

УДК 62.53

Мехатронна система стабілізації температури повітря в тепличному об'єкті

Синицина Є. Ю., Губарев О. П.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Сучасні методи регулювання мікроклімату базуються на зміні температури та вологості повітря. Метою даного дослідження є створення мехатронної системи керування повітрям та нагрівачами для забезпечення теплового балансу в теплиці. Отримані результати досліджень було взято за основу у розробленні математичної моделі зміни теплового потоку тепличного об'єкту протягом доби. Проведено моделювання зміни параметрів температури повітря в теплиці для прогнозу погоди в Херсонській області (23 травня 2023 року). За результатами модельного експерименту розроблено режим роботи нагрівачів. Результати дослідження придатні для використання в мехатронних системах керування мікрокліматом з урахуванням добових змін параметрів навколишнього середовища.

Ключові слова: мікроклімат; мехатронна система; тепла потужність; тепличний об'єкт; витрата.

Зміна погодних умов навколишнього середовища спричиняють зміну параметрів мікроклімату теплиці. Температуру повітря в середині тепличного об'єкту можна змінювати за допомогою нагрівачів. Мехатронна система керування мікрокліматом повинна реагувати на зміну параметрів мікроклімату та прогнозувати майбутні відхилення зовнішніх та внутрішніх факторів, а також забезпечувати сталий тепловий режим у замкненому об'ємі теплиці [1,3,6,7]. Для цього в програмному забезпеченні SOLIDWORKS побудовано спрощену математичну модель тепличного об'єкта (рис. 1а,б).

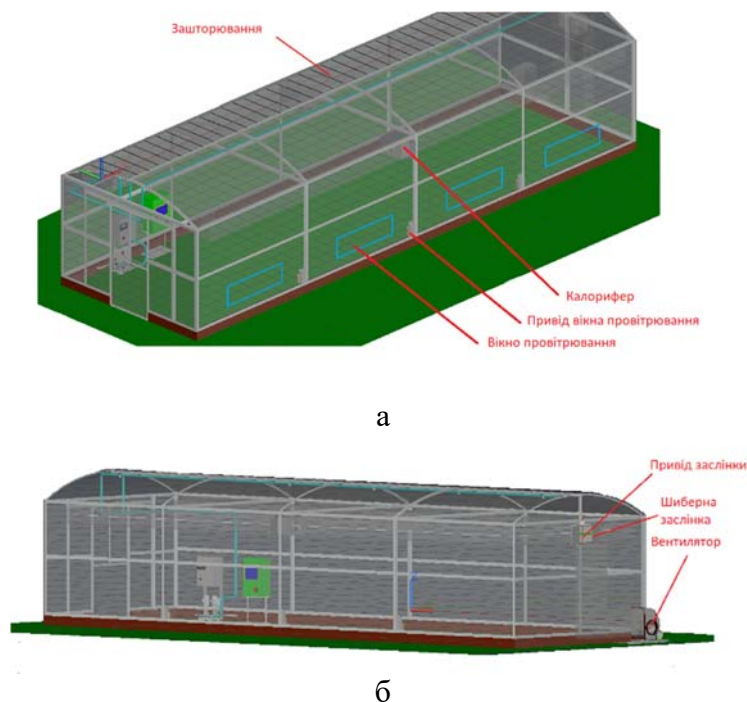


Рис. 1. Зовнішній вигляд тепличного об'єкта

Модельне дослідження зроблено на основі зміни температури зовнішнього середовища впродовж доби. Забезпечення регулювання та підтримання сталої температури в середині тепличного об'єкту відбувається за допомогою електричного калорифера. Для цього мехатронна система керування мікрокліматом має забезпечувати сталі значення температури у всьому об'ємі тепличного об'єкту, прогнозувати можливі зміни температури і за допомогою нагрівального елемента підтримувати температуру на необхідному рівні. Отже, функцією спрощеного дослідження є визначення кількості калориферів та режиму їх роботи. Для цього досліджено зміну теплової потужності теплиці впродовж доби [2, 4, 5, 8].

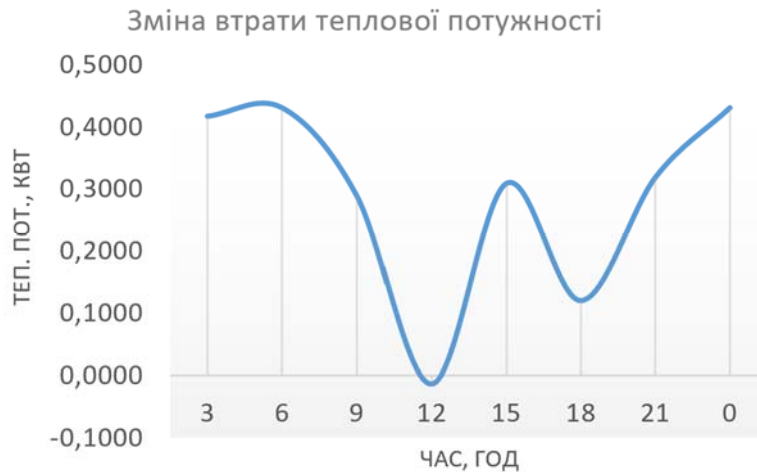


Рис. 2. Зміна втрати теплової потужності теплиці впродовж доби

На рис. 2 зображено графік втрати теплової потужності тепличного об'єкту впродовж доби (23 травня 2023 року в Херсонській області). Для стабілізації та прогнозування зміни втрати теплової потужності теплиці впродовж доби встановлюються два калорифери по 3 кВт та 1 кВт [8].

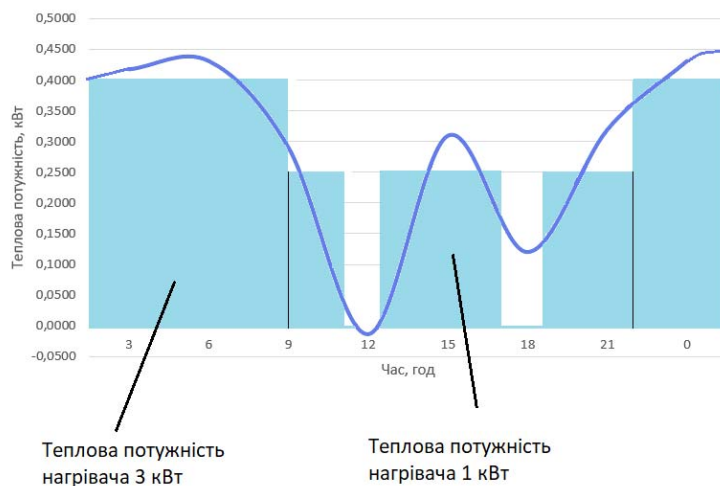


Рис. 3. Графік режиму роботи калориферів

Відповідно до теплової втрати теплиці впродовж доби було розроблено алгоритм роботи калориферів (рис.3). Отже, калорифер на 3 кВт буде працювати 11 годин (з 22.00 – 9.00), калорифер на 1 кВт буде працювати 9 годин (9.00 – 11.00, 13.00 – 17.00, 19.00 – 22.00). З 11.00 – 13.00 та з 17.00 – 19.00 – калорифери не працюють. Відповідно до отриманого режиму роботи калориферів було розроблено програмне забезпечення для їх керування. Програма розроблялася в середовищі CoDeSys на мові програмування ST. Код Програми [8]:

```
PROGRAM P_TERM_F1_F2
VAR
  F1_Status : BOOL; (* Статус калорифера F1 *)
  F2_Status : BOOL; (* Статус калорифера F2 *)
  T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 : INT; (* Час для калориферів *)
END_VAR
(* Основний алгоритм *)
IF T > 0 AND T <= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 THEN
  IF T <= T1 THEN
    F1_Status := TRUE;
    F2_Status := TRUE;
  ELSIF T <= T1 + T2 THEN
    F1_Status := FALSE;
    F2_Status := TRUE;
  ELSIF T <= T1 + T2 + T3 THEN
    F2_Status := FALSE;
  ELSIF T <= T1 + T2 + T3 + T4 THEN
    F2_Status := TRUE;
  ELSIF T <= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 THEN
    F2_Status := FALSE;
  ELSIF T <= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 THEN
    F2_Status := TRUE;
  ELSE
    F1_Status := TRUE;
    F2_Status := TRUE;
  END_IF;
ELSE
  F1_Status := FALSE;
  F2_Status := FALSE;
END_IF;
```

За результатами моделювання тепло-масо-обмінних процесів в геометричній 3-D моделі теплиці було розроблено графік роботи калориферів. Цей графік показує, що розподіл теплової потужності відповідає вимогам температурного режиму теплиці, тому робота калориферів не є одночасною та постійною.

Відповідно до отриманого режиму роботи калориферів було розроблено програмне забезпечення для їх керування. Програма розроблялася в середовищі CoDeSys на мові програмування ST.

Список літератури

1. Automation of microclimate in greenhouses Marina Ganzhur1,*, Alexey Ganzhur1, Andrey Kobylko1, and Denis Fathi1 1Don State Technical University, 344003, 1, Gagarin sq., Rostov on Don, Russia
2. Kittas C. Determination of the overall heat transfer coefficient of a greenhouse cover. Agric Forest Meteorol 1994;69:205–21.

3. Papadakis G, Frangoudakis A, Kyritsis S. Mixed, forced and free convection heat transfer at the greenhouse cover. J Agric Engng Res 1992;51:191–205.
4. Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes. John Wiley & Sons, Inc; 1991.
5. Bot GPA. Greenhouse climate: from physical process to a dynamic model. PhD Thesis, Agriculture University of Wageningen, The Netherlands; 1983.
6. On the determination of the overall heat transmission coefficient and soil heat flux for a fog cooled, naturally ventilated greenhouse: Analysis of radiation and convection heat transfer Ahmed M. Abdel-Ghany, Toyoki Kozai, Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo Chiba 271-8510, Japan Received 30 April 2005.
7. Synytsyna E.Yu., Model of the control object of the mechatronic microclimate system of a medium-sized greenhouse - Mech. Adv. Technol. Vol. 7, No. 3, 2023, pp. 330–336.
8. Синицина С.Ю., Губарев О.П., «Мехатронна система керування температурою мікроклімату теплиці» - Mech. Adv. Technol. 8, вип. 2(101), 2024, с. 164–171.

Mechatronic system for stabilization of air temperature in a greenhouse object

Synytsyna E., Gubarev O.

Modern methods of microclimate control are based on changes in temperature and humidity. The aim of this study is to create a mechatronic air and heater control system to ensure heat balance in a greenhouse. The obtained research results were used as a basis for developing a mathematical model of changes in the heat flux of a greenhouse object during the day. The modeling of changes in air temperature parameters in the greenhouse for weather forecasting in the Kherson region (May 23, 2023) was carried out. Based on the results of the modeling experiment, the operation mode of the heaters was developed. The results of the study are suitable for use in mechatronic microclimate control systems taking into account daily changes in environmental parameters.

Keywords: microclimate; mechatronic system; thermal power; greenhouse facility; consumption.