

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИРОБНИХ ПРИМІЩЕНЬ З БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ, ЯК КЕРОВАНОЇ ЧАСТИНИ САУ МІКРОКЛІМАТОМ

Котов Б.І., д.т.н.,

Грищенко В.О., асистент.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Тел.: (44) 527-82-33

**Анотація** – в статті наведена математична модель динаміки процесів тепло- і масообміну у виробничих приміщеннях з біологічними об'єктами.

**Ключові слова** – математична модель, динаміка, мікроклімат

*Постановка проблеми.* Ефективність утримання тварин і птиці (на промисловій основі), вирощування овочевої продукції (в культиваційних спорудах), зберігання рослинної продукції в сховищах в значній мірі залежить від технологічного мікроклімату виробничих приміщень.

Мікроклімат як комплекс фізичних, хімічних і біологічних факторів середовища у виробничих приміщеннях з біологічними об'єктами оказує суттєвий вплив на продуктивність виробництва, збереження продукції і екологічні показники господарств.

Однак забезпечення мікроклімату вимагає використання складних енергоємних систем тепло- і холодопостачання, що призводить до суттєвого підвищення собівартості продукції.

Одним із напрямків ефективного підвищення економічності систем створення технологічного мікроклімату є автоматичне керування температурно-газовологісними режимами приміщень. Важливими вихідними даними для синтезу системи автоматичного управління штучним мікрокліматом є динамічні характеристики приміщень з біологічними об'єктами. Для визначення яких, необхідна досконала математична модель.

*Аналіз останніх досліджень.* Фундаментальні дослідження динаміки виробничих об'єктів кондиціонування мікроклімату (тваринницькі приміщення, овоче- і зерносховища, камери тепло-вологісної обробки, тощо) здійснені у працях [1-4]. В роботах [5-7] висвітлені співвідношення матеріальних і теплових балансів тваринницьких приміщень, а в роботі [2] вплив параметрів мікроклімату на втрати плодоовочевої продукції і зерна при зберіганні. Але незважаючи на значну кількість робіт і успіхи в практиці моделювання задачу створення узагальненої математичної моделі з урахуванням усіх особливостей об'єкта (внутрішні і зовнішні впливи) повністю не вирішена.

*Формулювання цілей статті.* Розробити вдосконалені математичні моделі динаміки параметрів мікроклімату в приміщеннях з біологічними об'єктами.

*Результати досліджень.* Незважаючи на значну розбіжність конструкцій приміщень і властивості біологічних об'єктів їх поєднують такі особливості: інтенсивне видалення біологічної теплоти і вологи, яке нелінійно залежить від температури і вологості середовища; наявність охолоджувачих поверхонь із значною тепловою інерційністю; наявність системи примусового повітрообміну зумовлюючу інтенсивну переміщення повітря у внутрішньому об'ємі; наявність поверхонь випаровування; зміни в часі (добові, сезонні) зовнішні теплопритоки та тепловідтоки.

Оскільки математичні моделі призначені для вирішення задач автоматизації керування інженерно досконального об'єкта в якому системи вентиляції забезпечують рівномірний розподіл і перемішування повітря в об'ємі приміщення то використання моделей із зосередженими параметрами буде оправдане.

При складенні математичних моделей у вигляді диференціальних рівнянь балансів теплоти і маси зроблені такі загальні припущення і спрощення:

- повітря в об'ємі приміщень добре перемішується і рівномірно омиває тепломасообмінні поверхні;
- теплофізичні параметри елементів приміщень, біологічних об'єктів, а також, значення коефіцієнтів тепломасообміну не залежать від температури, вологості та є незмінними в часі;
- теплові опори огорожень від параметрів середовища не залежать, теплообмін випромінюванням всередині приміщення відсутній; вплив сонячного опромінення зовнішньої поверхні враховується при визначенні умовної зовнішньої температури [8] за формулою

$$t_{3,y.} = t_3 + \frac{p \cdot J}{\alpha_3}, \quad (1)$$

де  $t_3$  - зовнішня температура повітря;  $J$  - інтенсивність опромінення;

$p$  - коефіцієнт поглинання;  $\alpha_3$  - коефіцієнт теплообміну із зовнішнім повітрям.

- питомі тепло- і вологовиділення залежать від температури лінійно;
- температура технологічного обладнання дорівнює температурі повітря.

При визначенні інтенсивності випаровування вологи використано апроксимована залежність:

$$W(\theta) = at + b, \quad (2)$$

де  $t$  - температура,  $a, b$  - сталі коефіцієнти.

Залежність питомої потужності тепловиділень продукцією, або тваринами апроксимована виразом:

$$q(\theta) = a'\theta + b'. \quad (3)$$

Змінення температури зовнішнього повітря у часі (добове коливання) апроксимоване залежністю:

$$t_{3,y.} = t_0 - A_t \cos \omega \tau, \quad (4)$$

де  $t_0$  - середнє значення температури зовнішнього повітря,  $A_t, \omega$  - амплітуда та частота добових коливань температури зовнішнього повітря.

Рівняння теплового і матеріального балансу для нестационарного режиму тваринницького (птахівницького) приміщення або плодосховища будуть мати такий вигляд

$$m_v \cdot c_p \frac{dt_2}{d\tau} = \alpha'_{c.e} \cdot f_{c.e} (\theta_c - \bar{t}) + \alpha \cdot f (\theta - \bar{t}) - G \cdot c_p \cdot t_2 + G \cdot c_p \cdot t_1 + ; \quad (5)$$

$$+ G_n \cdot c_n (t_n - \bar{t})$$

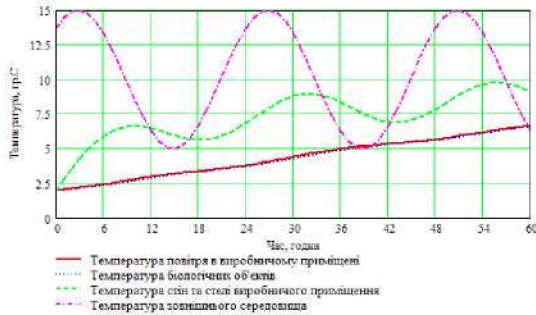
$$m_v \frac{d}{d\tau} d_2(\tau) = \beta \cdot f \cdot \varepsilon_e (a \cdot \theta + c - b \cdot \bar{d}) - G \cdot d_2 + G \cdot d_1 \quad (6)$$

$$(m \cdot c) \frac{d}{d\tau} \theta(\tau) = m \cdot q(\theta) - W(\theta) - \alpha \cdot f (\theta - \bar{t}); \quad (7)$$

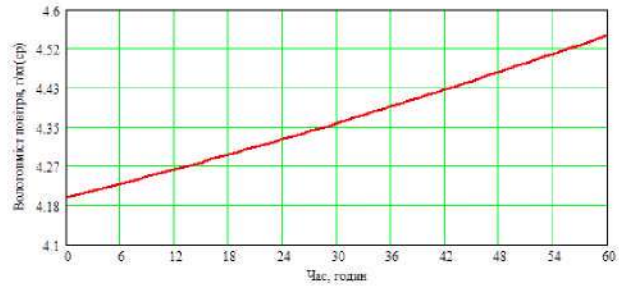
$$m_c \cdot c_c \frac{d}{d\tau} \theta_c(\tau) = -\alpha'_{c.e} \cdot f_{c.e} (\theta_c - \bar{t}) + \alpha'_{c.s} \cdot f_{c.s} (t_{z,y} - \theta_c) + J \cdot F \cdot \varphi_e. \quad (8)$$

В рівняннях (5)-(8) позначено:  $\alpha'_{c.e}$  - сумарний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні огороження, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha'_{c.s}$  - сумарний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні огороження, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha$  - коефіцієнт теплообміну біологічних об'єктів та повітря, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $f_{c.s}$  - зовнішня поверхня огороження, м<sup>2</sup>;  $f_{c.e}$  - внутрішня поверхня огороження, м<sup>2</sup>;  $F$  - частина зовнішньої поверхні яка сприймає сонячну радіацію, м<sup>2</sup>;  $J$  - тепловий потік від сонячного випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>;  $c_p$  - питома теплоємність повітря, Дж/(кг·К);  $c$  - питома теплоємність біологічних об'єктів, Дж/(кг·К);  $c_c$  - питома теплоємність матеріалу огороження, Дж/(кг·К);  $G$  - витрати повітря, кг/с;  $m$  - маса біологічних об'єктів, кг;  $m_c$  - маса огороження, кг;  $\theta_c$  - температура огороження (середня за товщиною), К;  $t_1$  - температура повітря на вході в виробниче приміщення, К;  $t_2$  - температура повітря на виході з виробничого приміщення, К;  $\bar{t} = 0,5(t_1 + t_2)$  - середня температура повітря в виробничому приміщенні, К;  $\theta$  - середньооб'ємна температура біологічних об'єктів, К;  $d_1$  - вологовміст повітря на вході в виробниче приміщення, г/кг<sub>сп</sub>;  $d_2$  - вологовміст повітря на виході з виробничого приміщення, г/кг<sub>сп</sub>;  $\bar{d} = 0,5(d_1 + d_2)$  - середній вологовміст повітря в виробничому приміщенні, г/кг<sub>сп</sub>;  $\varphi_e$  - кут між напрямком випромінювання та нормаллю до опромінюваної поверхні;  $t_n$  - температура водяної пари, К;  $G_n$  - витрати водяної пари, кг/с;  $c_n$  - теплоємність водяної пари, Дж/(кг·К).

Використовуючи рівняння (5)-(8) для нестационарного режиму тваринницького (птахівницького) приміщення та плодосховища було отримано динамічні характеристики (рис.1-2).

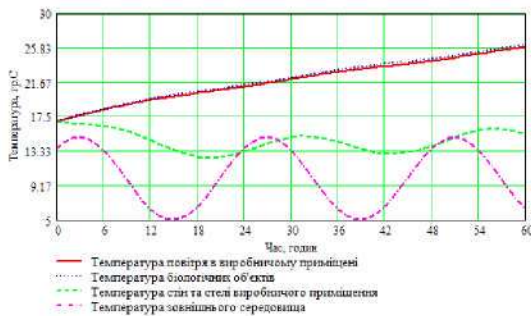


а)

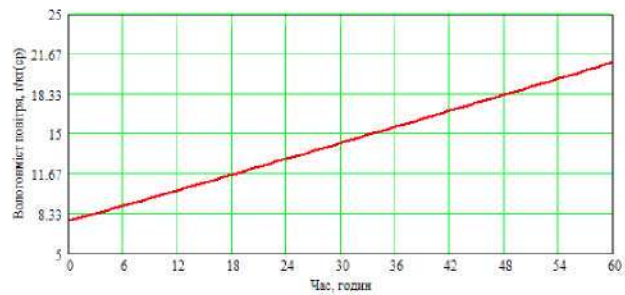


б)

Рис. 1. Динамічні характеристики для нестаціонарного режиму тваринницького (птахівницького) приміщення: а) залежність температури, б) вологовміст повітря



а)



б)

Рис. 2. Динамічні характеристики для нестаціонарного режиму плодосховища: а) залежність температури, б) вологовміст повітря

### Висновки.

1. Розроблено математичну модель динамічних властивостей виробничих приміщень (на прикладі плодосховища та тваринницького приміщення) як об'єктів автоматичного керування мікрокліматом.
2. Порівнянням експериментально і теоретично отриманих даних визначено достатню для практичних розрахунків збіжність.

### Література

1. Мартыненко И.И. Автоматическое управление температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов/ И.И. Мартыненко, Н.Л. Гирнык. - М.: Колос, 1984 – 152 с.
2. Бедин Ф.Н. Технология хранения растительного сырья/ Ф.Н. Бедин, Е.Ф. Балан, Н.И. Чумак. - Одесса: "Астропринт", 2002 – 302 с.
3. Чумак И.Г. Холодильные установки/ И.Г. Чумак, В.П. Чепуренко. - М.: Агропромиздат, 1991 – 495 с.
4. Сотников А.Г. Автоматизация систем кондиционирования воздуха и вентиляции/ А.Г. Сотников. - Л.: Машиностроение, ЛО, 1984 – 240 с.
5. Забудский Ю.И. Расчет вентиляции и теплового баланса животноводческих помещений/ Ю.И. Забудский. - Мичуринск: МГАУ, 2001 – 63 с.
6. Прыгунов Ю.М. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий/ Ю.М.Прыгунов, В.А. Новак, Г.П. Серый. - К.: Будівельник, 1986 – 80 с.

7. Гузик Д.Ф. Формування локального мікроклімату у свинарських приміщеннях: автореф. дис. канд. техн. наук. - Полтава, 1999 – 17 с.
8. Богословский В.Н. Строительная теплофизика/ В.Н. Богословский. - М.: ВШ, 1982 – 415с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОМЕЩЕНИЙ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ, КАК  
УПРАВЛЯЕМОЙ ЧАСТИ САУ МИКРОКЛИМАТОМ**

Котов Б.І., Грищенко В.О.

*Аннотация*

**В статье приведена математическая модель динамики процессов тепло- и массообмена в производственных помещениях с биологическими объектами.**

**DESIGN OF DYNAMIC DESCRIPTIONS OF APARTMENTS WITH BIO-  
LOGICAL OB'ЄKTAMI, AS TO THE GUIDED PART OF SAU BY MI-  
CROCLIMATE**

B. Kotov, V. Grishenko

*Summary*

**In article is brought mathematical model exchange heat- and mass speakers processes in production premises with biological object.**