефективно акумулювати сонячну енергію практично за будь-яких погодних умов, майже не залежачи від зовнішньої температури. Його переваги стають особливо помітними, коли температура повітря опускається нижче +15 °С.

У холодну пору року, за від'ємних температур, вакуумні колектори є практично безальтернативним рішенням.

Сонячні теплові системи, побудовані на базі вакуумних колекторів, можуть застосовуватись як для забезпечення гарячого водопостачання, так і для опалення будинків. У літній період вони здатні повністю задовольнити потреби в гарячій воді, а в інші пори року забезпечити до 60% потреб завдяки використанню сонячної енергії.

У найсучасніших та найефективніших моделях вакуумних колекторів використовуються теплотрубки (термотрубки) — герметичні мідні трубки, заповнені рідиною з низькою температурою кипіння. Під впливом тепла ця рідина випаровується, поглинаючи тепло від вакуумної трубки. Пари підіймаються у верхню частину трубки, де конденсуються, передаючи тепло теплоносію. Конденсат, охолоджуючись, повертається вниз, і цикл повторюється. Передача тепла здійснюється через мідну гільзу, що дозволяє ізолювати контур теплоносія від самих трубок. Завдяки такому рішення, у разі

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

пошкодження однієї з трубок, вся система продовжує працювати без зупинки, а заміна окремої трубки не потребує зливу незамерзаючої рідини з теплообмінного контуру. Колектори з термотрубками можуть працювати при температурах до -35°C (скляні моделі) і до -50°C (з металевими теплотрубками), як показано на рисунку 1.5.

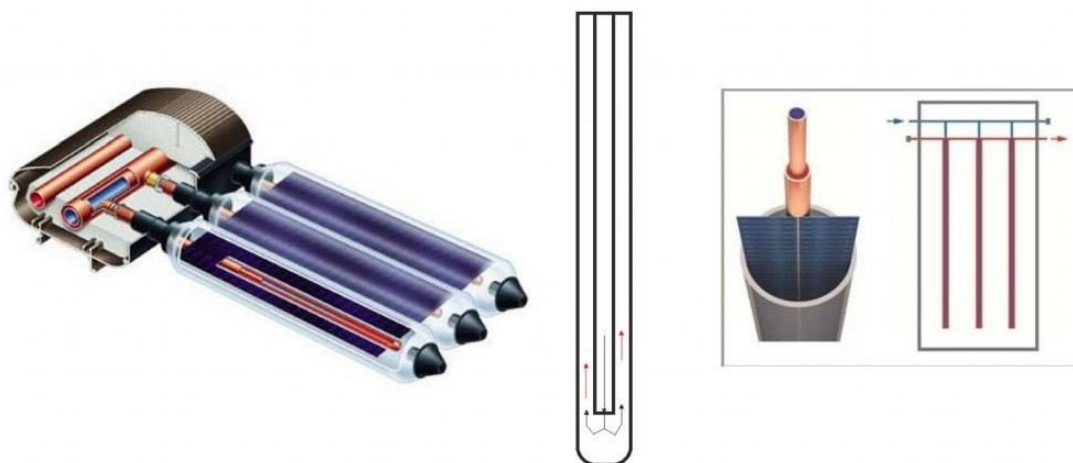


Рисунок 1.5 - Сонячний колектор із вакуумними трубками

Плоскі колектори, у свою чергу, мають іншу конструкцію — вони оснащені теплоізоляційним корпусом, спеціальним покриттям, ущільненим захисним склом та міцною задньою стінкою, що забезпечує тривалий термін служби. Ці колектори мають меншу вартість, ніж вакуумні трубчасті, прості в установці, можуть монтуватися як на плоских, так і на скатних дахах, вбудовуватись у покрівлю або фасад будівлі.

В улаштуванні трубчастих вакуумних колекторів абсорбер знаходиться всередині герметичної скляної трубки з вакуумом — подібно до термоса. Завдяки високим теплоізоляційним властивостям вакууму, втрати тепла у таких системах значно менші порівняно з плоскими колекторами, особливо при високих температурах. Проте для стабільної і довговічної роботи таких установок вкрай важливо забезпечити якісну герметизацію вакуумного простору навколо абсорбера [9].

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

Типи площ у сонячних колекторах:

Площа брутто — це загальні зовнішні розміри колектора, які визначаються як добуток його довжини на ширину. Цей показник не впливає на продуктивність обладнання, але є важливим для проєктування місця встановлення та вибору транспорту для перевезення.

Площа абсорбера — відображає площу активної поверхні, що безпосередньо поглинає сонячну енергію. У плоских абсорберах перекриття між пластинами не враховуються, оскільки ці зони не беруть участі у теплопередачі. У трубчастих колекторах враховується вся площа циліндричних абсорберів, навіть якщо деякі ділянки не піддаються прямому опроміненню, що може призвести до того, що площа абсорбера перевищує площу брутто.

Площа апертури — термін з оптики, що описує максимальну проєкційну площу, через яку сонячне випромінювання може проникати всередину колектора. У плоскому колекторі це видима зона за склом у межах рами колектора.

У трубчастих вакуумних колекторах, які оснащені як плоскими, так і циліндричними абсорберами та не мають відбивальних поверхонь, апертурну площу визначають шляхом підсумовування поздовжніх перерізів усіх скляних трубок. Це пояснюється конструктивними особливостями: у скляних трубках верхня та нижня частини зазвичай залишаються вільними від абсорбційних пластин, тому в цих зонах не відбувається поглинання сонячної енергії. Унаслідок цього загальна площа апертури в таких колекторах дещо перевищує площу самого абсорбера.

Зазвичай при розрахунках ефективності та продуктивності колекторів використовується саме апертурна площа. Однак у певних випадках, залежно від специфіки завдання чи конструкції, може застосовуватись і площа абсорбера.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Термодинамічні сонячні панелі - це нова розробка у сфері відновлюваних джерел енергії. Конструктивно вони нагадують теплові насоси і встановлюються на даху або стінах, як звичайні сонячні панелі. Концепція термодинамічної сонячної технології полягає в тому, що вона діє за принципом зворотного холодильної камери і відрізняється від звичайних сонячних колекторів тим, що вони не використовують сонячну радіацію для нагрівання теплоносіїв, рис.1.6.

Через панелі проходить холодоагент, який поглинає тепло. У процесі нагрівання тепло перетворюється на газ, температура якого підвищується за рахунок стиснення. Далі нагрітий газ переноситься на теплообмінну котушку, розташовану в ємності з водою. Вода в ємності нагрівається до 50-60 ° С і може використовуватися в технічних потребах.

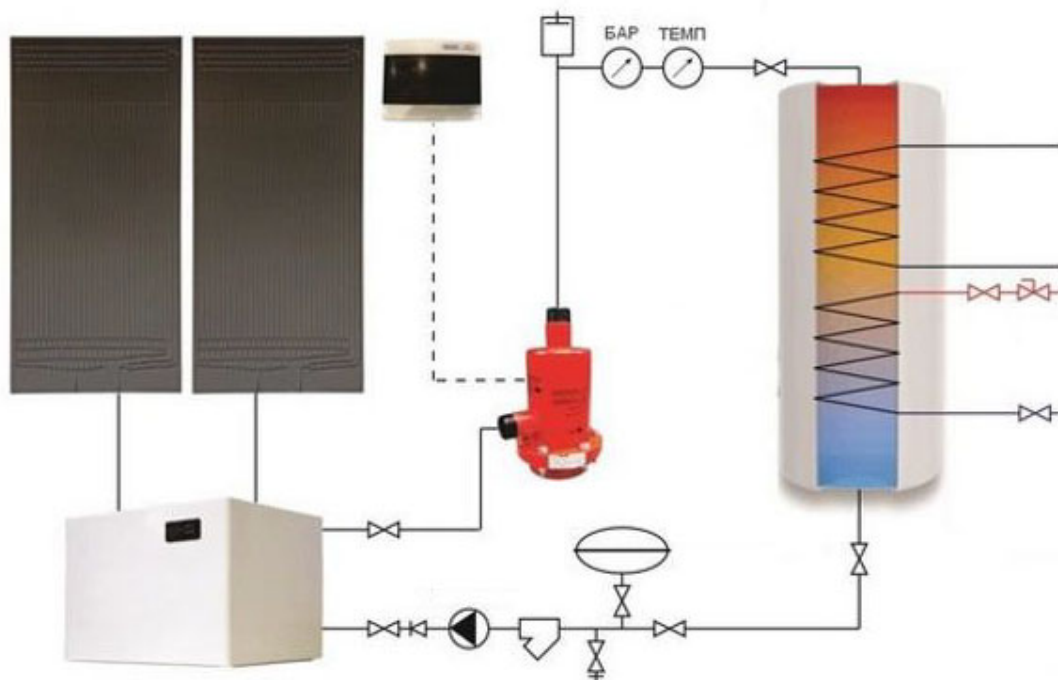


Рисунок 1.6 - Функціональна схема термодинамічної сонячної панелі із схемою включення

Повітряні сонячні колектори. Технологія сонячного повітряного опалення полягає в поглинанні сонячної енергії та подальшого обігріву ним повітря. Головним чином вона застосовується для обігріву чи кондиціонування

повітря у будинках. Такий спосіб найбільш вигідний з економічної точки зору в промислових та комерційних цілях, рис.1.7.

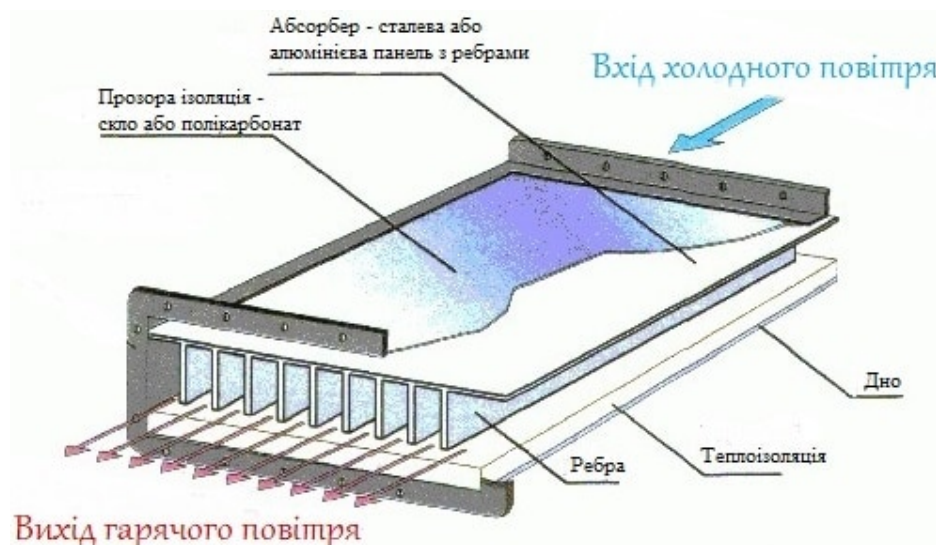


Рисунок 1.7 – Повітряний сонячний колектор

Повітряні сонячні колектори успішно можуть застосовуватися в господарських цілях, таких як сушіння білизни, сільгоспроботах та інших видах сушіння.

Переваги таких колекторів:

- нагрів безпосередньо повітря кімнати без проміжних ланок;
- можливість роботи в зимній період без додаткових затрат;
- простота експлуатації;
- простота монтажу;
- відсутність необхідності обслуговування;
- низька вартість.

Зважаючи на вищевказані причини самим ходовим типом геліоустановок в Україні є плоский рідинний сонячний колектор. Вони мають невелику ціну і також забезпечують всесезонне отримання тепла, хоч і меншою мірою, ніж вакуумні колектори. Крім того, вони прості в обслуговуванні та їх практично не потрібно очищати від снігу та льоду. Вони прості та дешеві у виготовленні. Існує безліч корисних моделей таких колекторів з різною конструкцією і технологією виготовлення. Багато з цих моделей мають міжнародні та

									КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
										23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

українські патенти. Однак далеко не всі з них ефективні в період з холодним повітрям і вони не дозволяють максимально використовувати потенціал сонячної енергетики в цей регіонах. Крім того, відсутність автоматичних систем управління роботою таких систем управління значно зменшує їх ефективність і коефіцієнт корисної дії. Тому плоскі рідинні сонячні колектори і їх системи управління є актуальним та наукомістким об'єктом дослідження.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		24

2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

2.1 Розробка структурної схеми

Проектування будь-якої системи управління починається з розробки структури самої автоматизованої системи (рис. 2.1).

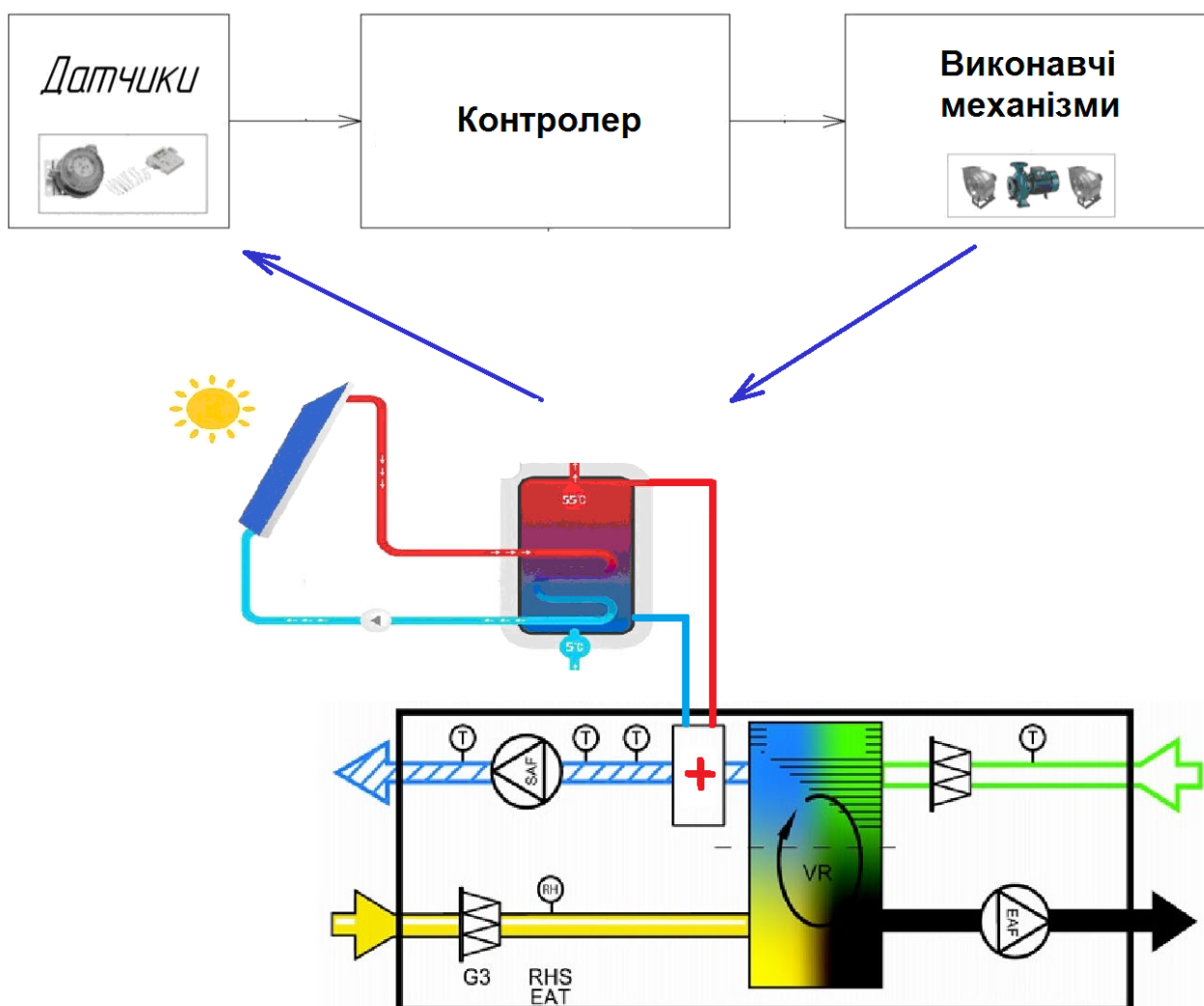


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи вентиляції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ

Арк.

25

Структура системи включає сам об'єкт управління що являє собою сонячний колектор і ємність для накопичення теплової енергії. Накопичена тепла енергія використовується для нагріву повітря для системи вентиляції. Таким чином енергія сонця використовується як для підготовки повітря, так і в сукупності для системи опалення в перехідний період, що дозволяє не використовувати прями системи оплення.

Датчики виконують функцію збору інформації про стан системи, тобто носять інформативну функцію. Сюди може відноситись інформація про температуру, тиск, витрату, все залежить від складності системи в цілому.

Виконавчі механізми відповідають за вплив на технологічну схему, тобто управління насосами, клапанами, нагрівними чи охолоджуваними елементами схеми.

Контролер виконує функцію центрального збору і обробки інформації та на основі закладеного алгоритму і отриманих даних здійснює управління виконавчими механізмами автоматизованої системи управління. Контролер при цьому може бути як вільно програмованим, тобто потребуватиме розробки власного алгоритму управління на мові програмування, що використовується в даному контролері, але зазвичай використовується мова функціональних блоків, так звана мова FBD. Таких підхід вимагає глибоких знань програмування і тонкощів розробки алгоритму. Окрім цього такий підхід потребує більше часу як на розробку, так і на відладку. Інший шлях передбачає використання спеціалізованих контролерів загально інженерних систем з уже закладеним алгоритмом управління сонячним колектором. Такий підхід значно спрощує розробку, збільшує надійність роботи автоматизованої системи, зменшує час на введення в експлуатацію. Таким чином затрати часу полягають тільки в налаштуванні алгоритму під умови самої системи, кількість і тип давачів, кількість і тип виконавчих механізмів [10]. При цьому знань в області програмування не має потреби. Недоліком є необхідність

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

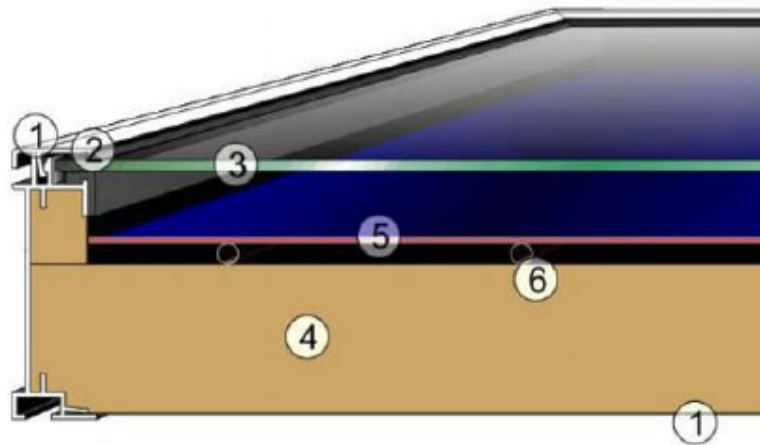
обрання контролера під параметри нашої системи, відсутність можливості модернізації чи глибокої корекції системи.

2.2 Вибір типу сонячного колектора

Сонячні колектори у своїй більшості діляться на два основні типи: плоский сонячний колектор і вакуумний сонячний колектор. Для даної системи було обрано саме плоский сонячний колектор як із фінансової так із функціональної точки зору.

Цей вид колекторів являє собою плоский металевий ящик, який має прозоре скління, що закриває зверху пластину, покриту чорним, абсорбуючим матеріалом. Сторони та дно колектора покриті теплоізоляційним матеріалом, щоб мінімізувати втрати тепла на інші частини колектора. Сонячне випромінювання проходить через прозорий матеріал скління і потрапляє на пластину поглинача. Ця пластина нагрівається, переносячи тепло на воду або повітря, яке утримується між склінням та пластиною поглинача. Іноді ці пластини фарбуються спеціальними покриттями, призначеними для поглинання та збереження тепла краще, ніж традиційна чорна фарба. Пластини зазвичай виготовляються з металу, який є хорошим провідником - зазвичай мідь або алюміній, рис. 2.2.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



1 – рама, 2 – ущільнювач, 3 – скло, 4 – теплоізолятор, 5 – абсорбер, 6 – металічні труби

Рисунок 2.2 – Будова плоского колектора

Сонячні колектори з плоскими абсорбційними пластинами зазвичай функціонують у температурному діапазоні від 30 до 80 °С, при якому досягають найвищої ефективності. Однак новітні модифікації таких колекторів, що оснащені вакуумною теплоізоляцією, здатні забезпечувати нагрів до значно вищих температур — аж до 100 °С. Відомо, що завдяки застосуванню селективних покриттів температура застійної рідини в плоскому колекторі може сягати 200 °С [11].

Для підвищення ефективності роботи колектора використовується спеціальне загартоване скло з низьким вмістом металевих домішок, яке має високий коефіцієнт світлопропускання — до 95%. У процесі нагрівання це покриття випромінює теплову енергію, основна частина якої припадає на інфрачервоний спектр. Скло практично не пропускає інфрачервоне випромінювання, завдяки чому теплова енергія утримується всередині колектора, забезпечуючи ефективну акумуляцію сонячного тепла. Передача теплової енергії до теплоносія відбувається через спеціальні конструктивні елементи, виготовлені здебільшого з алюмінію або міді. Виведення тепла здійснюється за допомогою теплоносія — води або спеціального незамерзаючого розчину.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

До переваг таких колекторних систем належить їх здатність до самоочищення від снігу та інею, висока ефективність роботи в літній період, а також універсальність у встановленні — вони можуть монтуватися під будь-яким необхідним кутом.

Плоскі сонячні колектори мають ряд додаткових переваг:

- простота виготовлення;
- дешевизна;
- поглинає як пряме, так і розсіяне сонячне випромінювання;
- встановлюється нерухомо та не потребує додаткових пристроїв стеження;
- простота технічного обслуговування;

До недоліків таких систем можна віднести значні втрати тепла під час експлуатації, що знижує їхню загальну ефективність. Крім того, у холодну пору року працездатність цих колекторів помітно зменшується. Монтаж системи також є досить складним процесом, зокрема через необхідність транспортування повністю зібраного колектора на дах будівлі. Додатковим ускладненням є висока парусність при монтажі колектора на підставці, що може вимагати додаткових кріплень або конструктивного підсилення.

Включення сонячного колектора в систему передбачає вибір між двома системами: одно контурна система і двоконтурна система. Так як передбачається робота в перехідні періоди і мінімальне обслуговування, було вирішено обрати двоконтурну систему через ряд своїх переваг [12].

Двоконтурні геліосистеми передбачають наявність двох контурів.

У двоконтурних сонячних геліосистемах у контурі, що з'єднаний із сонячними колекторами, циркулює спеціальний теплоносіє. Як правило, це нетоксична незамерзаюча рідина, яка містить антикорозійні та протипінні добавки. Передача теплової енергії від цього теплоносія до води здійснюється через теплообмінник, роль якого зазвичай виконує спіральна труба, розташована всередині накопичувального бака — так званий «змійовик».

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Хоча подібні системи характеризуються дещо нижчим коефіцієнтом корисної дії порівняно з прямоточними варіантами, вони мають перевагу у можливості стабільної роботи навіть за мінусових температур зовнішнього середовища. Окрім цього, використання спеціального теплоносія значно знижує ризик корозійного зносу компонентів колектора, а також запобігає утворенню сольових відкладень, що часто трапляється при застосуванні води зі свердловин у ролі теплоносія.

Переваги двоконтурних систем:

- підвищена надійність роботи (сонячні колектори завжди у хорошому стані, оскільки у них виключені причини осадження солей та грязьових відкладень);
- безпека роботи при від'ємних температурах;
- не потребують додаткового обслуговування;
- більш тривалий (ніж у одноконтурних систем) гарантований ефективний термін експлуатації (від 10 до 50 років).

Недоліки двоконтурних систем:

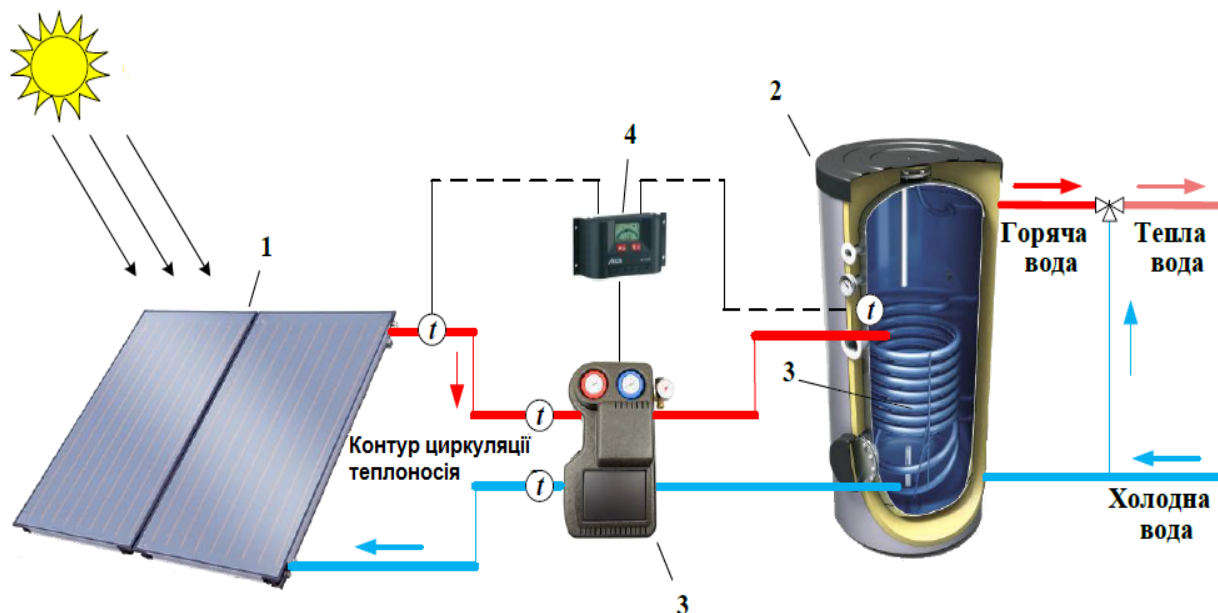
- незначне зниження ефективності роботи, в порівнянні з одноконтурними системами внаслідок наявності додаткових теплових втрат у колекторах та трубопроводі, а також через необхідність застосування теплообмінника (близько 2–5 %);
- якщо застосовується незамерзаючий теплоносій, то також трохи погіршується ефективність системи через нижчу його теплопровідність (порівняно з водою);
- необхідність періодичної заміни теплоносія (перевірка стану виконується кожні 6–7 років із можливою заміною).

У двоконтурних системах з природною циркуляцією до колектора в баку-акумуляторі вбудовують теплообмінник. Замість теплообмінника може використовуватися бак з подвійним корпусом, де простір внутрішнього бака

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вміщено в «сорочку» зовнішнього. У такому випадку як теплоносієм використовується антифриз на основі пропіленгліколю [13].

У двоконтурній геліосистемі з примусовою циркуляцією (рис. 2.3), крім сонячного колектора 1, бака-акумулятора 2 і теплообмінника 5, є насосна станція 3 та контролер 4.



1 – сонячний колектор; 2 – бак акумулятор; 3 – насосна станція; 4 – контролер; 5 – теплообмінник

Рисунок 2.3 – Схема двоконтурної геліосистеми з примусовою циркуляцією теплоносія

2.3 Розробка функціональної схеми

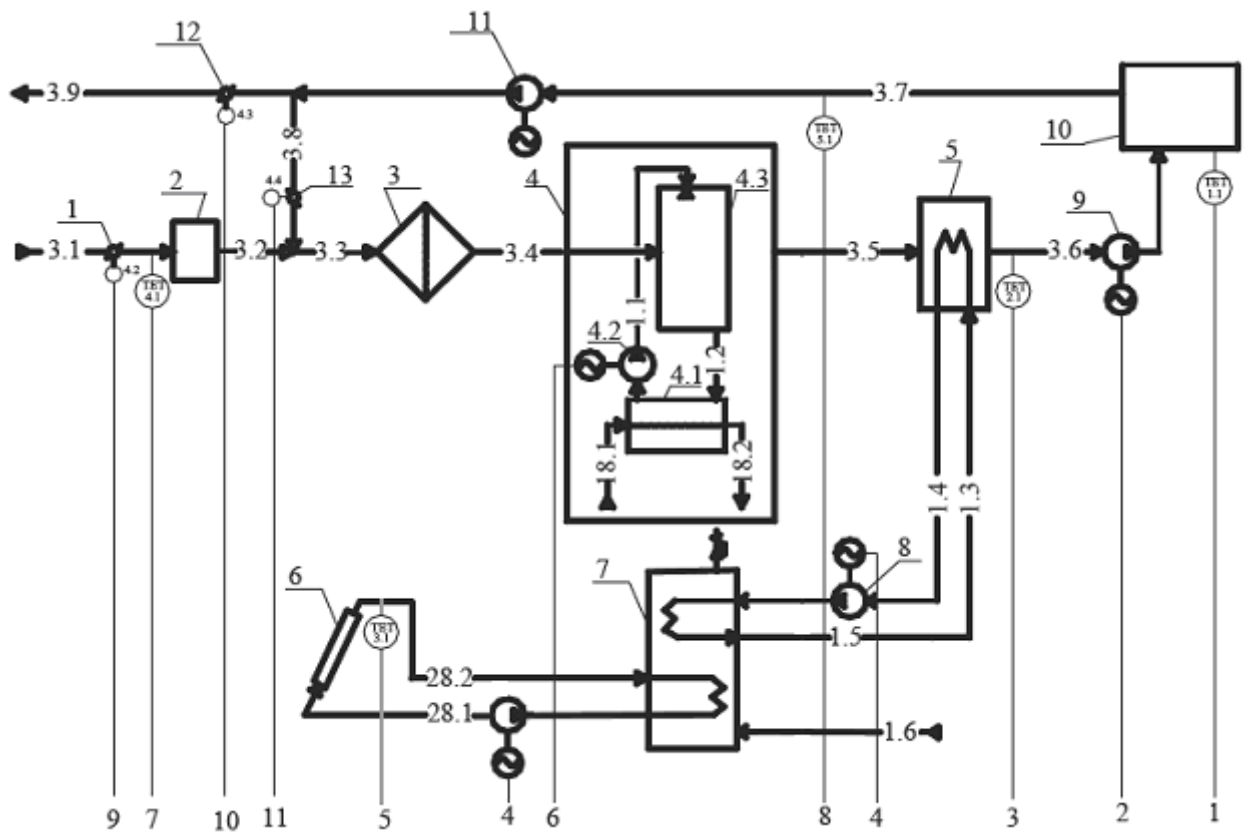
Для підвищення енергоефективності інженерних систем житлово-комунального господарства є доцільним застосування автоматизації системи сонячних колекторів.

В результаті була розроблена функціональна схема автоматизації технологічних процесів систем сонячних колекторів та кондиціонування

повітря офісних приміщень з рециркуляцією при роботі в літній період із застосуванням сучасних контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації, в тому числі мікропроцесорного контролера. Через складну технологічну схему вищевказаних процесів без втрати спільності підходу до розробки функціональної схеми автоматизації технологічного процесу розглянемо короткий опис фрагмента зазначеної схеми, рис. 2.4.

Зовнішнє повітря (3.1) через клапан (1) подачі цього повітря надходить у повітроприймальний блок (2), після якого повітря (3.2) змішується з рециркуляційним повітрям (3.8) і змішане повітря (3.3) надходить на фільтр (3) для очищення повітря. Після фільтра (3) повітря (3.4) надходить у стількову камеру зволоження (4), до складу якої входять: охолоджувач (4.1) фреоно-водяний; насос (4.2) з електродвигуном подачі холодної води (1.1) в камеру зрошення (4.3), де вона розпорошується і відбувається зволоження повітря, що надходить (3.4) за рахунок досягнення ним «точки роси» (100% вологість) і нагрівання холодної води (1.1), в результаті чого нагріта вода в 1.2. (4.1) фреоно-водяний. Зволожене повітря (3.5) надходить у повітронагрівач другого підігріву (5), де він нагрівається за рахунок теплообміну з нагрітою водою (1.3), що проходить через нього, яка, охолоджуючись після повітронагрівача другого підігріву (5), стає холодною (1.4) і подається в бак-акумулятор (8).

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прилади по місцю			NS 1.2		NS 2.2		NS 3.2					
КОНТРОЛЕР	контроль											
	сигналізація											
	управління											

1, 12 - клапан (жалюзі), 2 - повітроприймальний блок, 3 – фільтр очистки вхідного повітря, 4 – блок охолодження вхідного повітря, 5 – блок нагріву вхідного повітря, 6 – плоский сонячний колектор, 7 – бак акумулятор, 8 – циркуляційний насос, 9, 11 – притічний і витяжний вентилятори, 13 – рециркуляційний вентиль

Рисунок 2.4 – Функціональна схема автоматизації

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ

Арк.

33

Одночасно із зазначеним відбувається наступний технологічний процес теплообміну. Холодний водний розчин пропіленгліколю (28.1) подається в сонячні колектори (6) насосом з електродвигуном, після яких гарячий водний розчин пропіленгліколю (28.2) надходить у бак-акумулятор (7), де за рахунок теплообміну з холодною водою (1.4) стає холодним і повертається в сонячні колектори (6). Вода (1.5) у бак-акумулятор (7) надходить із водопровідної мережі під тиском. У разі збільшення свого обсягу при нагріванні водний розчин пропіленгліколю (28.2) надходить у розширювальний бак.

У баку-акумуляторі (7) за рахунок теплообміну з водою (1.5) холодна вода (1.4) нагрівається, стає теплою (1.3) і надходить у повітрянагрівач (5) другого підігріву, де за рахунок теплообміну з зволженим повітрям (3.5) стає холодною (1.4). Після повітрянагрівача другого підігріву (5) охоложене повітря (3.6) подається вентилятором (9) з електродвигуном до приміщень офісу (10), в яких необхідно забезпечити необхідну температуру та відносну вологість повітря відповідно до санітарних норм.

Точність керування температурою повітря у приміщеннях офісу (10) становить ± 1 °С, а відносною вологістю ± 7 %. Відносну вологість повітря в приміщеннях зазвичай контролюють за температурою «точки роси» зволоженого повітря (3.5), а керують зміною витрати холодної води (1.1) перед камерою зрошення (4.3) за рахунок зміни числа обертів електродвигуна насоса (4.2). Для забезпечення заданої точності керування температурою повітря в приміщеннях офісу (10) необхідно забезпечити її контроль та керування зміною витрати охоложеного повітря (3.6) для подачі в ці приміщення зміною числа обертів електродвигуна вентилятора (9) подачі повітря. У приміщеннях офісу (10) це повітря нагрівається та його необхідно видаляти. Нагріте повітря (3.7) з приміщень видаляється вентилятором (11) з електродвигуном. Частина нагрітого повітря (3.7) через клапан (12) викидається при необхідності в атмосферу, а інша частина цього повітря, яка називається рециркуляційним повітрям (3.8), через клапан (13) подачі цього повітря подається на змішування

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

з повітрям (3.2). У дуже спекотні періоди літа температура зовнішнього повітря (3.1) часто стає більшою за температуру нагрітого повітря (3.7). Для економії енергетичних ресурсів необхідно передбачити контроль температур зовнішнього (3.1) та нагрітого (3.7) повітря та керувати їх витратами: зовнішнього повітря (3.1) – до припинення його подачі за рахунок повного закриття клапана (1); повітря, що видаляється (3.9) – аж до припинення його викиду за рахунок повного закриття клапана (12) видалення повітря; рециркуляційного повітря (3.8) – повне його використання за рахунок повного відкриття клапана (13) подачі рециркуляційного повітря (3.8) при досягненні температури зовнішнього повітря (3.1) значення на 0,5 °С більше значення температури нагрітого повітря (3.7).

2.4 Вибір елементної бази

Для роботи системи необхідно здійснити вибір давачів з метою отримання інформації від об'єкта і її передачі контролеру управління.

Для управління системою притічно-витяжною вентиляцією використовуються наступні давачі:

- давач температури вхідного повітря;
- давач температури теплоносія в системі плоского сонячного колектора;
- давач температури повітря в приміщенні;
- давач температури притічного повітря;
- давач тиску теплоносія в системі плоского сонячного колектора;
- давач вологості повітря в приміщенні.

Для давачів температури було вирішено обрати датчики температури Pt1000.

Датчик температури Pt1000. Датчик температури (PT1000) ТТ-14.04.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Канальний датчик температури (Pt1000) ТТ-14.04 – це промисловий (ТСП) вимірник широкого спектру застосування, рис.2.5.



Рисунок 2.5 — Датчик температури Pt1000

Технічні особливості:

- термоопір – Pt1000;
- висока точність - 0,5%;
- індивідуальний підбір довжини детектора;
- регульована довжина сенсора.

Канальний датчик температури (Pt1000) ТТ-14.04 призначений для промислових вимірювань температури у сільському господарстві, гідравліці, вентиляції, різних ємностях та місцях виробництва.

Окремо для вимірювання кімнатної температури і вологості оберемо датчик СТН-01М від українського виробника давачів і автоматики Раут Автоматик, рис. 2.6.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 2.6 – Датчик температури і вологості STH-01M

Даний датчик поєднаний в одному корпусі з модулем мережного вводу. Модуль працює за інтерфейсом Modbus RTU..

Параметри датчика температури і вологості:

- діапазон вимірювання температури 0 ... +50 ° C;
- точність вимірювання температури $\pm 0,4$ °C;
- діапазон вимірювання вологості 0... 100 %;
- точність вимірювання вологості $\pm 3\%$;
- кріплення на стіну;
- ступінь захисту IP20;
- комбінований вихідний сигнал: два канали 0...10В та інтерфейс RS-485 (Modbus RTU);
- живлення 24 В.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для контролю тиску теплоносія використовується датчик тиску фірми Aplisens моделі PC-28, рис.2.7.



Рисунок 2.7 — Датчик тиску PC28

Датчики цього типу, відомі як перетворювачі тиску, призначені для вимірювання надлишкового, абсолютного тиску, а також розрідження в середовищах, що містять газу, пари або рідини. Основним елементом, що здійснює вимірювання, є монолітна кремнієва структура з п'єзорезистивними властивостями, яка інтегрована безпосередньо в корпус приймача тиску. Водночас цей приймач ізолюється від середовища вимірювання за допомогою роздільної мембрани, а простір між ними заповнений спеціальною манометричною рідиною, що забезпечує передачу тиску до сенсора.

Залита силіконовим компаундом електрична схема розміщена в корпусі із ступенем захисту IP65 чи IP68 в залежності від обраного електричного захисту. Схема електричних з'єднань представлена на рис. 2.8.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

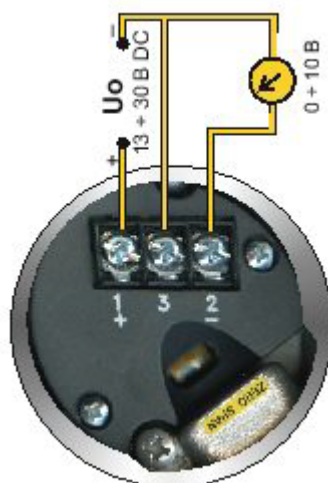


Рисунок 2.8 – Схема електричних з'єднань

Дане підключення передбачає наявність зовнішнього живлення в діапазоні 13-30В напруги постійного струму. При цьому вихідний сигнал складає 0-10В, що для більшості контролерів не є проблемним для підключення. Діапазон вимірювального тиску обраного давача надлишкового тиску складає діапазон 0-0.5 МПа.

Для автоматичних пуску/зупинки електродвигунів відповідних насосів та вентилятора, а також зміни їхньої кількості обертів як виконавчий механізм застосовуємо електромагнітний пускач у комплекті типу ПМЕ (поз. 1.2, 2.2, 3.2), рис. 2.4. У випадку необхідності застосування зміни частоти обертів для електродвигунів вентилятора, використовується частотний перетворювач. З цією метою обрано частотний перетворювач CFM210.

Перетворювач частоти CFM210 — провідна модель, що посідає перше місце за популярністю завдяки високому попиту та довірі з боку користувачів.

Основною перевагою цієї серії є підтримка електродвигунів потужністю до 3,3 кВт із можливістю живлення від стандартної мережі 220 В. Важливо й те, що пристрої серії CFM210 виконані в класичному форм-факторі з активним повітряним охолодженням і повною комплектацією: різноманітні зовнішні входи/виходи, широкий набір програмованих функцій та налаштувань, рис. 2.9.

										Арк.
										39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ

Для зручності користувача всі програмовані параметри структуровано за функціональними групами, що значно спрощує процес конфігурації.

Конструкція зі знімною панеллю керування дозволяє здійснювати монтаж пристрою в захищених шафах на відстані від основного робочого місця, забезпечуючи гнучкість в організації системи.

Потужність частотного перетворювача складає 1.1кВт, вихідна частота 1-800Гц..



Рисунок 2.9 – Частотний перетворювач CFM210

2.5 Вибір контролера управління

Для зручності автоматизації даної технологічної схеми було прийнято рішення розділити її на дві структурні одиниці: підсистема сонячного плоского колектора і підсистема вентиляції. Такий поділ дозволяє хоч і

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ускладнити і роз концентрувати систему, проте аналіз ринку контролерів не дозволив віднайти контролер, що поєднує роботу обидвох підсистем. Аналіз технологічної схеми дозволяє використати два окремі контролери без незадовільного взаємовпливу контролерів один на одного.

Для функціонування підсистеми сонячного плоского колектора було обрано контролер HelioSun M1, рис. 2.10.

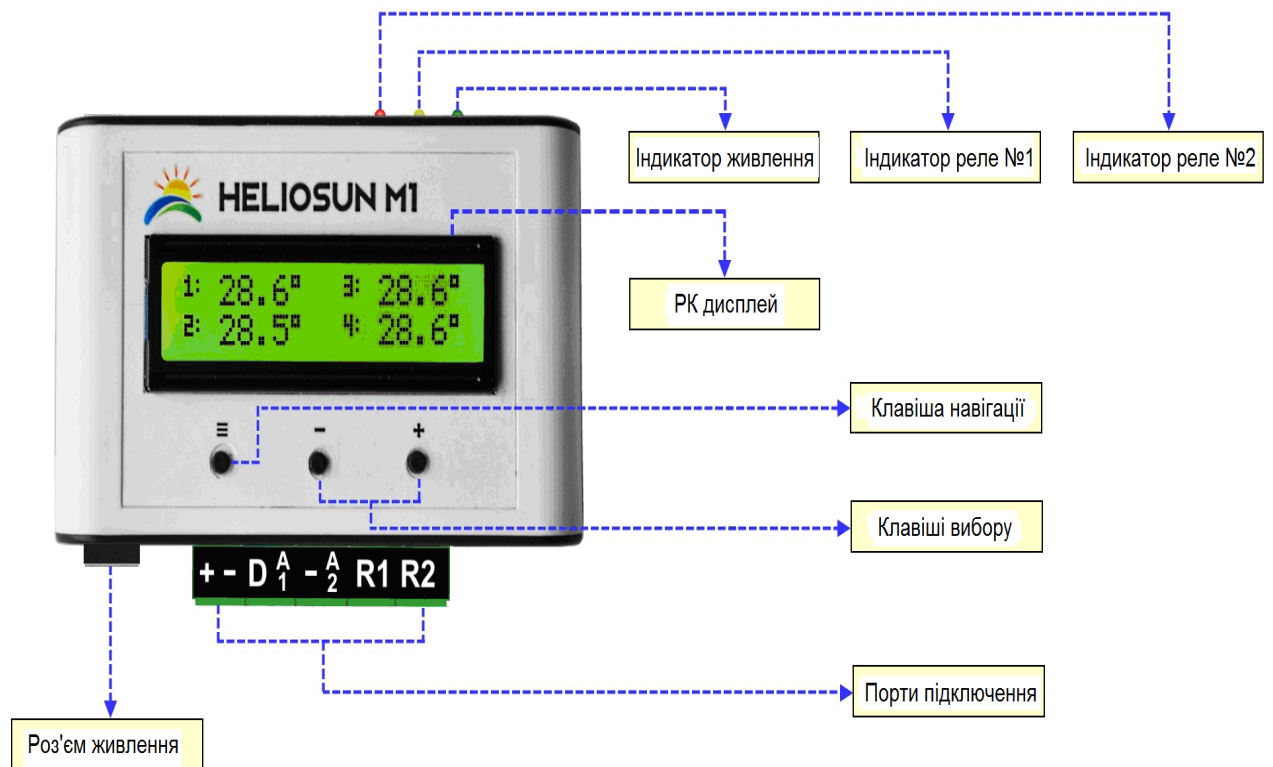


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд контролера плоского сонячного колектора Heliosun M1

HelioSun M1 – це універсальний компактний контролер, який підтримує роботу всієї геліосистеми. У контролері передбачено два реле для підключення насосів, клапанів і т.д [14].

Кожне реле містить цілу низку додаткових параметрів, які дають можливість використовувати контролер у геліосистемах, як регулятор теплої підлоги або як два незалежні терморегулятори з можливістю встановлення:

різниці температур (дельти), гістерезис, пріоритетів, мінімальної та максимальної температури, функції антизамерзання і т.д.

Контролер вже містить готові налаштування для найпоширеніших схем геліосистем, достатньо обрати потрібну схему і контролер працює і виконує свої функції на заводських налаштуваннях.

Основні функції контролера :

- дельта і гістерезис;
- система пріоритетів;
- встановлення власних параметрів;
- корекція температури;
- захист від перегріву
- режим антизамерзання;
- підтримка 12 давачів температури

Для включення контролера необхідно скористатись блоком живлення з напругою 7-16v та мінімум 700mA. Блок живлення підключайте до мережі лише після підключення всіх проводів до контролера.

Для підключення аналогових датчиків температури до контролера використовуються порти "A1", "A2" і "-". Для підключення першого датчика достатньо один провід датчика підключити в роз'єм "A1", а другий в порт "-". Другий датчик підключається за такою ж схемою - один провід датчика потрібно підключити в порт "A2", а другий в порт "-".

Аналогові датчики температури мають найвищий пріоритет над цифровими датчиками та відображаються першими на головному екрані.

Якщо аналоговий датчик температури розташований на великій відстані від контролера, рекомендується використовувати кабель з більшим перетином

Для підключення цифрових датчиків до контролера використовуються порти "D", "+" і "-". Червоний провід датчика необхідно підключити до порту "+", чорний провід підключається в роз'єм "-", а жовтий до порту "D". Контролер HelioSun M1 підтримує до 10 цифрових датчиків температури.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

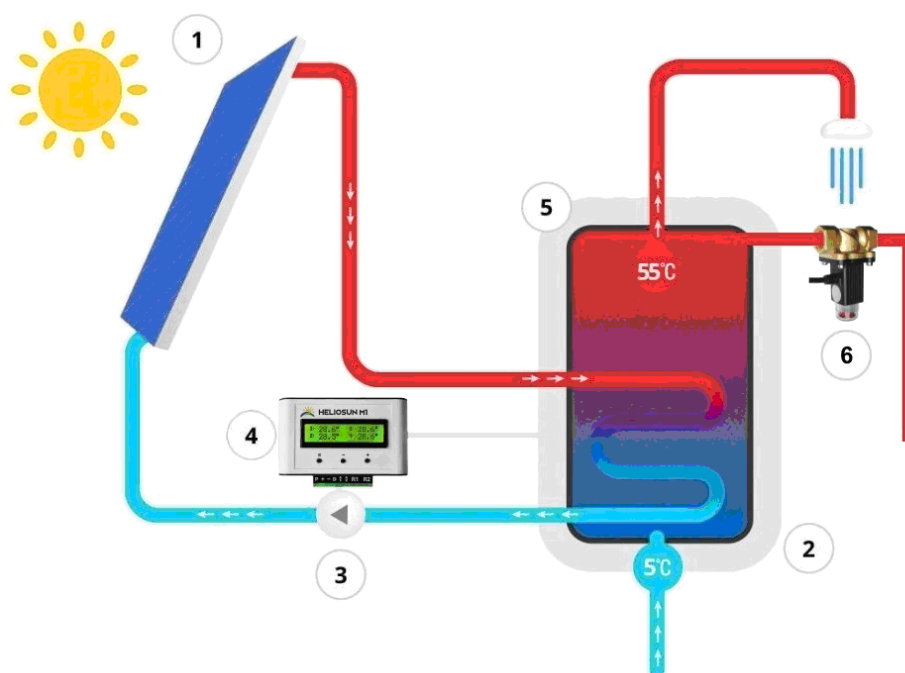
Підключення до реле насосів, клапанів та іншої периферії.

Вся периферія підключається до реле у розрив. Реле працює як із змінною, так і постійною напругою. Максимальне навантаження кожне реле 10А.

У контролері HelioSun M1 передбачені кілька популярних та найбільш затребуваних схем.

Додатково параметри кожної схеми можна налаштувати під конкретні вподобання. Також можна налаштувати кожне реле вручну для створення власної схеми. Інформація про розширене налаштування контролера знаходиться в розділі «опис меню».

За замовчуванням, у контролері встановлено схему №1 (тепловий акумулятор з підтримкою функції «bypass»), рис.2.11.



1 – сонячний контролер, 2 – бак акумулятор, 3 – циркуляційний насос, 4 – контролер геліосестими, 5 – датчик температури, 6 – клапан скиду тепла

Рисунок 2.11 – Схема включення контролера у технологічну схему

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

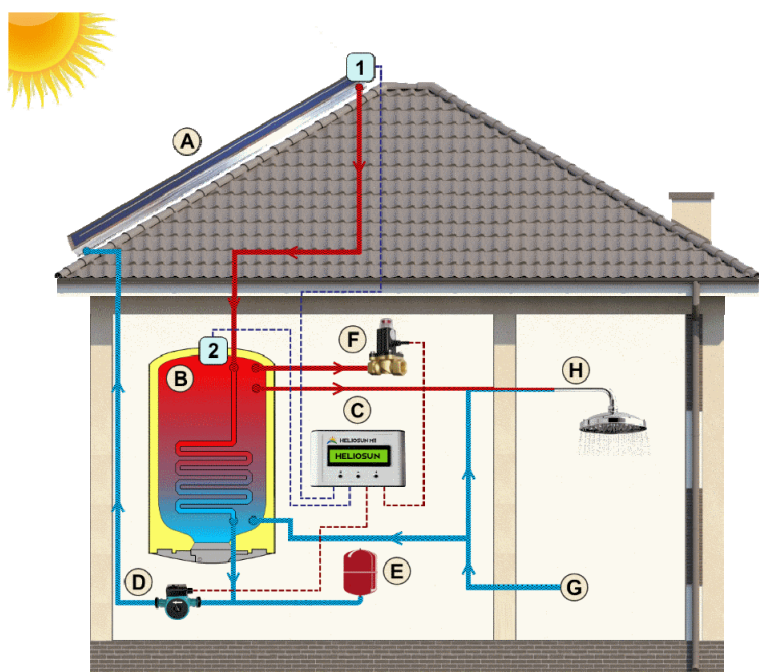
КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ

Арк.

43

Циркуляційний насос №1 включатиметься, коли температура сонячного колектора виявиться вищою за температуру теплового акумулятора (ТА) на 5°. Насос №2 включатиметься, коли температура ТА досягне 80°.

1. Датчик «№1» підключіть до Вашого сонячного колектора
2. Датчик «№2» підключіть до бака накопичувача або теплообмінника
3. Підключіть циркуляційний насос (D) до гнізда « R1 »
4. Підключіть насос, клапан або сирену (F) до гнізда R2.



A – сонячний колектор, B – тепловий акумулятор, C – контролер, D – циркуляційний насос, E – розширювальний бак, F – клапан скидання тепла, G – подача холодної води, H – гаряче водопостачання

Рисунок 2.12 – Схема роботи підсистеми в цілому

Давач «№1» підключено до сонячного колектора. Давач «№2» підключено до бака накопичувача або теплообмінника. Циркуляційний насос (D) підключено до гнізда « R1 » До гнізда R2 підключено або насос або сирена (F).

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

Після включення контролера в мережу на дисплеї з'явиться вітання і засвітиться зелений світлодіод. При правильному підключенні на екрані з'явиться температура всіх датчиків, контролер вже працює та виконує свої функції на заводських установках. За замовчуванням встановлено схему №2, рис. 2.13.

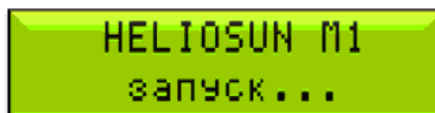


Рисунок 2.13 – Вікно запуску системи

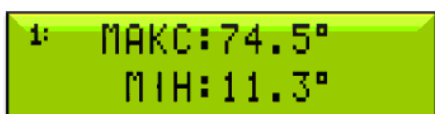


Рисунок 2.14 – Вікно налаштування температури

Вхід та навігація по меню здійснюється натисканням на кнопку «≡». Кнопки "+" та "-" призначені для зміни значень або підтвердження дій. Для переходу до головного меню натисніть на кнопку «≡».

За допомогою кнопки «≡» ми можемо переміщатися по всіх пунктах головного меню, яке містить такі елементи:

Таблиця 2.1 – Меню контролера

Меню	Тип дії
Вибір схеми	Вибір схеми передумовок
Реле #1	Вхід в меню налаштувань першого реле
Реле #2	Вхід в меню налаштувань другого реле
Яскравість	Налаштування яскравості дисплею
Скид налаштування	Повернення до заводських налаштувань контролера
Перезавантаження	Перезапуск контролера із скидом всієї статистики

При досягненні останнього пункту натискання кнопки « ≡ » ми можемо повернутися на головний екран контролера.

Вибір схеми

Цей пункт меню дозволяє вибрати одну з чотирьох попередньо встановлених схем геліосистеми. Вибираємо потрібну схему за допомогою кнопки «≡» та підтверджуємо вибір, натиснувши на кнопку «+» або «-». Після цього контролер автоматично встановить необхідні параметри кожного реле і повернеться на головний екран.

Налаштування реле

Перейшовши до пункту меню Реле #1 або Реле #2 ми можемо налаштувати роботу кожного реле. Перший і найважливіший параметр - "Режим", містить три можливі варіанти:

- «Вимк» – реле завжди вимкнено;
- «Вкл» – реле завжди увімкнено;
- «АВТО» – автоматичний режим.



Рисунок 2.15 – Вікно переходу меню

При виборі автоматичного режиму, реле може працювати як контролер для сонячного колектора, так і в режимі програмованого термостата.

Дельта дозволяє автоматично вмикати реле, коли температура першого вибраного датчика піднімається вище за температуру другого вибраного датчика на певну дельту. Для встановлення датчиків, між якими необхідно встановити різницю температур, потрібно вибрати пункт меню "Датчик" і за допомогою кнопок "+" та "-" вибираємо потрібні датчі.

При виборі лише одного датчика температури буде увімкнено режим термостата (див. розділ "Режим термостата").

Для зміни різниці температур між давачами необхідно перейти до пункту меню «Дельта» та за допомогою кнопок «+» та «-» обрати потрібне значення (за замовчуванням 5°).

Встановлення гістерезису

Гістерезис дозволяє вказати різницю температур між першим обраним давачем і другим, при досягненні якої реле вимикається. Налаштування гістерезису знаходиться в меню «Додатково» → «Дельта вимк. » (за замовчуванням «OFF»).

НАПРИКЛАД: Ми хочемо, щоб насос включався при різниці між давачем №1 і №2 в 5°, а відключався при різниці в 3°.

Для цього необхідно зайти в меню Реле #1 і обрати режим Авто, обрати давачі #1 → #2 і вказати дельту 5°. Також потрібно зайти в меню «Додатково» та встановити температуру 3° у пункті «Дельта вимк.».

Мінімальна температура включення

Дане налаштування дозволяє вказати мінімальну температуру, за якої працюватиме реле. Встановіть мінімальну температуру в меню «Додатково» → «Темп мін. (за замовчуванням -40°).

НАПРИКЛАД:

Ми хочемо, щоб реле не включалося поки температура нижче 15°.

Для цього необхідно зайти в меню Реле → Додатково і встановити в пункті Темп мін. температуру 15°.

Максимальна температура включення

Дане налаштування дозволяє вказати максимальну температуру, за якої буде працювати реле. Для цього необхідно встановити максимальну температуру в меню «Додатково» → «Темп макс.» (за замовчуванням 200°).

НАПРИКЛАД:

Ми хочемо, щоб реле не включалося поки температура вище 80°.

Для цього необхідно зайти в меню Реле → Додатково і встановити в пункті Темп макс. температуру 80°.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Пріоритет

Контролер HelioSun M1 дозволяє встановлювати пріоритети для кожного реле. Для налаштування пріоритету в певному реле потрібно зайти в меню "Додатково" → "Датчик мін" та вказати давач, який буде у пріоритеті.

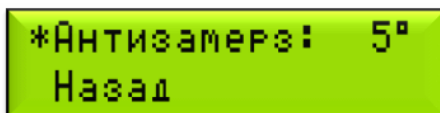


Рисунок 2.16 – Вікно налаштування антизамерзання

Перейшовши в меню «Реле» → «Додатково» та встановивши значення пункту «Антизамерз.» у 5°C реле увімкнеться при досягненні цієї температури та підніме температуру до 8°C. Цей режим має найвищий пріоритет над іншими налаштуваннями реле.

Статистика

При натисканні на кнопку «+» на головному екрані виводиться статистика температури по кожному давачу. А саме максимальна та мінімальна температура, з моменту включення контролера.

Скидання налаштувань

Для повернення на заводські установки потрібно перейти в пункт «Скинути налаштування» та підтвердити дію натисканням на кнопку «+» або «-». Після цього контролер перезавантажиться і встановиться схема №1.

Режим термостату

Режим термостата дозволяє автоматично вмикати/вимикати реле при досягненні одного із давачів заданої температури, рис.2.17.

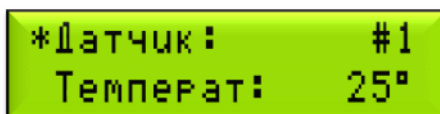


Рисунок 2.17 – Вікно давача температури

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

Скидання налаштувань

Для повернення на заводські установки потрібно перейти в пункт «Скинути налаштування» та підтвердити дію натисканням на кнопку «+» або «-». Після цього контролер перезавантажиться і встановиться схема №1.

Режим термостату

Режим термостата дозволяє автоматично вмикати/вимикати реле при досягненні одного із датчиків заданої температури, рис.2.18.



Рисунок 2.18 – Вікно налаштування термостату

Для роботи системи вентиляції було обрано вільно конфігурований контролер Aeroclim-9 фірми Раут Автоматик, загальний вигляд якого зображено на рис. 2.19.

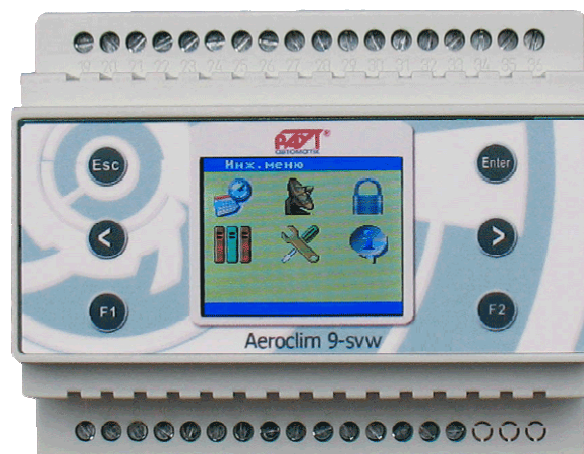


Рисунок 2.19 – Загальний вигляд контролера Aeroclim-9

Це модель вільно конфігурованого контролера. Даний контролер призначений для автоматизації припливно-витяжних вентиляційних установок.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Контролер містить 4 стандартних алгоритми управління [15]:

– припливною вентиляційною системою, оснащеною однією секцією для нагрівання або охолодження повітря (з використанням водяного теплообмінника, електричного нагрівача чи компресорно-конденсаторного блоку), при цьому система може бути як з регулюванням продуктивності вентилятора, так і без такої функції;

– припливною вентиляційною системою, у якій передбачена одна секція для нагріву (водяна або електрична) та одна секція для охолодження (водяна або з компресорно-конденсаторним блоком), з можливістю регулювання витрати повітря вентилятором або без такої можливості;

– припливно-витяжною вентиляційною системою, яка включає одну секцію нагріву (водяну або електричну), одну секцію охолодження (водяну або на основі компресорно-конденсаторного блоку), а також тепловий рекуператор (роторного або перехресно-точного типу) або камеру змішування, причому система може бути обладнана пристроями для регулювання продуктивності вентилятора або функціонувати без них;

– припливною вентиляційною системою з паровим зволожувачем, що також може мати як регульований, так і нерегульований режим роботи вентилятора.

Контролер містить кілька комунікаційних інтерфейсів.

Контролер призначений для автоматичного керування припливною або припливно-витяжною вентиляційною установкою з метою підтримання заданих температурних та вологісних параметрів припливного повітря (або повітря у приміщенні). Керування здійснюється за рахунок регулювання роботи нагрівальних, охолоджувальних секцій, зволожувачів та вентиляторів.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- з електричним нагрівачем (до 3 секцій), прямим охолодженням (односекційний компресорно-конденсаторний блок), рекуператором або камерою змішування, та вентиляторами;

- з електричним нагрівачем (до 2 секцій), прямим охолодженням (до 2 секцій), рекуператором або камерою змішування, та вентиляторами.

Рекуператори можуть бути як роторного, так і перехресноточного типу.

Функціональні можливості контролера системи вентиляції:

1. Робота вентилятора

- керування витяжним або припливно-витяжним вентилятором з модулюючим або ступінчастим регулюванням;

- підтримка постійної витрати повітря або тиску;

- можливість керування зовнішнім частотним перетворювачем (частотно-регульованим приводом) для плавного регулювання продуктивності вентилятора;

- плавний пуск/зупинка вентилятора (регульована тривалість розгону та зупинки);

- резервний вентилятор: автоматичне перемикання у разі аварії основного вентилятора або за графіком;

- плавне перемикання між основним та резервним вентиляторами (без стрибків тиску).

2. Нагрів

- керування водяним або електричним нагрівачем;

- підтримка заданої температури припливного повітря;

- захист від замерзання

- аварія за критично низькою температурою з подальшим зупиненням системи.

- попереджувальне повідомлення при температурі, близькій до порогової (до досягнення аварійного рівня).

- захист від перегріву електронагрівача;

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- контроль аварійних термостатів;
- обмеження тривалості увімкнення при низькому повітряному потоці.
- обмеження потужності електронагрівача за таймером або сигналом зовнішнього пристрою.

3. Охолодження

- керування охолоджувачем;
- зовнішній охолоджувач: підтримка температури припливного повітря, антизамерзаючий захист.
- фреоновий охолоджувач;
- увімкнення компресора за умовою нижньої межі температури (антиобмерзання);
- регулювання температури шляхом перемикання вентиляторів конденсатора (або іншим способом);
- водяний охолоджувач;
- управління вентилем;
- підтримка температури за датчиком зони, витяжного або припливного повітря;
- захист від обмерзання (з аварійним відключенням).

4. Рекуперація тепла

- керування рекуператором (роторним або пластинчастим);
- підтримка заданої температури припливного повітря;
- антифрост захист: контроль температури на виході з витяжного каналу, рециркуляція або зниження продуктивності.

5. Зволоження

- керування парозволожувачем: підтримка заданої вологості в приміщенні;
- захист від переволоження: обмеження часу зволоження або контроль температури після зволожувача;

6. Рециркуляція

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- автоматичне регулювання заслінки рециркуляції для підтримки температури припливного повітря.

- можливість примусового закриття або відкриття рециркуляції за сигналом або розкладом.

7. Автоматика та керування

- керування за розкладом: тижневий таймер, святкові дні;

- зовнішні сигнали: "Увімкнути", "Аварія", "Знижений режим", "Дим", "Пожежа", "Замок", тощо.

- індикація причин аварій, лог подій;

- підключення до BMS через Modbus RTU/TCP.

8. Інтерфейс та керування

- сенсорна панель управління;

- віддалене керування через веб-інтерфейс;

- настроювані параметри доступу: пароль, рівень користувача.

В результаті типова схема включення даного контролера матиме наступний вигляд, рис. 2.21.

Вихідними елементами управління роботою насосів і вентиляторів є електромагнітні реле. Для управління плавною роботою вентиляторів чи рекуператора використовуються вихідні сигнали 0-10В. Для пуску чи зупинки системи використовуються відповідні кнопки. Кількість вхідних кіл для вимірювання температури є достатньою для підключення необхідних датчиків. Контроль роботи вентилятора може проводитись як по спрацюванні термоконтакту їх перегріву так і по напору повітря на виході вентилятора. Використання інтерфейсу RS-485 дозволяє інтегрувати контролер у єдину SCADA-систему.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

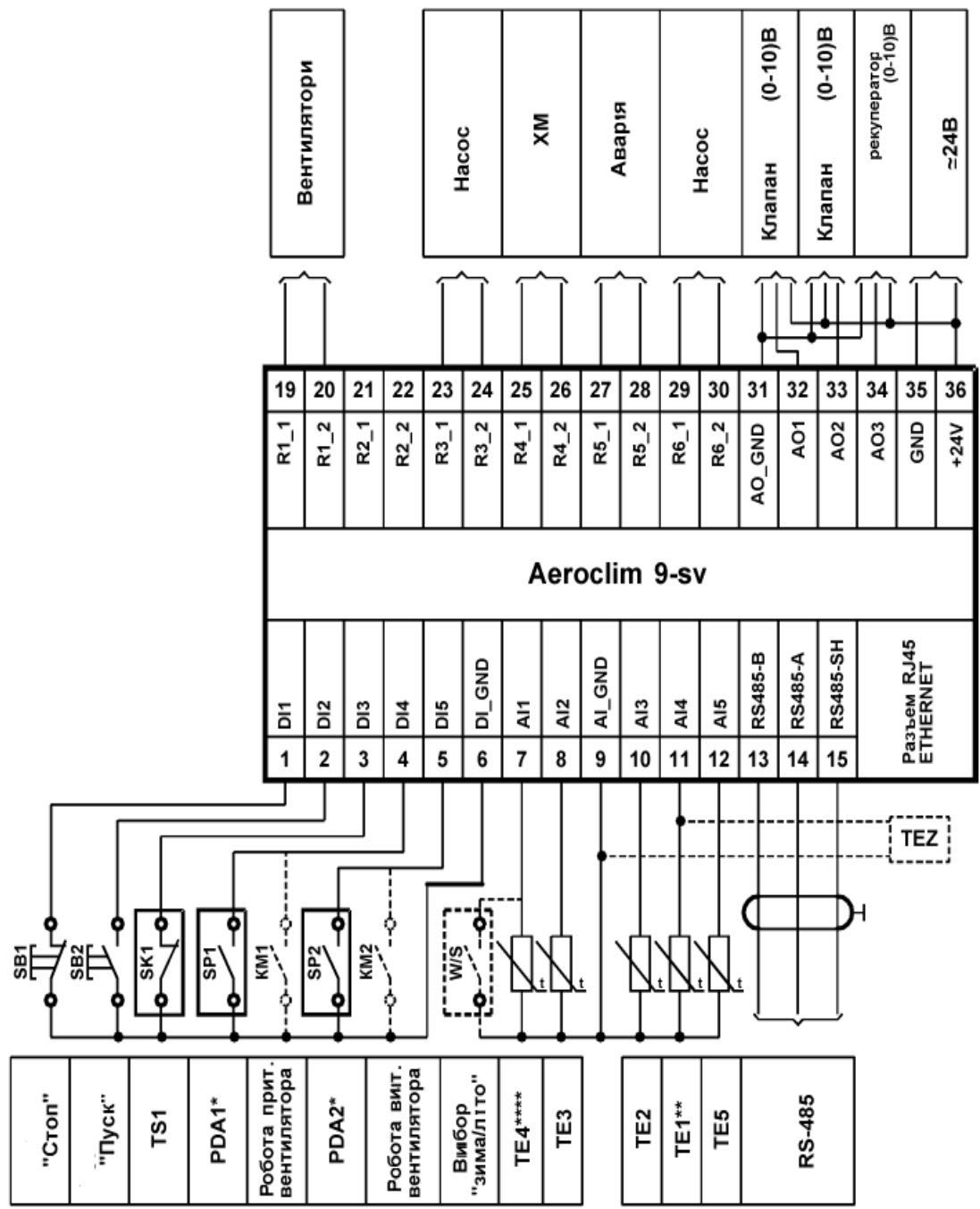


Рисунок 2.21 – Схема включення контролера Aeroclim-9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ

Арк.

55

3 АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Математичне моделювання теплообмінного апарату

Переміщення речовини зазвичай супроводжується перенесенням тепла, а також процесом теплообміну, який може відбуватися як мінімум між двома середовищами. Відомі три механізми теплопередачі (випромінювання, теплопровідність, конвекція), кожного з яких є промислові апарати – теплообмінники.

Теплообмінники – це змішувачі, є об'єктами із зосередженими параметрами, гідродинаміка яких описується моделлю ідеального перемішування. Трубчасті теплообмінники - це об'єкти з розподіленими параметрами, гідродинамічна структура потоків яких відповідає моделі ідеального витіснення.

Завдання моделювання теплообмінників полягає у розрахунку температур вихідних потоків, а при моделюванні трубчастих апаратів визначаються температурні профілі кожного з потоків, що беруть участь у теплообміні. Основними вихідними даними для математичного моделювання є геометричні розміри теплообмінника, і навіть величини, що визначають фізичні властивості потоків (середовищ).

Поряд зі спрощеннями, що стосуються гідродинаміки (моделі ідеального перемішування та витіснення потоків), при моделюванні теплообмінників прийнято такі допущення:

- коефіцієнти теплопередачі та тепловіддачі, щільності, теплоємності теплоносіїв не залежать від температури та приймаються постійними в кожній точці обсягу ідеального перемішування та по довжині теплообмінника ідеального витіснення;

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- тепловий опір розділяючої стінки вважається зосередженим на внутрішній та зовнішній поверхнях теплообміну;
- температура розділяючої стінки усереднена;
- об'єм потоку теплоносія не залежить від температури.

Введемо позначення основних змінних та параметрів, які будуть необхідні при виводі рівнянь математичного опису теплообмінників різних типів:

T_{i0} - значення температури i -го теплоносія при його надходженні в теплообмінник (у разі трубчастого теплообмінника - гранична умова);

T_i - поточне значення температури i -го теплоносія;

$T_{ст}$ - температура стінки теплообмінника;

$T_{окр}$ - температура оточуючого середовища;

ξ_i - об'ємна витрата i -го теплоносія;

S_i - площа вільного перерізу теплообмінника, якою рухається i -тий теплоносій.

ρ_i - щільність i -го теплоносія.

$\rho_{ст}$ - щільність матеріалу стінки теплообмінника.

C_p, C_{pi} - теплоємність одиниці об'єму суміші i -го теплоносія, відповідно.

α - коефіцієнт тепловіддачі.

K - коефіцієнт теплопередачі.

L - загальна довжина трубчастого теплообмінника.

Δl_k - довжина k -тої ячейки перемішування (для трубчастого теплообмінника).

ΔV_k - об'єм k -тої ячейки перемішування.

T_{it} - температура i -го теплоносія на виході з k -тої ячейки перемішування або в k -тому перерізі трубчастого теплообмінника.

V - об'єм зони (секції) перемішування.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$V_{ст}$ - об'єм матеріалу стінки теплообмінника.

V - поверхня теплообміну.

Модель двосекційного теплообмінника типу "змішування - змішання".

Теплообмін між двома потоками теплоносія проходить тільки через стінку, поверхня якої F_T . Об'єм V_1 і V_2 секцій перемішування і об'ємні витрати теплоносія є постійними величинами.

Запишемо рівняння теплового балансу секцій нестационарного теплообмінника:

для першої секції:

$$C_{p1}V_1 \frac{dT_1}{dt} = g_{11}C_{p1}T_{10} - g_{12}C_{p1}T_1 + KF_T(T_2 - T_1); \quad (3.1)$$

для другої секції:

$$C_{p2}V_2 \frac{dT_2}{dt} = g_{21}C_{p2}T_{20} - g_{22}C_{p2}T_2 + KF_T(T_2 - T_1); \quad (3.2)$$

$$g_{11} = g_{12} = g_1, \quad g_{21} = g_{22} = g_2. \quad (3.3)$$

Приймаючи до уваги рівняння (3.3), перетворюємо систему диференціальних рівнянь (3.1), (3.2) до вигляду, зручному для програмування:

$$\frac{dT_1}{dt} = N_{11}T_{10} - N_{11}T_1 + N_{12}(T_2 - T_1), \quad (3.4)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = N_{21}T_{20} - N_{21}T_2 + N_{22}(T_2 - T_1), \quad (3.5)$$

де

$$N_{11} = \frac{g_1}{V_1} \quad N_{12} = \frac{KF_T}{C_{p1}V_1}$$

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$N_{21} = \frac{Q_{II}}{V_2} \quad N_{22} = \frac{KF_T}{C_{p2} V_2}$$

Регулювання здійснюється по температурі T_2 теплоносія, регульована величина - витрата Q_{II} .

Теплоносій 1 (фтортрихлорметан): $T_{10} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$; $C_{p1} = 0.36$

Теплоносій 2 (вода): $T_{20} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$; $C_{p2} = 0,65 \text{ ккал/кг*град}$

Далі змодельовано роботу системи в умовах двох середньостатистичних днів серпня. Об'єм бака 100 л. Бак теплоізолюваний. Циркуляція води в контурі сонячний колектор-бак примусова. На результати аналізу ця обставина не має істотного впливу. Площа сонячного колектора в розрахунках 2 м^2 . Для спрощення аналізу передбачалося, що щодня нагріта вода ввечері (після заходу сонця) зливається з бака і установка знову заповнюється холодною водою з температурою 10°C .

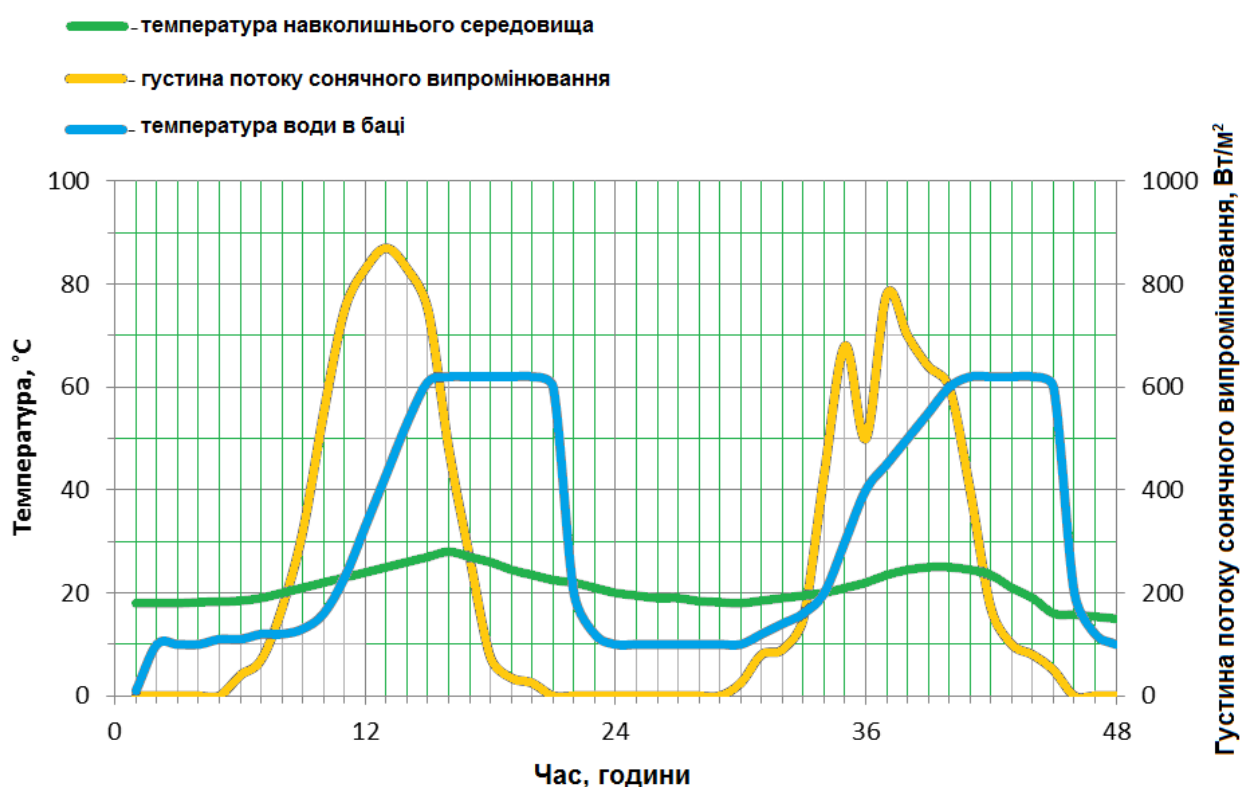


Рисунок 3.1 – Результати математичного моделювання

Результати моделювання підтверджують високу ефективність роботи системи, вода в баку набирає швидко температуру, в результаті при достатньому утепленні і плановому використанні, її вистачає на 1-2 доби. Невеликі коливання активності сонячного випромінювання не створюють значного впливу на падіння накопичення теплової енергії у баці акумулятора. Більш оптимальним є використання двох сонячних колекторів загальною площею 4 м². Це дозволить збільшити період використання сонячної енергії у ширшому сезонному діапазоні а також збільшити накопичення теплової енергії.

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						60
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Розвиток альтернативних джерел енергії є важливим елементом сьогодення у зв'язку із зростанням навантаження на довкілля. Саме тому обрана тема моєї роботи є актуальною, необхідною та важливою для навколишнього середовища.

У роботі здійснено аналіз існуючих сонячних установок, обрано найбільш доступну і перспективну модель сонячної установки, виконано математичне моделювання.

На основі запропонованої технологічної схеми було виконано розробку автоматизованої системи управління сонячним колектором і системою вентиляції. Розробка включала як розробку функціональної схеми автоматизації, так і підбір датчиків і контролерів. Для функціонування автоматизованої системи було вирішено обрати два вільноконфігуровані контролери окремо для кожної із підсистем. Це дозволяє уникнути розроблення програмного забезпечення і сприяє швидкому введенні системи у експлуатацію.

Розроблена автоматизована система управління сонячним колектором і системою вентиляції із рециркуляцією та із застосуванням мікропроцесорного контролера сприяє створенню комфортних умов у приміщенні офісу, економії енергоресурсів на 15–20% та підвищенню енергоефективності досліджуваних інженерних систем.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Weiss W. Come in from the cold? The solar thermal market in Europe // Renewable Energy World. 2002. V. 5 No. 4. P. 91-97.
2. Hua L. China's solar thermal industry: Threat or opportunity for European Companies? // Renewable Energy World. 2002. V. 5 No. 4. P. 98-107.
3. Грабовецький В. Ф. Сонячні колектори в системах опалення: теорія та практика — Львів: Видавництво «Енергоефективність», 2015. — 212 с.
4. Бондарчук В. П. Відновлювана енергетика: сонячні колектори — Харків: Аграрна наука, 2016. — 256 с.
5. Полячек О. І. Технології сонячного теплопостачання — Київ: Науково-технічна думка, 2018. — 180 с.
6. Дубовий А. С. Перспективи використання сонячних колекторів в Україні — Одеса: ОНУ ім. Мечникова, 2017. — 150 с.
7. Жуковський С. Л. Проектування та монтаж сонячних колекторів — Кам'янець-Подільський: Подільська книга, 2014. — 198 с.
8. Клименко І. В. Сонячні колектори: конструкція, розрахунок, експлуатація — Дніпро: ДТУ «Дніпровська політехніка», 2019. — 232 с.
9. Сень А. В. Вентиляція та кондиціонування повітря в будівлях — Київ: Будівельник, 2013. — 400 с.
10. Лисенко Т. М. Системи вентиляції: проектування та експлуатація — Львів: НУ «Львівська політехніка», 2016. — 320 с.
11. Морозов І. П. Кондиціонування повітря в промислових і житлових приміщеннях — Дніпро: Наука і освіта, 2015. — 275 с.
12. Ковальська О. В. Проектування систем вентиляції та кондиціонування — Харків: ХПІ, 2018. — 240 с.
13. Захаренко М. І. Повітряні системи клімат-контролю — Київ: Інженерія,

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2019. — 360 с.

14. Петренко Ю. О. Енергоефективні рішення в системах вентиляції та кондиціонування — Вінниця: ВНТУ, 2020. — 198 с.

15. Automatic Raut [Електронний ресурс]: Контроллер Aeroclim-9. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.raut-automatic.kiev.ua/kontroll-ua/engine-ua/engine-ventilation-ua/aeroclim-9-svw-ua.html>

					<i>КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						63
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема: Розроблення автоматизованої системи управління роботою сонячного колектора

Обсяг ПЗ складає 64 аркушів

Перелік креслень графічної частини:

- КРБ.СІ-17.00.00.000Е1 – Схема структурна (аркушів 1);
- КРБ.СІ-17.00.00.000Е2 – Схема функціональна (аркушів 1);
- КРБ.СІ-17.00.00.000Е3 – Схема електрична принципова (аркушів 1);
- КРБ.СІ-17.00.00.001 – Графік роботи (аркушів 1);

Дата закінчення виконання бакалаврської роботи: _____

Студент-дипломник _____ Числовий О.П.

					КРБ.СІ-17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		64