## Рівняння теплового балансу акумулятора має вигляд:

Де – закумульована теплота в тепловому акумуляторі, Вт/добу;

*–* надходження теплоти з геліоколектора, Вт/добу;

– втрати теплоти з теплового акумулятора, Вт/добу;

– теплота, відібрана споживачем, Вт/добу;

– кількість діб.

З іншої сторони,

Де – об’єм теплового акумулятора, ;

– масова густина води, ;

– загальна теплоємність теплового акумулятора, ;

– середня температура в тепловому акумуляторі, ;

– середня температура в навколишнього середовища, .

Де – коефіцієнт корисної дії геліоустановки;

– масова витрата теплоносія, ;

– питома теплоємність теплоносія, ;

– коефіцієнт тепловтрат геліоколектора, ;

– площа геліоколектора, ;

– коефіцієнт тепловтрат теплообмінника, ;

– площа теплообмінника, ;

– коефіцієнт поглинання радіації;

– максимальна інтенсивність сонячної радіації, ;

– коефіцієнт перерахунку сумарної сонячної радіації:

Де – коефіцієнт, що характеризує частку дифузійного випромінювання у загальній сонячній радіації;

– середній коефіцієнт перерахунку прямої сонячної радіації за час освітлення геліоколектора:

Де - схилення Сонця у градусах:

Де – порядковий номер дня року,

– широта місцевості, град,

– кут встановлення геліоколектора до горизонту, град,

– азимут сонця, град:

– тривалість світлового дня, ,

– коефіцієнт сонячного сяяння;

– альбедо.

Де – коефіцієнт теплопровідності утеплювача, ;

– коефіцієнт теплопровідності утеплювача, ;

– масова витрата теплоносія в контурі споживача, ;

– вхідна температура в тепловий акумулятор у контурі споживача, .

– вихідна температура з теплового акумулятора у контурі споживача, .

Теплота, відібрана споживачем протягом доби, залежить від температури в тепловому акумуляторі і вихідної температури в контурі споживача. Якщо , то з теплового акумулятора щодобово відбирається однакова кількість теплоти , і:

Якщо , то протягом доби підтримується незмінною , і:

Для сумісної роботи геліоколектора і теплового акумулятора ці рівняння розв’язуютья методом послідовних наближень. Спочатку приймається на початку місяця і обчислюється її значення в кінці місяця. Потім визначається в середині місяця і обчислення повторюються доти, поки набуде сталого значення.

## Стійкий турбулентний гідравлічний режим геліосистеми

де – теплоємність -го колектору -го ряду, ;  
 – середня температура -го колектору -го ряду, ;  
 – витрата теплоносія через -ий колектор -го ряду, ;  
 – питома теплоємність теплоносія, ;  
 – температура теплоносія на вході в -ий колектор -го ряду, ;  
 – температура теплоносія на виході з -ого колектору -го ряду,   
 – коефіцієнт теплопередачі -ого колектору -го ряду, ;  
 – площа -ого колектору -го ряду, ;  
 – середня температура теплоносія -го колектору -го ряду, ;  
 – температура навколишнього середовища,   
 – питомий потік сонячної радіації в напрямку нормалі до площини колекторів, ;  
 – середня теплоємність контуру геліоколекторів (СГК), ;  
 – середня температура СГК, ;  
 – середній коефіцієнт теплопередачі СГК, ;  
 – сумарна площа СГК, ;  
 – сумарна витрата теплоносія в геліоконтурі, ;  
 – середня температура теплоносія в теплообміннику (ТО) геліоконтуру,   
 – середня температура на виході з останніх геліоколекторів кожного ряду СГК,   
 – середня теплоємність частини ТО в геліоконтурі, ;  
 – коефіцієнт теплопередачі ТО,   
 – площа ТО, ;  
 – середня теплоємність ділянки теплопроводу після ТО до СГК,   
 – середня температура ділянки теплопроводу після ТО до СГК,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі ділянки теплопроводу після ТО до СГК,   
 – площа бічної поверхні ділянки теплопроводу після ТО до СГК,   
 – середня теплоємність ділянки теплопроводу після БА до ТО,   
 – середня температура ділянки теплопроводу після БА до ТО,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі ділянки теплопроводу після БА до ТО,   
 – площа бічної поверхні ділянки теплопроводу після БА до ТО,   
 – сумарна витрата теплоносія в контурі БА, ;  
 – середня температура останнього (найнижчого) шару теплоносія в БА,   
 – середня теплоємність частини теплообмінника в контурі БА, ;  
 – середня температура теплоносія в теплообміннику контуру БА,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі ТО в контурі БА,   
 – площа бічної поверхні ТО в контурі БА,   
 – середня теплоємність ділянки теплопроводу після ТО до БА,   
 – середня температура ділянки теплопроводу після ТО до БА,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі ділянки теплопроводу після ТО до БА,   
 – площа бічної поверхні ділянки теплопроводу після ТО до БА,   
 – середня температура першого (верхнього) шару теплоносія в БА,   
 – середня теплоємність стінки БА, що обмежує перший (верхній) шар теплоносія в БА,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі стінки БА, що обмежує перший (верхній) шар теплоносія,   
 – площа стінки БА, що обмежує перший (верхній) шар теплоносія,   
 – витрата теплоносія до споживача, ;  
 – температура теплоносія до споживача, К;  
 – середня теплоємність стінки БА, що обмежує -ий шар теплоносія в БА,   
 – середня температура -го шару теплоносія в БА,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі стінки БА, що обмежує-ий шар теплоносія,   
 – площа стінки БА, що обмежує-ий шар теплоносія,   
 – середня температура -го шару теплоносія в БА,   
 – витрата холодної води на вході в бак-акумулятор (БА), ;  
 – температура холодної води на вході в бак-акумулятор (БА), К;  
 – середня теплоємність стінки БА, що обмежує останній (найнижчий) шар теплоносія,   
 – середній коефіцієнт теплопередачі стінки БА, що обмежує останній (найнижчий) шар теплоносія,   
 – площа стінки БА, що обмежує останній (найнижчий) шар теплоносія,   
 – загальний гідравлічний опір геліоконтуру і з’єднувальних трубопроводів, Па;  
 – напір, який розвивається в -й області.

Всі рівняння в системі представляють собою запис закону збереження енергії для різних областей теплової моделі системи сонячних колекторів (ССК): рівняння (1) – для СГК; (2) – для теплопроводу, який з’єднує вихід СГК із входом у ТО; (3, 6) – описують роботу ТО; 4 – для теплопроводу, який з'єднує вихід ТО із входом СГК; 5 – для теплопроводу, який з'єднує вихід БА із входом ТО; 7 – для теплопроводу, який з'єднує вихід ТО із входом БА; 8, 9, 10 – описують роботу БА при умові наявності в ньому вертикальної стратифікації температури теплоносія.

Рівняння 1:  
 – тепловий потік, , закумульований елементами сонячного колектора;  
 - тепловий потік, , який сприймає теплоносій i-ого колектора n-го ряду від сонця;  
 – тепловий потік, , який втрачається через поверхню i-ого колектора n-го ряду;  
 - сумарний сонячний тепловий потік, Вт, який поступає на геліоколектор.

Рівняння 2:  
 – тепловий потік, , закумульований елементами СГК;  
 - тепловий потік, Вт, який втрачається через поверхню СГК;  
 - тепловий потік, , який віддається ТО;  
 - питомий тепловий потік, , який вийшов із СГК.

Рівняння 3:  
 – тепловий потік, , закумульований ТО в контурі геліоколекторів;  
 – продуктивність, Вт, ТО за час τ, с;

Рівняння 4:

- тепловий потік, , який втрачається через ділянку теплопроводу від ТО до СГК;  
 - тепловий потік, , який надходить в ділянку теплопроводу від ТО до СГК.

Рівняння 5:

– тепловий потік, , закумульований ділянкою теплопроводу від БА до ТО;  
 - тепловий потік, , який втрачається через ділянку теплопроводу від БА до ТО;  
 - тепловий потік, , який надходить до ділянки теплопроводу від БА до ТО.

Рівняння 6:  
 – тепловий потік, , закумульований поверхнею ТО в контурі БА;  
 - тепловий потік, , який втрачається поверхнею ТО в контурі БА;  
 - тепловий потік, , який втрачається ТО на нагрівання теплоносія в БА;  
 - тепловий потік, , який втрачається теплоносієм в контурі геліоколекторів на нагрівання ділянки ТО в контурі БА до температури .

Рівняння 7:  
 - тепловий потік, , закумульований ділянкою теплопроводу від ТО до БА;  
 - тепловий потік, , який втрачається через ділянку теплопроводу від ТО до БА;  
 - тепловий потік, , який втрачається в першому (найвищому) шарі БА на нагрівання гарячої води в контурі споживача;  
 - тепловий потік, Вт, який надходить в ділянку теплопроводу від ТО до БА.

Рівняння 8:

– тепловий потік, , закумульований поверхню БА в першому (найвищому) шарі;  
 - - тепловий потік, який втрачається через поверхню БА в першому (найвищому) шарі;  
 - тепловий потік, , який сприймає теплоносій в контурі споживача від першого (найвищого шару) теплоносія в контурі БА;  
 - тепловий потік, , який передається першому (найвищому) шару теплоносія в БА.

Рівняння 9:  
 - тепловий потік, , закумульований поверхнею БА k-ого шару теплоносія; - тепловий потік, , який втрачається поверхнею БА k-ого шару теплоносія;  
 - тепловий потік, який надходить з вищого в нижчий шар БА.  
Рівняння 10:  
 - тепловий потік, , закумульований поверхнею БА останнього (найнижчого) шару;  
 - тепловий потік, , який втрачається поверхнею БА останнього (найнижчого) шару;  
 - тепловий потік, , який витрачається на нагрівання шару ;  
 - тепловий потік, , який витрачається на нагрівання холодної води.

– поточна щільність теплоносія в -й і суміжній областях в даний момент часу.

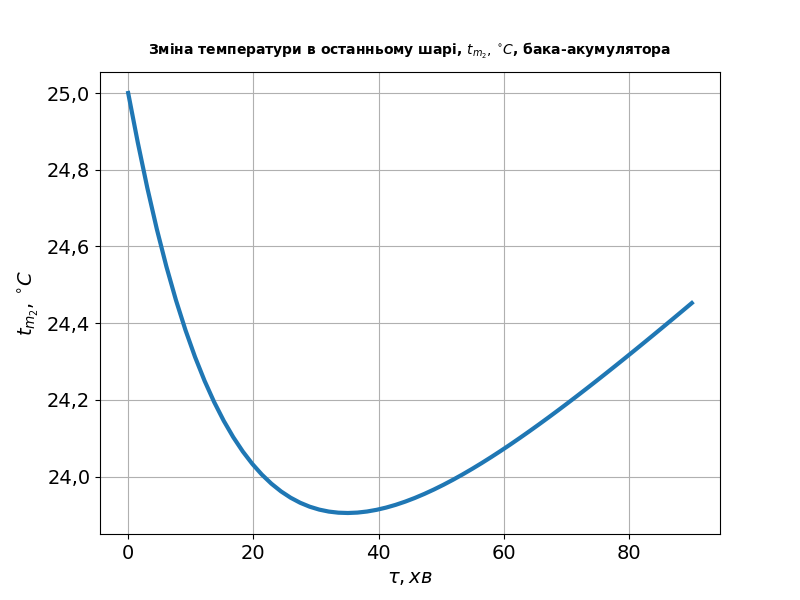
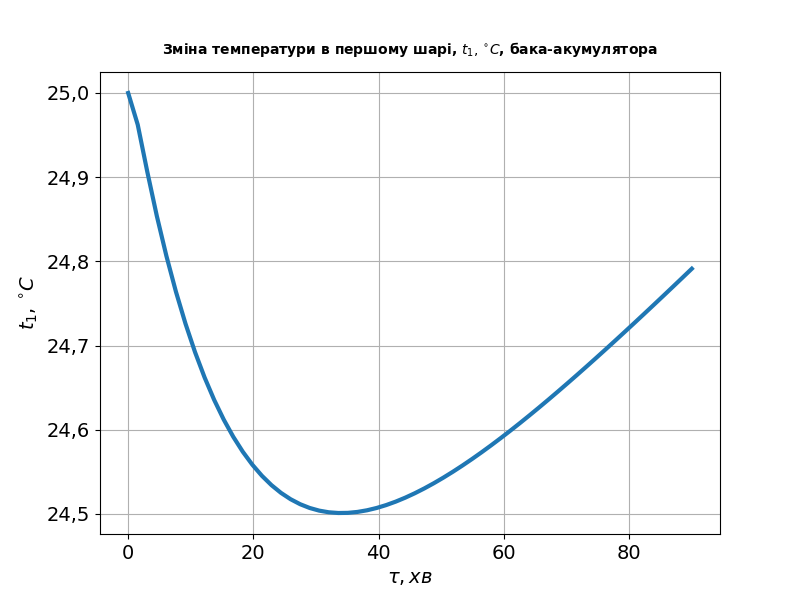
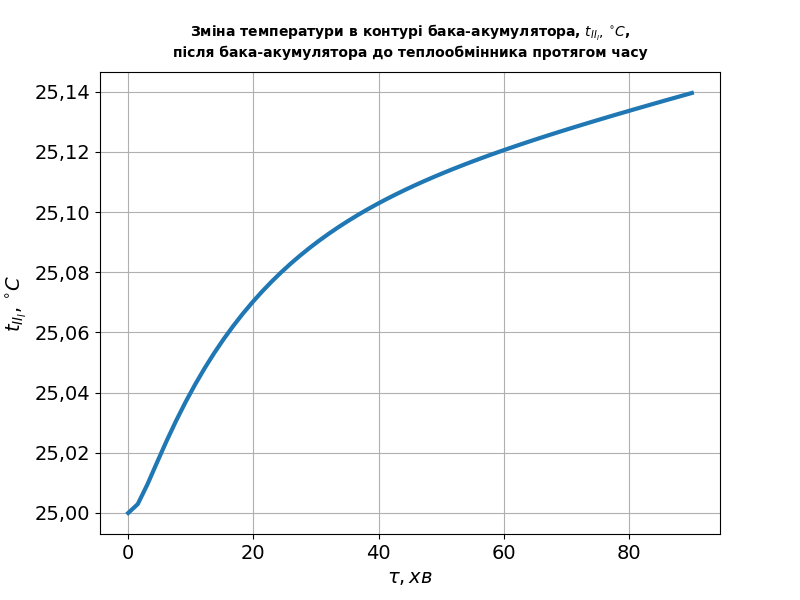
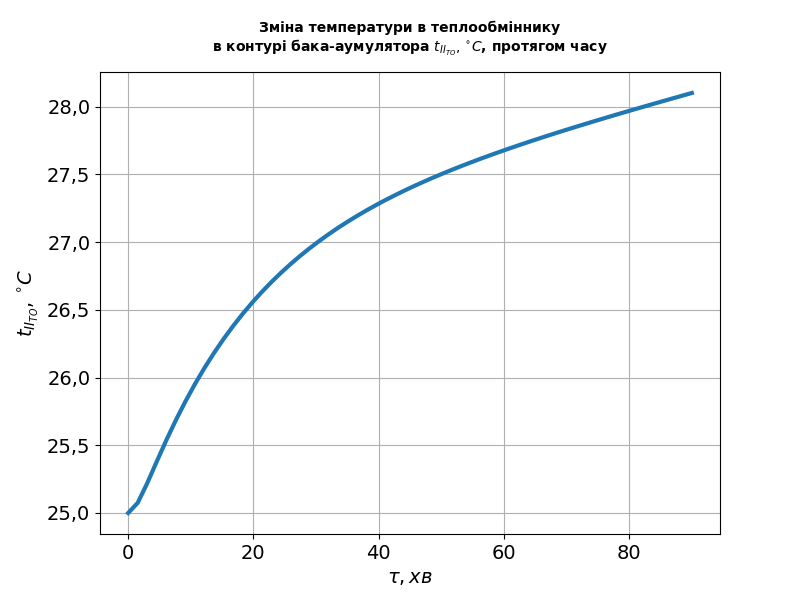
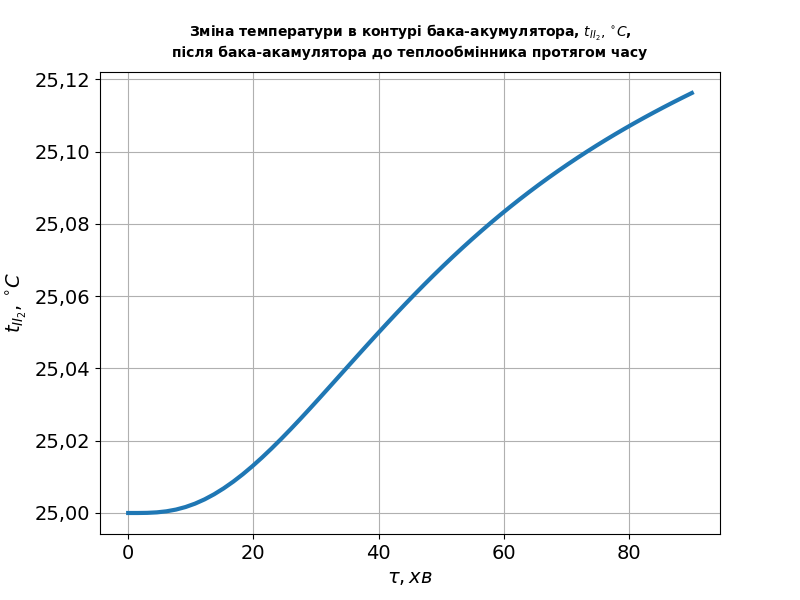
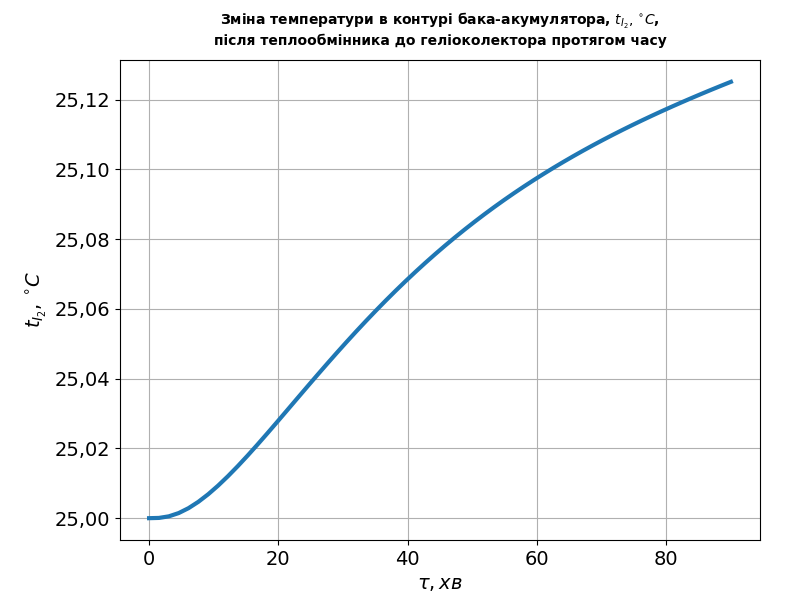
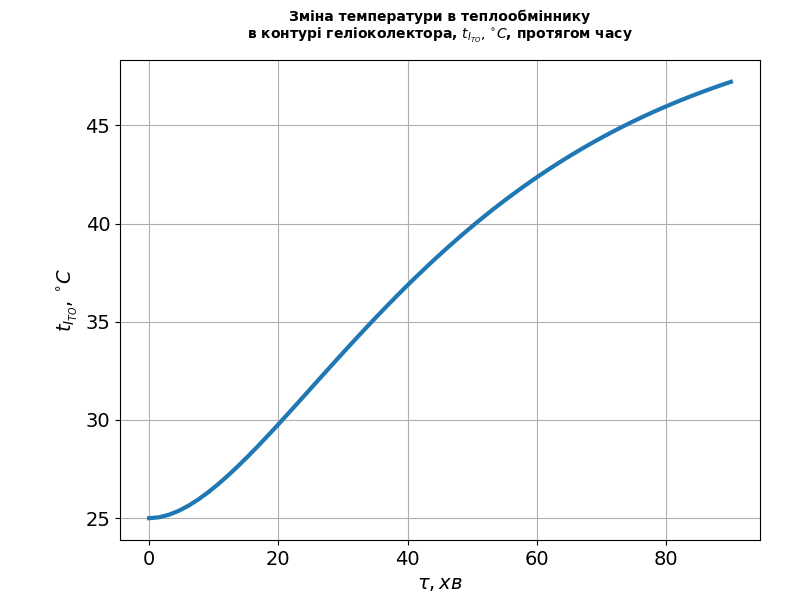
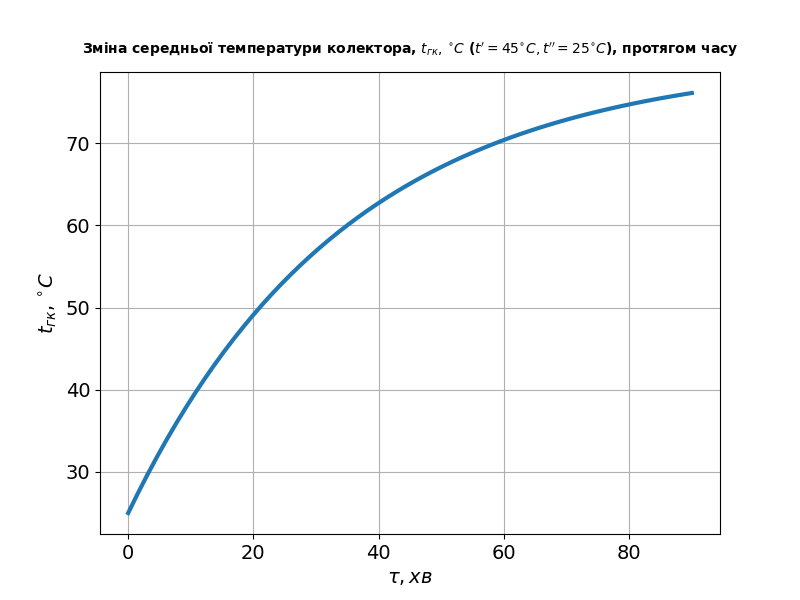
Для механічної циркуляції:

де – задане значення оптимальної витрати теплоносія через площину колектору;  
 – максимальне число рядів колекторів у батареї.

У випадку систем із природною циркуляцією щільність теплоносія є функцією його температури, і систему рішають числовим інтегруванням із кроком по часу, яке визначається співвідношенням:

де – об’єм теплоносія в системі.

Початковими умовами для розглядаємої задачі – природної циркуляції – служать:



Для трисекційного баку баланс енергії для верхньої секції можна записати у вигляді:

Для третьої секції:

Наявність або відсутність окремих членів у рівняннях залежить від температур і витрат теплоносія в установці. Якщо не ввімкнуто колектор, то рівна нулю витрата теплоносія через колектор , а якщо не ввімкнуто навантаження, то дорівнює нулю витрата теплоносія через навантаження .

Баланс енергії для -ої секції -секційного баку-акумулятора:

де

- температура навколишнього середовища, К;  
M – маса перемішаної води в баку-акумуляторі, кг;  
 – середня температура кожної секції баку-акумулятору, К, змінна в часі;  
 – коефіцієнт тепловтрат -секції баку-акумулятора, ;  
 – площа -секції баку-акумулятора, ;  
 – питома теплоємність води,   
 – витрата теплоносія в контурі геліоколектора, кг/год;  
 – витрата теплоносія в контурі споживача, кг/год;  
 – температура теплоносія на виході із колектору, К;  
 - керуюча функція для контуру геліоколектора;  
 - керуюча функція для контуру споживача;  
 – добуток витрати теплоносія через колектор на його питому теплоємність, ;  
 – добуток витрати теплоносія в контурі споживача на його питому теплоємність, ;  
 – закумульований тепловий потік в баку-акумуляторі, ;  
 – добуток коефіцієнта тепловтрат -секції баку-акумулятора на її площу, .

