

**Яворський О.В.**

Державний університет «Одеська політехніка»

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗУ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАГРІВАЧА ІЗ СОНЯЧНИМ КОЛЕКТОРОМ

У наш час люди приділяють велику увагу питанням безпеки, надійності, якості та економічності роботи основного устаткування. Одним зі способів підвищення якості цих питань є автоматизація технологічних процесів. У цій статті проведено дослідження синтезу автоматичної системи регулювання рівня та температури нагрівача із сонячним колектором.

Найважливішим показником сучасного науково-технічного прогресу є значна інтенсифікація технологічних процесів, зростання одиничної потужності і продуктивності агрегатів. Наслідком цього є вимоги до надійності і якості управління технологічними процесами. Забезпечити вирішення цих завдань дозволяють технічні засоби автоматизації, впровадження яких дозволяє досягти поліпшення умов праці і зниження собівартості продукції, що випускається.

Нагрівач складається з таких двох основних частин, як сонячний колектор та бак-акумулятор.

Будь-який технологічний об'єкт обов'язково треба контролювати. У контролі основних параметрів важливу роль відіграє правильність вибору засобів вимірювальної техніки, методів виміру технологічних змінних.

Як правило, сонячний колектор використовують для того, щоб додатково опалювати приміщення навесні і влітку, а також акумулювати сонячну енергію для нагрівання води. Використовуючи колектор, гарячу воду і тепло споживач отримує абсолютно безкоштовно, якщо не брати до уваги його купівлю [5].

Виокремлюють такі два види сонячних колекторів, як вакуумні і плоскі. Принцип роботи обох видів колекторів аналогічний і відрізняється лише складом. Так, до складу вакуумних колекторів входять скляні трубки, які за допомогою спеціального пристрою всередині і поглинають світло. Плоскі ж колектори складаються з внутрішньої пластини і зашклені панелі. Слід зазначити, що вакуумні колектори бувають прямокутними і з непрямою тепловою передачею [5].

Переоцінити переваги сонячних колекторів не можна, оскільки такі пристосування дуже вигідні і мають низку очевидних переваг (скорочення витрат, зниження навантаження тощо). Із їх появою підігрівати басейн, опалювати будинок, забезпечувати енергією теплиці, отримувати гарячу воду тощо стало набагато простіше і, що важливо, дешевше [5].

**Ключові слова:** сонячний колектор, автоматизація, регулятор.

**Постановка проблеми.** Нині сонячний колектор дуже корисний і часто використовуваний технічний винахід, сфера застосування якого з кожним роком тільки збільшується. Особливо це стосується тих районів, де немає централізованої подачі електроенергії. Тому в таких випадках перетворювачі сонячної енергії є особливо рентабельними і надійними джерелами енергопостачання. Крім того, геліосистеми використовують підприємства малого і середнього бізнесу, а також власники приватних будинків. Що ж стосується промисловості, то там сонячні колектори використовуються як резервні джерела енергії [5]. Є багато наукових праць, у яких досліджено сонячні колектори. Так, наприклад, метою роботи [1] є перевірка енергоефективності використання установки гарячого водопостачання на основі сонячного колектора. У роботі [3] вирішувалися завдання

синтезу методики розробки системи автоматичного управління температурним режимом, управління структурою об'єкта і вибору критерію оцінки ефективності системи, моделювання системи, вибору й обґрунтування її структур. У роботі [2] розглядається оцінка ролі альтернативних джерел енергії у вирішенні енергетичних проблем світової економіки. У статті [4] розглянуто питання застосування теплових насосів для вирішення питань енергозбереження.

**Постановка завдання.** У статті необхідно вирішити такі завдання, як:

- дослідження наукової літератури з експлуатації сонячних колекторів;
- розробка функціональної схеми автоматизації та схеми комплексу технічних засобів автоматизації;
- розробка математичної моделі;
- синтез автоматичної системи регулювання;

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

**Опис об'єкта автоматизації.** Сонячний колектор (геліоустановка) – пристрій для збору теплової енергії Сонця, яку переносять видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням. На відміну від сонячних батарей, які виробляють електрику, сонячний колектор виконує нагрів матеріалу-теплоносія. Сонячний водонагрівач складається із зовнішньої (сонячний колектор) і внутрішньої (так званого резервуару-теплообмінника) частин. Наприклад, для будинку працюють за таким принципом: резервуар-теплообмінник за допомогою зовнішнього колектора нагріває воду, яка надходить у систему опалення. Воду в резервуарі можна використовувати і як гарячу воду для інших потреб. Але тут потрібно вживати додаткових заходів, щоб резервуар-теплообмінник (разом із сонячною енергією) також зміг працювати від інших джерел домашнього опалення, коли сонячної енергії буде не зовсім достатньо [6].

Сонячна установка складається з колектора, теплообмінного контуру і акумулятора тепла. Рідина циркулює в колекторі. Теплоносій нагрівається від сонця і віддає енергію воді через теплообмінник, що міститься в баку. Там вода залиша-

ється до її використання, тому в нього має бути хороша теплоізоляція. У баку також установлений нагрівач-дублер, щоб обігрівач підігрів воду до потрібної температури, коли температура води опуститься нижче за встановлену.

**Розробка функціональної схеми автоматизації та схеми комплексу технічних засобів автоматизації.** Функціональна схема автоматизації представлена на рисунку 1. Схема комплексу технічних засобів автоматизації представлена на рисунку 2.

**Розробка математичної моделі.** Технологічна схема установки зображена на рисунку 3. Була розрахована математична модель, а отримані передатні функції зображені в таблиці 1.

Для моделювання об'єкта в програмному забезпеченні Simulink були задані такі технологічні параметри:

$$R1=1/3600, \quad \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, F_3 = 1 \text{ м}^3 / \text{с}, \\ R2=1/1800, T1=350\text{с}, T2=180\text{с}, T3=300\text{с}, \tau = 200\text{с}$$

За передатними функціями в таблиці (1) була побудована модель об'єкта в програмі Simulink, зображена на рисунку 4.

**Синтез автоматичної системи регулювання.** Розраховану математичну модель у пункті 4

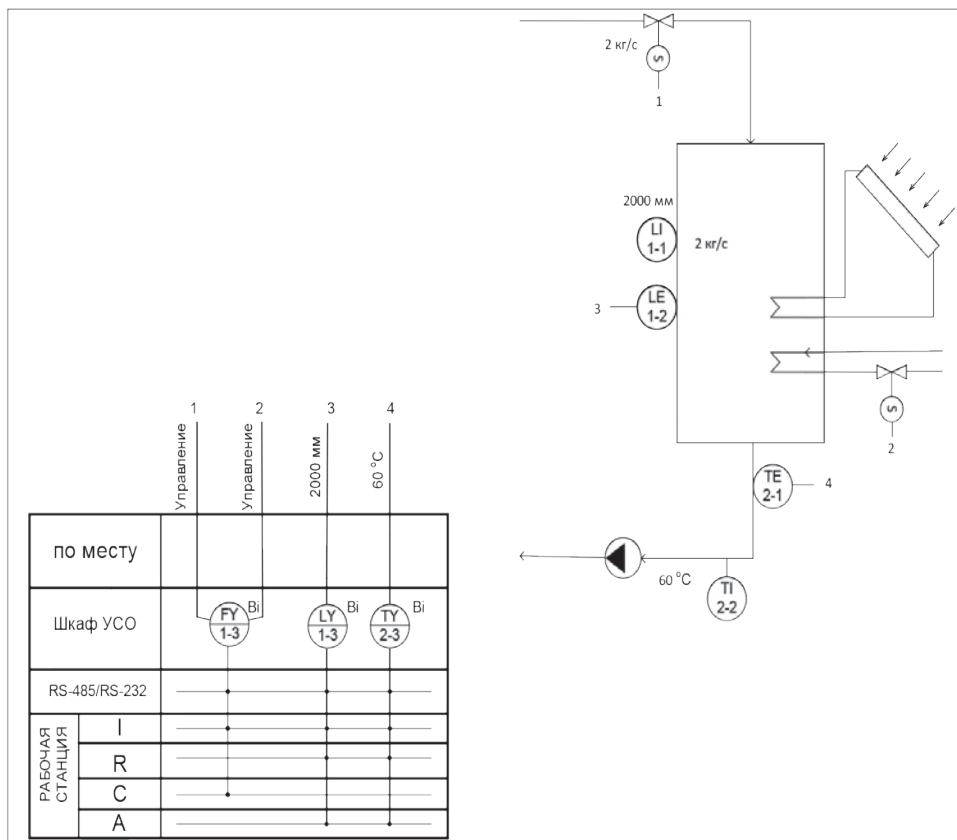


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації

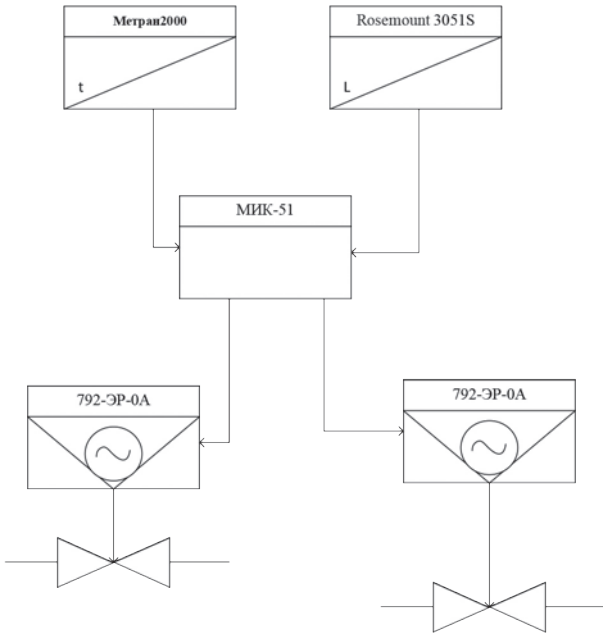


Рис. 2. Схема комплексу технічних засобів автоматизації

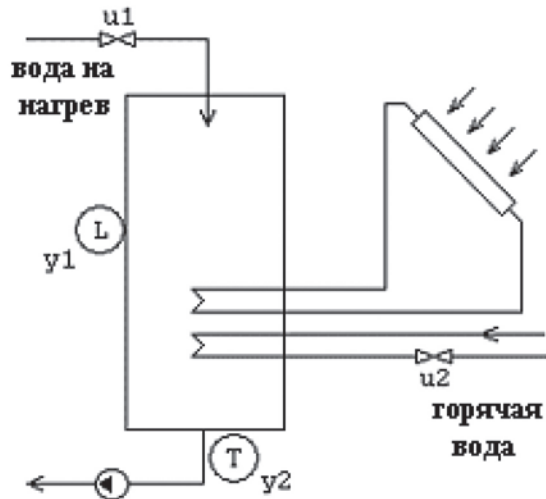


Рис. 3. Технологічна схема установки

Таблиця 1

Матриця передавальних функцій об'єкта управління

	y1 2+/-0.2м	y2, 60+/-2 C
U1, 2кг/с	$\frac{1}{F_3 \cdot \rho \cdot p}$	$\frac{R_1 \cdot e^{-\tau p}}{T_3 p + 1}$
U2, 1кг/с		$\frac{R_2}{(T_2 p + 1)(T_1 p + 1)}$

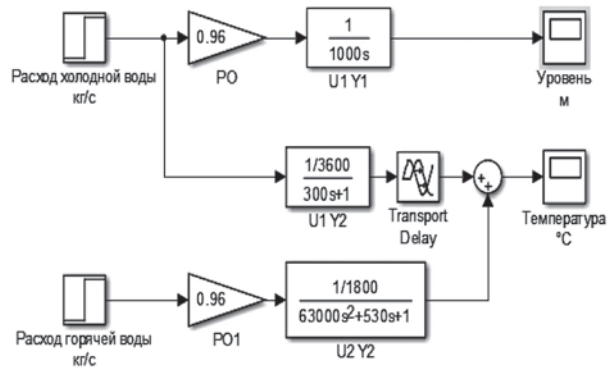


Рис. 4. Математична модель нагрівача із сонячним колектором у середовищі Simulink

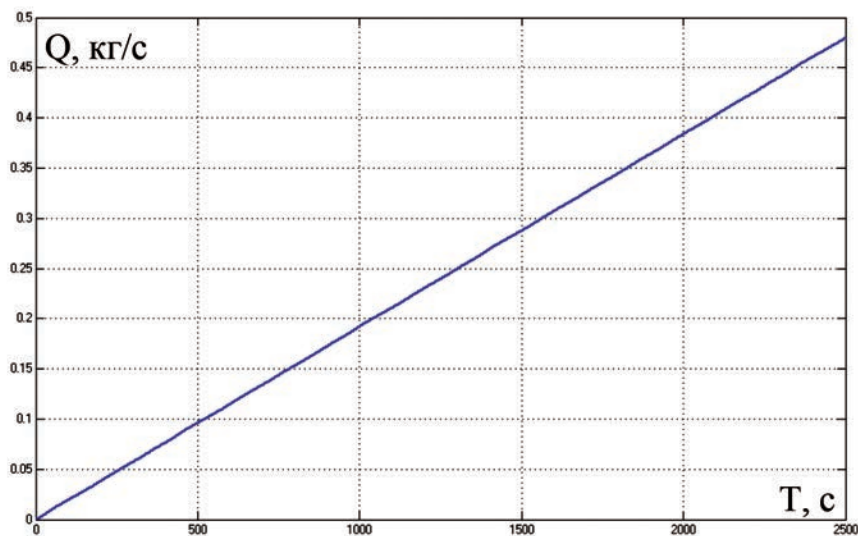


Рис. 5. Крива розгону за регулювальним каналом «Витрата холодної води – Рівень» за умов збурення +10% від номінального значення

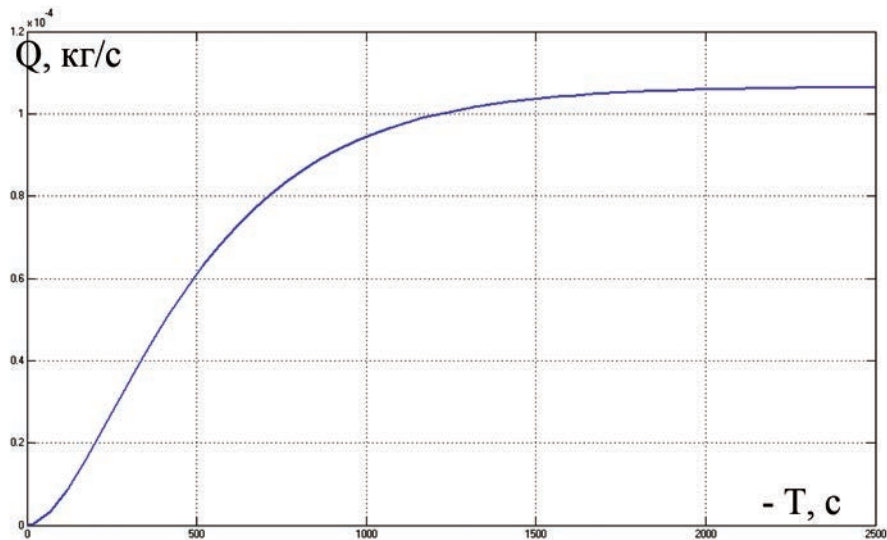


Рис. 6. Крива розгону за регулювальним каналом «Витрата гарячої води – Температура» за умов збурення +10% від номінального значення

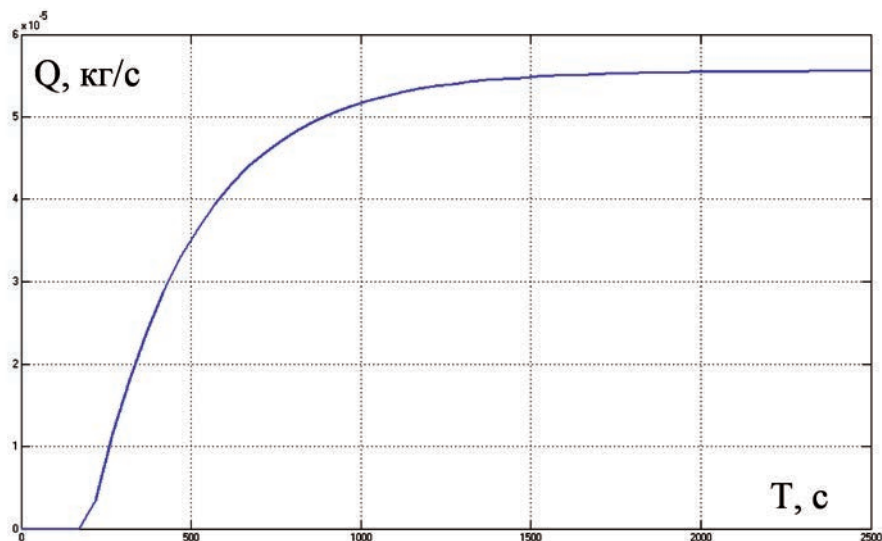


Рис. 7. Крива розгону за обурювальним каналом «Витрата холодної води – Температура» за умов збурення +10% від номінального значення

реалізовано в середовищі Simulink, що дозволить наочно простежити зміну перехідного процесу з урахуванням додавання регулятора і без нього. Структурна схема регулювання рівня та температури в нагрівачі з сонячним колектором представлена на рисунку 8.

Для розрахунку параметрів необхідно зняти значення з розгінної характеристики. Розгінна характеристика представлена на рисунку 9.

Був опрацьований графік.

$$\tau_{\text{обц}} = 1 \text{ сек} ; \tau_{\text{тр}} = 0.99 \text{ сек} ; \tau_e = \tau_{\text{обц}} - \tau_{\text{тр}} = 0.01 \text{ сек} ;$$

$$K_m = \frac{\Delta I}{\Delta t \cdot \Delta h} = 0.00032 \frac{\text{мА}}{\text{с} \cdot \% \text{хода}} ; \frac{\tau_e}{\tau} = 0.01$$

Виходячи з цього співвідношення за таблицею Кона, знаходимо значення  $k, c$ :

$$k = 0,87 ; c = 1.7$$

Виконуємо розрахунок параметрів регулювання регулятора та висловлюємо коефіцієнт П-регулятора  $K_p$

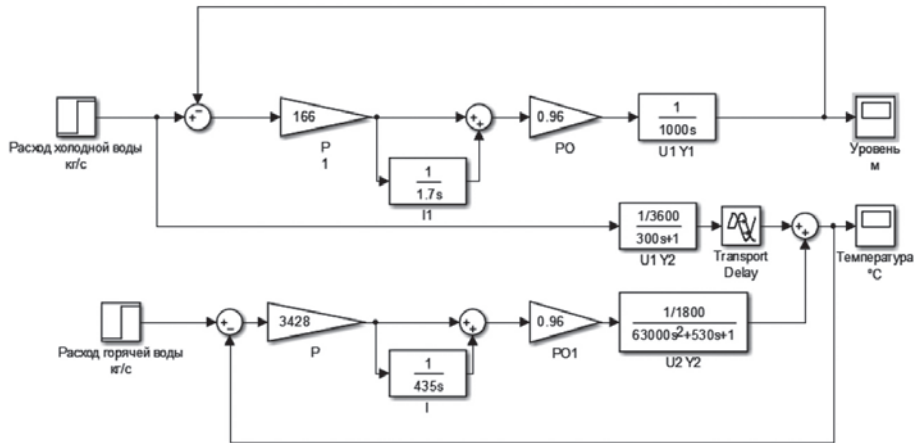


Рис. 8. Структурна схема АСР рівня та температури в нагрівачі з сонячним колектором у середовищі Simulink

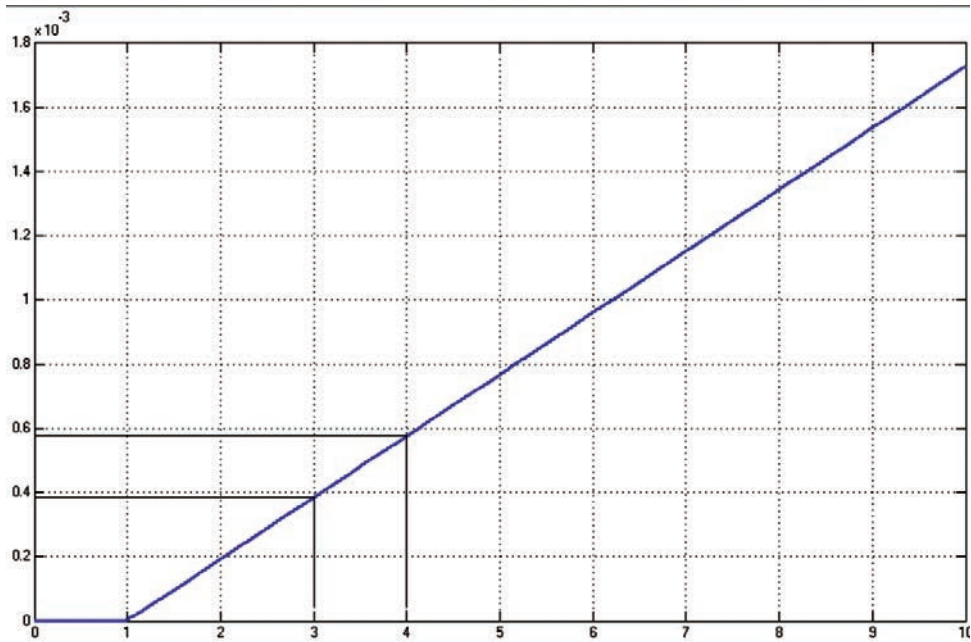


Рис. 9. Розгінна характеристика

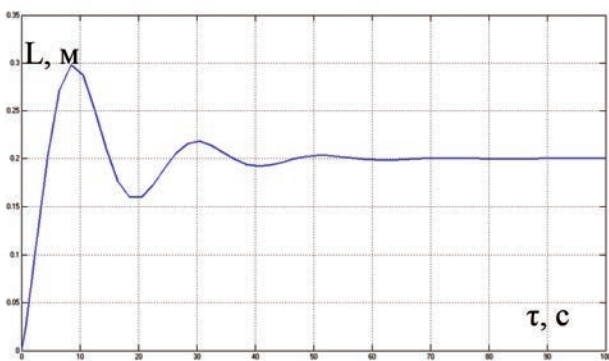


Рис. 10. Перехідний процес регулювання рівня води

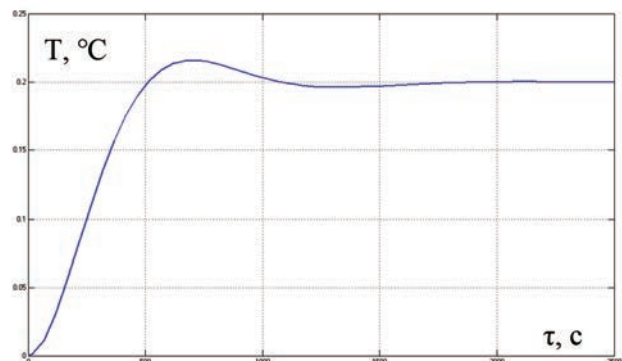


Рис. 11. Перехідний процес регулювання температури води

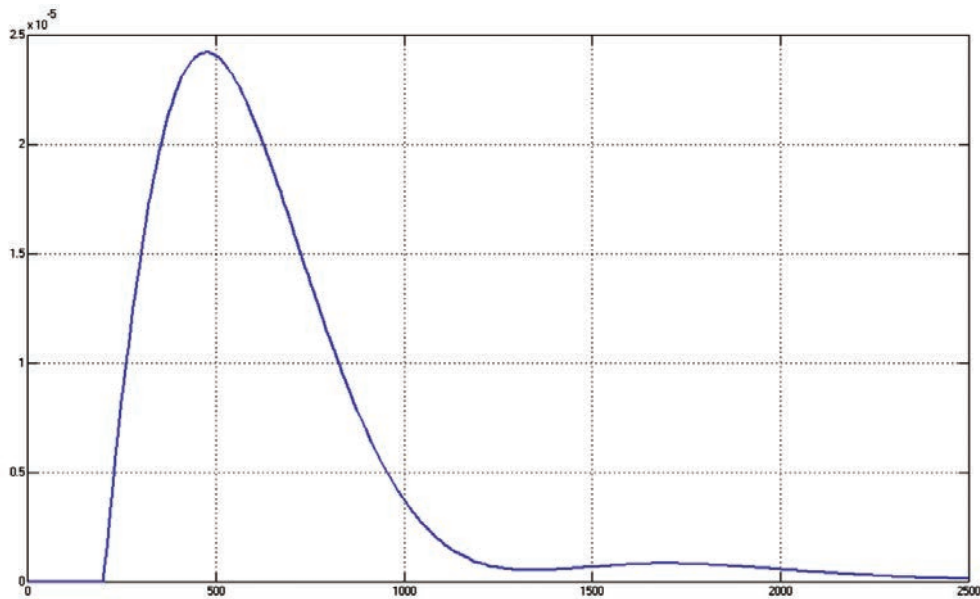


Рис. 12. Перехідний процес регулювання температури води

$$k = K_M \cdot K_P \cdot \tau; K_P = \frac{k}{K_M \cdot \tau} = 166$$

Постійна часу ПІ-регулятора

$$T_u = c \cdot \tau = 1 \cdot 1.7 = 1.7 \text{ c}$$

Перехідний процес регулювання рівня води під час подання збурення із завдання представлений на рисунку 10.

Перехідний процес регулювання температури води під час подання збурення із завдання представлений на рисунку 11.

Перехідний процес регулювання температури води під час подання збурення за каналом «Витрата холодної води – Температура» представлений на рисунку 12.

За перехідним процесам регулювання видно, що регулятор впорюється зі своїм завданням і виконує регулювання рівня і температури.

**Висновки.** У цій статті була розроблена автоматизована система управління технологічними процесами в нагрівачі із сонячним колектором. У програмному пакеті Simulink побудована структурна

схема АСР-рівня та температури води в нагрівачі із сонячним колектором. Отримано перехідні процеси регулювання рівня та температури залежно від зміни витрати холодної і гарячої води в допустимих межах. Відповідно до поставлених завдань визначено параметри автоматичного регулювання і розроблено функціональну схему автоматизації технологічного процесу. Таким чином, як висновок необхідно зазначити, що автоматизація управління неминуче спричиняє здійснення системного підходу, оскільки вона передбачає наявність саморегульованої системи, яка має вхід, вихід і механізм управління. Системний підхід дозволяє розглядати аналіз і синтез різних за своєю природою і складністю об'єктів із єдиної точки зору, виявляючи при цьому найважливіші характерні риси функціонування системи і враховуючи найбільш істотні для всієї системи фактори. Значення системного підходу особливо велике під час проектування й експлуатації таких систем, як комп'ютерно-інтегровані системи управління, які є людино-машинними системами, де людина виконує роль суб'єкта управління.

#### Список літератури:

1. Муколянец А.А., Музафаров А.Р. Энергоэффективность использования установки горячего водоснабжения на основе солнечного коллектора. CETERIS PARIBUS. 2015. № 2. С. 8–12.
2. Рац Г.И., Мординова М.А. Развитие альтернативных источников энергии в решении глобальных энергетических проблем. *Известия Байкальского государственного университета*. 2012. № 2. С. 132–136.
3. Тодорцев Ю.К., Максименко И.Н. Объектно-ориентированная модель системы теплоснабжения. Информационные модели. *Труды Одесского политехнического университета*. 2005. Вып. 2(24). С. 160–164.
4. Лунева С.К. Эффективность применения тепловых насосов. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2015. № 3(33). С. 59–62.

5. Интернет журнал о промышленности в Украине, 2021. URL: <http://td-bm.com.ua/blogs/naviso/uk/batarea-naviso-potribni-sonacni-kolektori/>
6. Сайт компанії з проектування інженерних систем розумного дому «Караван». URL: [hifidom.com.ua/povyny/147-solarwater](http://hifidom.com.ua/povyny/147-solarwater)

### **Yavorskyi O.V. STUDY OF THE SYNTHESIS OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE HEATER WITH A SOLAR COLLECTOR**

*Nowadays, people pay great attention to safety, reliability, quality and cost-effectiveness of basic equipment. One way to improve the quality of these issues is to automate technological processes. In this article, a study of the synthesis of an automatic control system for the level and temperature of the heater with a solar collector.*

*The most important indicator of modern scientific and technological progress is the significant intensification of technological processes, the growth of unit capacity and productivity of units. The consequence of this is the growing demands on the reliability and quality of process control. To provide the decision of these problems technical means of automation which introduction allows to achieve improvement of working conditions and reduction of prime cost of let out production allow.*

*The heater consists of two main parts: a solar collector and a battery tank.*

*Any technological object must be controlled. To control the basic parameters, the correctness of the choice of measuring equipment, methods of measuring technological variables plays an important role.*

*As a rule, the solar collector is used to additionally heat the room in spring and summer, as well as to accumulate solar energy to heat water. Using the collector, hot water and heat the consumer gets absolutely free, if you do not take into account its purchase.*

*There are two types of solar collectors: vacuum and flat. The principle of operation of both types of collectors is similar, but distinguishes them primarily in composition. Thus, the composition of vacuum collectors includes glass tubes, which with the help of a special device inside actually absorb light. Flat collectors consist of an inner plate and a glazed panel. It should be noted that vacuum collectors are direct-flow and with indirect heat transfer.*

*It is impossible to overestimate the advantages of solar collectors, as these devices are really very profitable and have a number of obvious advantages (reduced costs, reduced load, and so on). With their appearance, heating the pool, heating the house, providing energy to the greenhouse, getting hot water and more became much easier, and most importantly cheaper.*

**Key words:** solar collector, automation, regulator.