

Магістерська кваліфікаційна робота

# Ефективна система створення мікроклімату в тепличному комбінаті

Виконав: ст.гр. ТГ-18м

Бадяка Олег

Науковий керівник:

к. т. н., проф. Коц Іван Васильович

# Мета і актуальність роботи

- Одним з основних завдань агропромислового комплексу України є забезпечення населення продукцією овочівництва, незалежно від пори року, так як в залежності «попит-пропозиція» для зимового періоду року в більшості випадків спостерігається дефіцит даної продукції. Правильне технічне оснащення культиваційних 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.

# Мета і актуальність роботи

- 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 ресурсощадності.
- Для досягнення заданої мети пропонуються для вирішення такі завдання:
  - ✓ визначити основні параметри середовища в приміщенні, що впливають на розвиток та продуктивність у вирощуванні певних видів рослин;
  - ✓ виконати аналіз відомих досліджень та конструктивних особливостей складових системи створення мікроклімату;
  - ✓ дослідити фактори впливу на внутрішнє середовище та скласти схему формування теплового режиму в приміщенні;
  - ✓ виконати математичне моделювання тепловологісного режиму в теплиці, взявши до уваги конструктивні особливості огорожуючих конструкцій, а також теплові та конвективні потоки, що створюються складовими системи;
  - ✓ скласти принципову схему керування та автоматизації тепломасообмінних процесів.

## Об'єкт і предмет дослідження

- **Об'єкт дослідження** – тепломасообмінні процеси в ґрунтовому та надземному середовищах вирощування рослин.
- **Предмет дослідження** – режими та параметри обладнання систем підігріву та опалення, зволоження та поливу, вентиляції, підживлення вуглекислим газом.

# Наукова новизна одержаних результатів

- досліджена математична модель теплових балансів у споруді теплиці, в основу якої покладено врахування надходжень і втрат теплової енергії, що виникають в при створені заданих умов тепловологісного режиму, завдяки якій забезпечується вибір раціонального співвідношення параметрів, що сприяють необхідному за функціональним призначенням мікроклімату в приміщенні та енергозбереженню;
- досліджена методика розрахунку системи зрошення та туманоутворення з ультразвуковим диспергатором.

# Системи опалення та обігріву

За функціональним призначенням системи опалення бувають наступні:

- *ґрунтовий або субстратний обігрів;*
- *бічний та торцевий обігрів;*
- *покрівельний та підлотковий обігрів.*

# Водяне ґрунтове опалення

Перевагами системи водяного обігріву ґрунту є:

- висока надійність за рахунок відсутності вузлів та з'єднань трубопроводів в товщі ґрунту;
- висока теплоємність теплоносія;
- корозійна стійкість пластикових труб до середовища ґрунту;
- низька необхідна температура теплоносія (30-40°C).

Недоліком такої системи є енергозатрати на генерацію теплоти та транспортування теплоносія.



# Повітряний обігрів ґрунту

- Перевагою такого способу обігріву є доступність теплоносія.
- Недоліком є значні енергозатрати та необхідність у прокладанні повітропроводів великого поперечного перерізу через низьку теплоємність повітря.





## Боковий та торцевий обігрів

- Бічний та торцевий обігрів призначений для компенсації тепловтрат через вертикальні огорожуючі конструкції та підтримки температурного режиму повітряного середовища теплиці. Завдяки цій системі на стінах теплиці не виникає конденсат і зберігається вологість повітря.



# Покрівельний та підлотковий обігрів

- Системи покрівельного та підлоткового обігріву є необхідними для зимових теплиць, оскільки окрім компенсації тепловтрат через покрівлю її призначенням є боротьба зі сніговим покривом. Розрізняють водяний та повітряний обігрів.



# Повітряне опалення теплиці

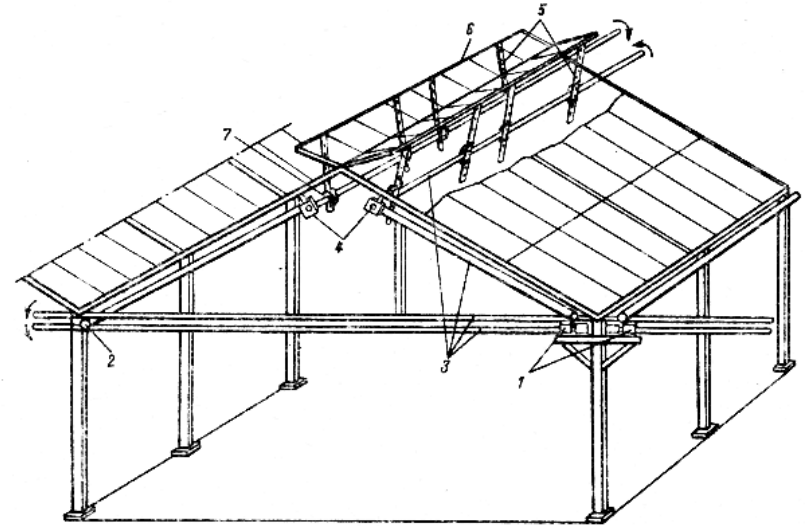
Недоліком такого типу підігріву в порівнянні з водяним є додаткова витрата електроенергії на роботу вентиляторів, а перевагами його є:

- рухливість повітря при вимушеній конвекції більша, ніж при природній;
- можливість регулювати напрямок повітряних потоків за допомогою жалюзійних решіток;
- у літню пору року вентилятори можуть працювати на циркуляцію повітря, коли у довгих багатопролітних теплицях природньої циркуляції недостатньо.



# Вентиляція в теплиці

- В переважній більшості випадків в теплицях влаштовується система аерації - вентиляція з природним спонуканням через стінові прорізи та дахові фрамуги або кватирки
- У великогабаритних теплицях для забезпечення ефективної циркуляції повітря у приміщенні додатково розміщуються вентилятори та повітряно-опалювальні агрегати
- В теплицях ширше 12 м холодне повітря підіймається вгору, не доходючи до середини, де утворюється зона застійного повітря. Тут необхідно застосувати електровентилятори. Такий тип вентиляції називають комбінованим





# Система крапельного поливу

Перевагами такого способу є:

- раціональне та рівномірне витрачення суміші, практично без залишку, який потраплятиме в дренажну систему;
- системі не потрібне штучне нагнітання рідини, достатньо створити гідростатичний тиск завдяки розміщенню резервуара із сумішшю вище відносно рівня поливальних рукавів;
- підходить для всіх вирощуваних культур та стадій їх розвитку.

Недоліком є ймовірність засмічення отворів, тому необхідно контролювати якість води та розчиненість добрив у суміші[5].



# Система дощування

Переваги системи дощування:

- дощування сприяє підвищенню ефективності розвитку рослин завдяки поглинанню вологи листками та пагонами рослин;
- система підтримує вологісний режим повітря.
- можливість обробки рослин розчином з бактерицидними речовинами.

Недоліками є гідрофобність деяких культур, додаткові витрати електроенергії на роботу насоса і не менш важливим недоліком є те, що не рекомендується використовувати таку систему в період цвітіння рослин, так як відносно великі каплі з великою швидкістю падіння змивають пилок, що скорочує плодоутворення рослин та як наслідок зменшує урожайність



# Система туманоутворення

- Система туманоутворення виконує функції зрошування надґрунтової зони рослин та вологісної обробки повітря.
- Принцип роботи схожий з роботою системи дощування, а розпилення відбувається через спринклерні форсунки, які забезпечують утворення крапель рідини діаметром 40-80 мкм.
- Великі краплі за рахунок гравітації досягають зони вирощування культур та беруть участь у зрошуванні та вологопоглинанні рослинами, а менші краплі забезпечують зволоження та випарне адіабатне охолодження повітря



# Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором

Для розрахунку поверхні розпилення диспергатора необхідні такі вихідні дані:

- тип рідини;
- середній діаметр краплі аерозолю;
- необхідна продуктивність диспергатора.

В залежності від виду розпилюваної рідини та частотою коливань середній діаметр краплі аерозолю становитиме:

$$d_k = \alpha \sqrt[3]{\frac{8\pi\sigma}{\rho f_k^2}}$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання звукової енергії (приймається 0,3);

$\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, Н/м;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$f_k$  – частота акустичних коливань, Гц.



# Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором

За період коливання  $T_k$  з площі  $S$  буде розпилено такий об'єм рідини:

$$V_S = \frac{8}{3} \pi d_k^3$$

Тоді витрата рідини при розпиленні з площі  $S$ :

$$Q_S = \frac{V_S}{T_k}$$

З урахуванням загальної продуктивності диспергатора  $Q$  необхідні кількість площ  $S$  на поверхні розпилення визначається:

$$n_S = \frac{Q}{Q_S}$$

# Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором

У випадку плоского виконання поверхні розпилення діаметр поверхні розпилення визначається:

$$d_{pn} = 2 \sqrt{\frac{S_{pn}}{\pi}}$$

В даному випадку отримується щільний вузький факел розпилення



# Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором

Для отримання конусоподібного розширеного факела слід скористатись формулою:

$$d_{pn} = \frac{2S_{pn}}{\pi h}$$

де  $h$  – висота конусності поверхні розпилення.



# Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором

В разі виконання поверхні розпилення у вигляді зворотного конуса з метою отримання парасолькового факелу аерозолі (рис. 1.7) ,розміри поверхні визначаються залежністю:

$$S_{pn} = \frac{\pi}{2} \left[ \frac{1}{2} (d_{pn}^2 + d_{трш}^2) + l (d_{pn}^2 + d_{трш}^2) \right]$$

де  $d_{трш}$  – діаметр ступені малої площі трансформатора коливальної швидкості;

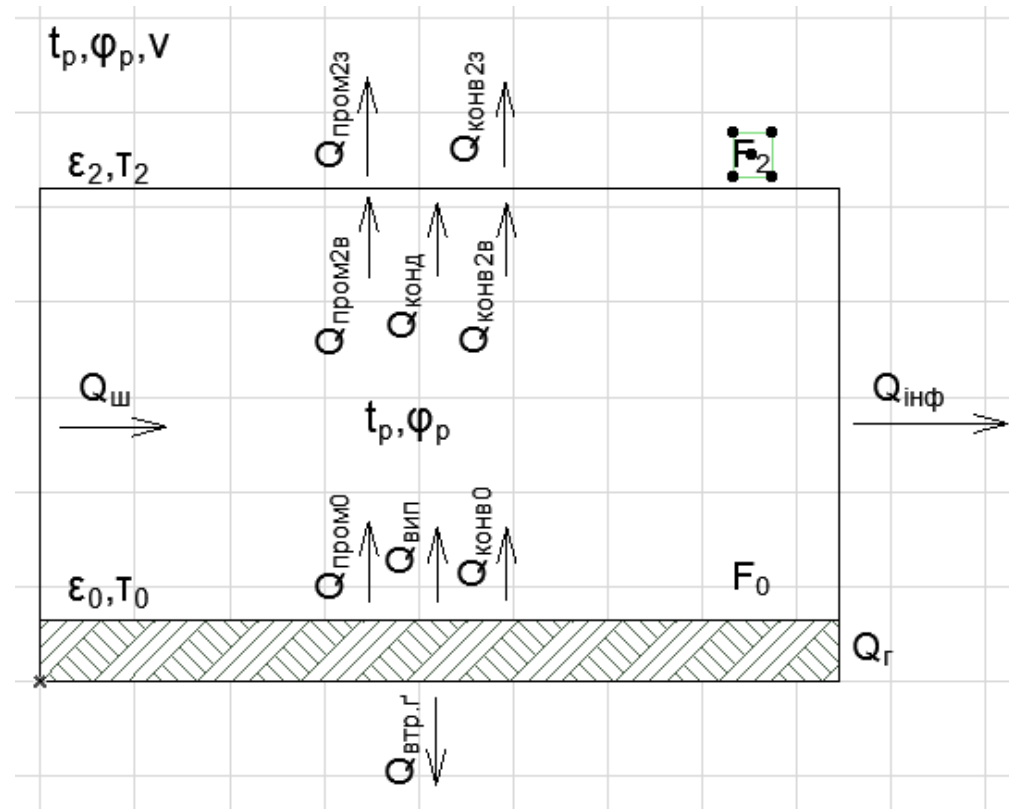
$l$  – довжина бічної сторони конуса.



# Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці

При створенні розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці прийняті наступні припущення:

- нічний режим споруди;
- тепломасообмінні процеси відбуваються лише в робочій зоні;
- рослини як негативний випадок з точки зору енергетичної забезпеченості споруди не враховують, так як при наявності екрану знизиться променевий потік від ґрунту до огороження;
- вплив продуктів життєдіяльності рослин на вологісний режим в будівлі також не враховують, оскільки вночі транспірація рослин наближена до нуля;
- величини температур поверхонь огороження, ґрунту, шарів повітря потоків тепла і маси усереднені;
- умови протікання процесів тепломасообміну в споруді та ззовні стаціонарні.



# Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці

Рівняння теплового балансу для теплиці вцілому:

$$Q_{\text{ш}} + Q_{\text{г}} = Q_{\text{втр.г}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{конв2з}} + Q_{\text{пром2з}}$$

де  $Q_{\text{ш}}$  і  $Q_{\text{г}}$  – установлений тепловий потік відповідно систем шатрового та ґрунтового обігріву, Вт;

$Q_{\text{втр.г}}$  і  $Q_{\text{інф}}$  – теплові потоки втрат відповідно в ґрунтовий масив та на інфільтрацію, Вт;

$Q_{\text{конв2з}}$  – конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні огородження о навколишнє повітря, Вт;

$Q_{\text{пром2з}}$  – променевий тепловий потік від зовнішньої поверхні огородження.

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту в теплиці:

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{втр.г}} + Q_{\text{конв0}} + Q_{\text{пром0}} + Q_{\text{вип}}$$

де  $Q_{\text{конв0}}$  – конвективний тепловий потік від ґрунту в повітря в робочій зоні теплиці, Вт;

$Q_{\text{пром0}}$  – променевий тепловий потік від поверхні ґрунту в теплиці, Вт;

$Q_{\text{вип}}$  – тепловий потік, що характеризує витрату теплоти на випаровування вологи з ґрунту, Вт.

# Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці

Рівняння теплового балансу на поверхні огородження теплиці:

$$Q_{\text{конд}} + Q_{\text{конв2вн}} + Q_{\text{пром2вн}} = Q_{\text{конв2з}} + Q_{\text{пром2з}}$$

де  $Q_{\text{конв2вн}}$  – тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією внутрішньої поверхні огородження з повітрям в робочій зоні, Вт;

$Q_{\text{пром2вн}}$  – променевий тепловий потік від внутрішньої поверхні огородження, Вт;

$Q_{\text{конд}}$  – тепловий потік, що характеризує виділення тепла при конденсації пари на внутрішній поверхні огородження, Вт.

Вираження теплових потоків через параметри, що визначають їх, для теплиці з полікарбонатним огородженням:

$$Q_{\text{втр. г}} = \frac{t_{\text{уз}} - t_{\text{зов}}}{R_0^{\text{сп}}}$$

де  $t_{\text{уз}}$  та  $t_{\text{зов}}$  – температура відповідно узагальнена та зовнішнього повітря, °С;

$R_0^{\text{сп}}$  – середньозважена по площі величина термічного опору ґрунту.

# Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці

Променевий тепловий потік від поверхні ґрунту в теплиці, Вт

$$Q_{\text{пр.0}} = C_{\text{пр}} \left( \left( \frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right) F_0 \approx 0.814 C_{\text{пр}} (\tau_0 - \tau_2)$$

де  $\tau_2$  – температура поверхні огороження теплиці, °С.

Конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні огороження о навколишнє повітря, Вт

$$Q_{\text{к0}} = A_3 m \sqrt[3]{|\tau_0 - \tau_p|} (\tau_0 - \tau_p) F_0$$

де  $A_3$  – коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну (являється функцією температур поверхні теплообміну і навколишнього середовища);

$m$  – коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну, становить 1,3 при  $\tau_0 > \tau_p$  та 0,7 при  $\tau_0 < \tau_p$ ;

$\tau_0, \tau_p$  – температура відповідно поверхні ґрунту та повітря в робочій зоні, °С



# Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці

тепловий потік, що характеризує витрату теплоти на випаровування вологи з ґрунту, Вт:

$$Q_{\text{вип}} = r_c \eta^3 (c_0^{\text{п}} - \phi_p c_{t_p}^{\text{п}}) \frac{760}{P_6} F_0$$

де  $r_c = 693 - 0,66 t_{\text{pid}}^0$  – питома теплота випаровування, Вт·год/кг ( $t_{\text{pid}}^0$  – температура рідини, °С);

$\eta = 0,8$  – коефіцієнт неповноти водності;

$\beta$  – коефіцієнт масообміну, м/год;

$c_0^{\text{п}}$  – концентрація пари при 100%-му насиченні і температурі поверхні ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;

$\phi_p$  – відносна вологість повітря в робочій зоні, %;

$c_{t_p}^{\text{п}}$  – концентрація водяної пари насиченого повітря в робочій зоні при температурі  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>;

$P_6$  – барометричний тиск, мм. рт. ст

# Економічна ефективність використання теплоакumuляційного обладнання

Добове надходження сонячної енергії становить:

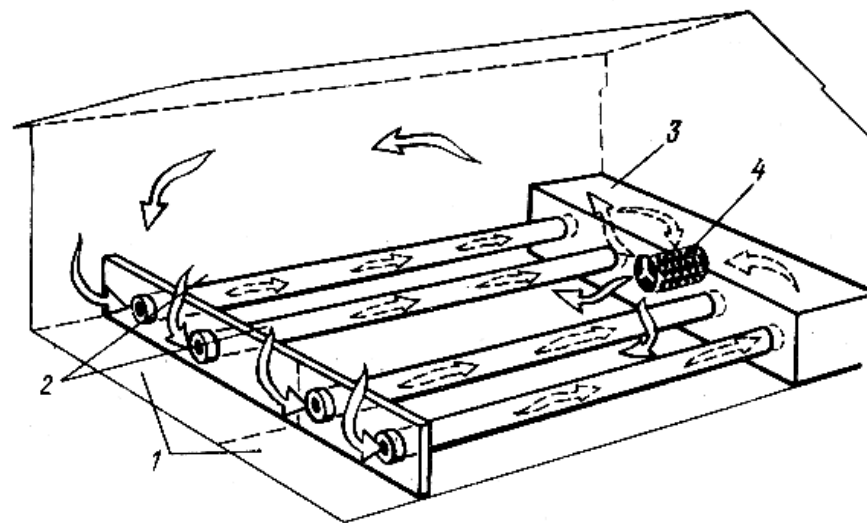
$$Q_{\text{сон}} = 1333 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{добу}$$

Теплоакumuлююча здатність ґрунту в грядках:

$$Q_{\text{ак}} = 1845 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Продуктивність системи вентиляції при 8-годинному режимі роботи:

$$L = 59627 \text{ м}^3/\text{год}$$



# Економічна ефективність використання теплоаккумуляційного обладнання

Витрата електроенергії на вентилятори групи теплиць:

$$E_v = 32 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{добу}$$

Зекономлена маса дров за добу завдяки теплоаккумуляції:

$$M_{\text{др}}^{\text{ек}} = 369 \text{ кг}/\text{добу} = 0,62 \text{ м}^3/\text{добу} = 57 \text{ тис грн}/\text{опал. період}$$

Термін окупності системи теплоаккумуляції (з урахуванням вартості вентиляційного обладнання):

$$T_{\text{ок}} = 3 \text{ роки } 2 \text{ місяці}$$

# Висновки

- В даній роботі проведено аналітичний огляд відомих систем мікроклімату зимових теплиць.
- Запроектована теплиця загальною площею 4392 кв. м Наведено моделювання тепломасообмінних процесів в середовищі теплиці, згідно якого розраховано потужність ґрунтового (217 кВт) та шатрового (238 кВт) опалення.
- Проведено обґрунтування підбору котельного обладнання. Наведено переваги використання акумуляційного обігріву.
- Прийнято до проектування систему ґрунтового опалення за принципом «теплої підлоги» та комбіновану систему шатрового опалення з використанням тепловентиляторів.
- Для літньої пори року проведено розрахунок системи аерації, результатами якого є знайдені площі вентиляційних прорізів: припливних  $162\text{ м}^2$  та витяжних  $397,3\text{ м}^2$ . Витрата припливного повітря механічними вентиляторами становить  $236\ 000\text{ м}^3/\text{год}$

В організаційно-технологічному розділі описані конструктивні особливості прийнятих до монтажу систем та складено перелік будівельно-монтажних робіт. Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, маса яких становить:

- основні матеріали – 56,8 т;
- витратні матеріали – 1,3 т.

Розроблено календарний графік виконання монтажних робіт з такими техніко-економічними показниками:

- тривалість робіт – 64,5 дні;
- загальна трудомісткість – 22305 люд. дні;
- середня кількість робітників – 38 чол., максимальна кількість – 84 чоловіки.
- загальна кошторисна вартість робіт – 2 961 тис. грн;
- кошторисна заробітня плата – 682,7 тис. грн

Розроблено основні вимоги та рекомендації з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях