

**Синицина Є.Ю., PhD,**

ORCID 0009-0005-7361-0031

**Губарев О.П., д-р техн. наук, професор**

ORCID 0000-0002-0924-4103

**Степчук В.О.**

ORCID 0009-0007-9481-3123

Національний технічний університет України

«КПІ ім. Ігоря Сікорського»

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ ТЕПЛИЦІ

Для забезпечення сталого значення вологості повітря в середині замкнутого об'єму повітря тепличного об'єкта використовують різні типи зволоження. Це може бути природне зволоження, крапельне зволоження, туманоутворююче зволоження, зрошення огороджувальної конструкції та автоматичні системи мікроклімату. Автоматичні системи зволоження складаються з: контролера (5), система туманоутворення (3), системи повітрообміну (4), крапельного поливу (6), системи освітлення та обігріву (2), а також датчиків (1,7) (рисунк 1) [3,4]:



*Рисунок 1 – Теплиця з автоматичною системою мікроклімату*

Контроль та керування параметрами мікроклімату, а саме вологістю та температурою повітря може відбуватися за різних алгоритмів керування [3, 4].

Провівши аналіз алгоритмів керування вологістю повітря в тепличному об'єкті можна зробити висновок, що в жодній системі не розкритий взаємозв'язок між термодинамічним процесам та автоматичними системами керування разом з виконавчими пристроями [1].

У тепличному господарстві зміна параметрів мікроклімату відбувається не лінійно, на це впливає зміна параметрів зовнішнього середовища та тип рослин, які вирощуються. Тому моделювання зміни мікроклімату в середині тепличного об'єкта базується на балансі енергії та тепло-масообмінних процесах. Дослідження зміни вологості повітря в середині тепличного об'єкта доцільно розглядати як параметр, який в основному спричинений вентиляцією та транспірацією рослин [2]:

$$\Delta H = \Delta H_{air} - \Delta H_{plant}, \quad (1)$$

де  $\Delta H$  – зміна пари всередині теплиці,  $кг/м^3$ ;  $\Delta H_{air}$  – зміна пари, спричинена вентиляцією,  $кг/м^3$ ;  $\Delta H_{plant}$  – зміна вологи за рахунок транспірації рослин, випаровування ґрунтової води та інших джерел вологи,  $кг/м^3$ .

Тому загальний вигляд рівняння процесу переносу водяної пари повітряними потоками в середині теплиці описується як [1,2]:

$$H = (RH e_w) / (R_v T - Q), \quad (2)$$

де  $H$  – маса водяної пари, що переноситься повітрям,  $кг/м^3$ ;  $R_v$  – питома газова стала для водяної пари, що дорівнює 461,5;  $RH$  – відносна вологість, %;  $T$  – температура повітря,  $^{\circ}C$ ;  $Q$  – об'єм повітря в теплиці,  $м^3$ .

Інтеграція зв'язку процесу переносу водяної пари в теплиці (рівняння 2) та зміни параметрів, які впливають на загальний мікроклімат можна прослідкувати при моделюванні в програмному середовищі SOLIDWORKS Flow Simulation (рисунком 2).

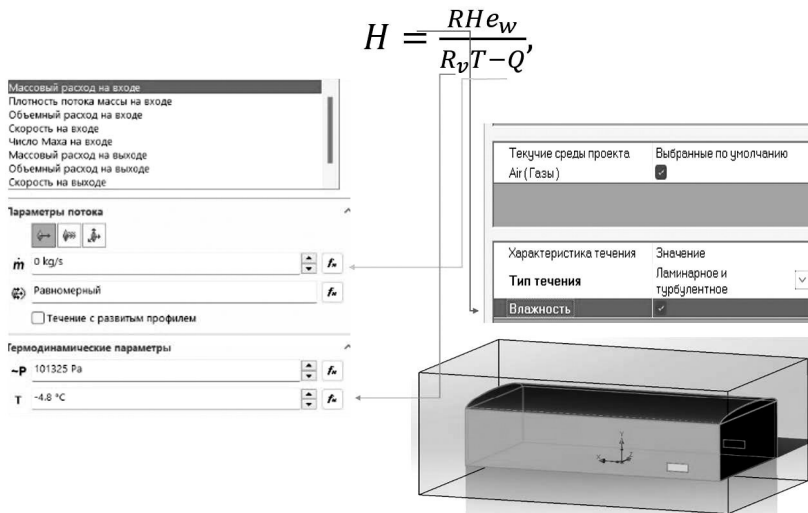


Рисунок 2 – Зв'язок процесу переносу водяної пари з параметрами мікроклімату теплиці

### Список використаних джерел

1. Синицина Є.Ю. ГІДРОПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА ОБ'ЄКТУ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА СЕРЕДНЬОГО ОБ'ЄМУ: дис. ... доктор філософії з 131 (Прикладна механіка). Київ, 2025. 168 с.
2. Analysis of Heat and Humidity in Single-Slope Greenhouses with Natural Ventilation Huang Li, Angui Li \*, Yicun Hou, Chi Zhang, Jinnan Guo, Jiaxing Li, Yuanqing Ma, Tianqi Wang and Yifei Yin School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China, 2023.
3. Chen S., Liu A., Tang F., Hou P., Lu Y., Yuan P., A Review of Environmental Control Strategies and Models for Modern Agricultural Greenhouses // Sensors. – 2025. – Vol. 25, No. 5. – Art. 1388. – DOI: 10.3390/s25051388.
4. Huang S., Xiang H., Leng C., Dai T., He G., Intelligent Regulation of Temperature and Humidity in Vegetable Greenhouses Based on Single Neuron PID Algorithm // Electronics. – 2024. – Vol. 13, No.11.– Art. 2083. – DOI: 10.3390/electronics13112083.