

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У СПОРУДІ ТИПУ «ЗИМОВИЙ САД»

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено ознайомлення та дослідження обладнання комплексу інженерних систем у промисловій теплиці

Ключові слова: зимовий сад, опалення, підігрів, полив і зрошення, досвічування, вентиляція, фізіологічно активна радіація.

Abstract

The equipment of complex of engineering systems in an industrial greenhouse is acquainted and researched

Keywords: greenhouse, heating, irrigation, dawn, ventilation, physiologically active radiation.

Вступ

Правильне технічне оснащення культивацийних споруд (парників, теплиць, оранжерей тощо) повинно сприяти ефективному розвитку рослин, комфортним умовам для обслуговуючого персоналу, а також значно впливає на собівартість продукції і як наслідок робить товар даного типу конкурентоспроможним.

Метою дослідження є вибір компонентів системи створення мікроклімату в теплиці, їх наукове та економічне обґрунтування для ефективного вирощування культур з точки зору продуктивності та енерго- і ресурсоощадності.

Результати дослідження

При створенні математичної моделі тепломасообмінних процесів у розробленій споруді типу «Зимовий сад» прийнято наступні припущення:

1. Температури поверхонь і граничних шарів повітря розглядаємо як середнє по площі цих поверхонь;
2. Випаровування та конденсація вологи, повітрообмін та надходження вуглекислого газу відбувається тільки в об'ємі споруди;
3. Тепловий баланс розраховуємо для нічного режиму експлуатації споруди;
4. Процеси тепломасообміну в споруді стаціонарні, тому що в нічний період температурний режим споруди змінюється повільно;
5. Тепло в приміщенні поширюється за допомогою теплопровідності. Кількість теплоти, яка віддається нагрітими тілами і стікаючим конденсатом, є нескінченно малою порівняно з теплом, яке віддається нагрітим середовищем;
6. Нехтуємо величинами сонячної радіації (нічний режим).

Враховуючи дані припущення споруда зимового саду розглядається як складна розрахункова система, наведена на рис. 1.

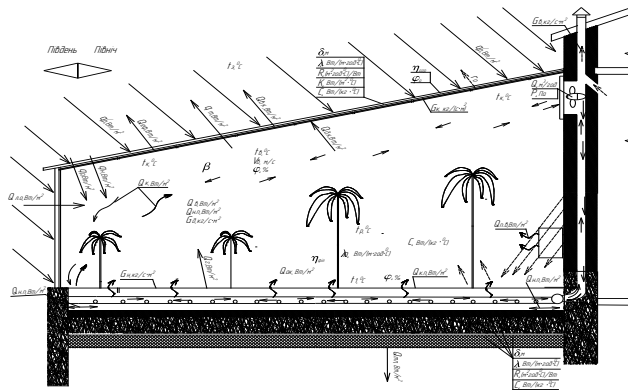


Рис.1– Розрахункова система

Взаємодію підсистем між собою та з підсистемами зовнішнього середовища зображено на рис. 2.

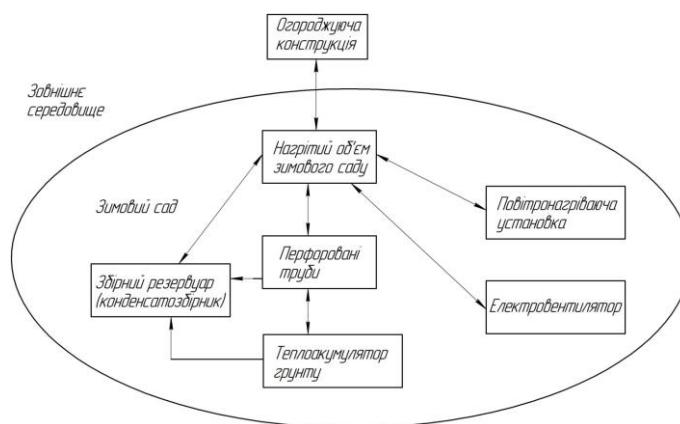


Рис. 2 – Схема взаємодії теплових потоків в системі

В процесі тепломасообміну для об'єму споруди можливі наступні ситуації:

- 1) відбувається нагрів об'єму споруди за рахунок конвективних теплових потоків $Q_{кп}$, $Q_{ок}$, $Q_{вк}$ та конденсацією вологи (рівняння 2);
- 2) відбувається охолодження поверхні за рахунок конвективної передачі тепла в нагрітий об'єм;
- 3) відбувається випаровування вологи та конденсація;
- 4) відбувається нагрів поверхні ґрунту за рахунок теплових потоків (рівняння 1).

Математична модель теплообмінних процесів

Процеси тепломасообміну в споруді описуємо системою рівнянь теплового балансу:

- рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту

$$Q_г + Q_{mn} + Q_{ак} + Q_{кп} + Q_{но} + Q_в = 0; \quad (1)$$

- рівняння теплового балансу для об'єму споруди

$$Q_{кп} + Q_{нв} + Q_{ок} + (1 - k_n) + Q_{но} + Q_{нт} = 0; \quad (2)$$

- рівняння теплового балансу на огороджувачій конструкції

$$Q_{ок} + k_n Q_{но} + Q_{вк} + Q_к + Q_{еп} + Q_{ло} = 0; \quad (3)$$

- рівняння балансу вологості для об'єму споруди

$$G_n + G_д + G_к + G_в = 0, \quad (4)$$

де $Q_г$, $Q_в$, $Q_{нв}$, $Q_{нт}$, $Q_к$ – теплові потоки відповідно від ґрунтового обігріву в приміщення, на випаровування, від повітрянагрівачої установки, на нагрівання вентиляційного повітря, від конденсації, Вт/м² площі зимового саду;

$Q_{кп}, Q_{дк}, Q_{вк}$ – конвективні теплові потоки відповідно на поверхні ґрунту, до огорожуючої конструкції, від огорожуючої конструкції на зовні, Вт/м²;

$Q_{но}, Q_{ло}, Q_{эф}$ – променеві теплові потоки відповідно між ґрунтом та огорожуючою конструкцією, від споруд, що розташовані навколо зимового саду, від огорожуючої конструкції в навколишнє середовище, Вт/м²;

$Q_{ак}$ – тепло, що акумулюється ґрунтом, Вт/м²;

Q_{mn} – тепловтрати через ґрунт назовні, Вт/м²;

G_n, G_k, G_d, G_v – витрата вологи відповідно на випаровування з поверхні ґрунту, яка утворюється при конденсації на огорожуючій конструкції, яка додатково вноситься в споруду, яка видаляється з вентиляційним повітрям, кг/(с×м²);

k_n – коефіцієнт, що враховує поглинання довгохвильового випромінювання трьохатомними газами (для споруд даного типу $k_n = 0,88$).

Замість рівняння теплового балансу для внутрішнього об'єму споруди (2) в залежності від характеру задачі можна застосувати рівняння теплового балансу для всієї споруди:

$$Q_2 + Q_{ак} + Q_{mn} + Q_{нв} + Q_{ш} + Q_в + (Q_{вк} + Q_{эф} + Q_{ло}) \times [1 + a(\rho_3 - \rho_в)] = 0, \quad (5)$$

де $[1 + a(\rho_3 - \rho_в)]$ – величина, яка враховує надбавку тепловтрат на інфільтрацію (для споруд із звичайним склінням $a = 1$, для покриттів плівкою $a = 0,8$);

$\rho_3, \rho_в$ – густина зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м³;

$Q_{ш}$ – повний (променевий і конвективний) тепловий потік від системи обігріву приміщення, Вт/м².

Опалення. На основі припущення 6-го, потужність системи опалення, Вт, знаходимо за формулою:

$$Q_{оп} = KF_{П}(t_в - t_3)\eta_{инф}, \quad (6)$$

де $Q_{оп}$ – розрахункова потужність системи опалення, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²×°C);

$t_в, t_3$ – розрахункова температура внутрішнього та зовнішнього повітря, °C;

$\eta_{инф}$ – коефіцієнт інфільтрації;

$F_{П}$ – сумарна площа поверхні огороження, м².

Головною конструктивною характеристикою зимового саду є коефіцієнт огороження, від якого залежать тепловтрати та потужність системи опалення.

Цей коефіцієнт визначаємо за формулою [1]:

$$\eta_{огр} = \frac{F_{П}}{F_0}, \quad (7)$$

де $F_{П}$ – сумарна площа поверхні огороження, м²;

F_0 – площа ґрунту, м².

Тоді, формула (6) матиме вигляд:

$$Q_{оп} = KF_0(t_в - t_3)\eta_{огр} \cdot \eta_{инф}. \quad (8)$$

Втрати тепла системою опалення зимового саду можна визначити аналітичним способом при максимально допустимих значеннях температури зовнішнього повітря та швидкості вітру. Відповідна залежність наведена на рисунку 3.

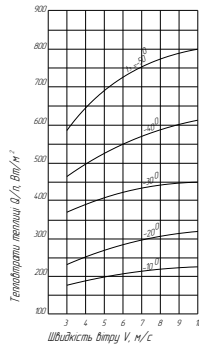


Рис. 3– Розрахункові тепловтрати зимового саду

З рисунка 3 видно, що чим вища температура зовнішнього повітря t_3 , тим більші тепловтрати має споруда зимового саду.

Кількісною характеристикою різних способів обігріву споруди є коефіцієнт β , який показує, яка частка тепла, що виділяється опалювальними приладами, йде на обігрів зони рослин [1]:

$$\beta = \frac{t_p - t_3}{t_k - t_3}, \quad (9)$$

де t_p – температура повітря в зоні рослин, °С;

t_k – температура повітря в приміщенні поблизу покрівлі, °С.

Чим менша різниця ($t_p - t_k$), тим менше буде тепловтрат при однаковому тепловому режимі в зоні рослин. Найменша величина тепловтрат буде при умові: $t_p - t_k = 0$. В цьому випадку потрібно забезпечити необхідний температурний режим в зоні рослин і фактичні тепловтрати через огорожуючі конструкції, які визначаємо середньою температурою повітря біля внутрішньої поверхні огороження.

Коефіцієнт β – це коефіцієнт ефективності системи обігріву, чим ближче його величина до одиниці, тим раціональніше використовується тепло системи опалення.

Тоді формула (8) отримає наступний вигляд:

$$Q_{on} = \frac{KF_o}{\beta} (t_p - t_3) \eta_{огр} \cdot \eta_{инф}. \quad (10)$$

Температура ґрунту, °С, у вертикальному перерізі над трубою ґрунтового обігріву визначаємо за формулою:

$$t_1 = 14,5 + 0,46S + (46,46 - 14,71S)h' + (4 - 2,09S - 17,8h' + 11,65Sh')\lambda_{II}, \quad (11)$$

де S – горизонтальна відстань між осями трубопроводів ґрунтового обігріву, м;

h' – глибина розташування джерела тепла в ґрунті, м;

λ_{II} – коефіцієнт теплопровідності ґрунту, Вт/(м²×°С).

Температура ґрунту, °С, у вертикальному перерізі на середині відстані між трубопроводами ґрунтового обігріву визначаємо за формулою:

$$t_2 = 13,92 + 0,58S + (58,71 - 27,42S)h' + (4,75 - 2,59S - 26,55h' + 13,5Sh')\lambda_{II}. \quad (12)$$

Висновок

Досліджено особливості експлуатації та техніко-економічні характеристики таких компонентів інженерного оснащення: опалення, вентиляція, зрошення, охарактеризовано переваги і недоліки кожного типу обладнання інженерних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Г.Г. Крамарець, Ю.В. Крамарець, В. С. Веклич. Основи тепличного господарства. Навч. пос. — Львів, 2006. - 108 с.

2. Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Частина перша. Закритий ґрунт. Навч. пос. – Вінниця: Нова книга, 2008.- 368 с.

Бадяка Олег Володимирович – студент групи ТГ-18м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oleg/badyaka@ukr.net

Науковий керівник: **Коц Іван Васильович** – к. т. н., професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Oleh Badiaka V. – student group TH-18m, department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oleg.badyaka@ukr.net

Supervisor: **Ivan Kots V.** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.