

технологій // Техніка АПК. – 2005. - №12. – С.11-12.

5. Мельник В.І., Чигрина С.А. Ефективність використання техніки на полях з різною довжиною гону. // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ Вип.75, том 2. – Харків. – 2008. – С.42-45.

## Аннотація

### ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ АГРЕГАТИРОВАНИЯ ТРАКТОРОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ «ПОСТОЯННОЙ» МОЩНОСТИ

Аникеев А.И., Чигрин А.Г., Чигрина С.А.

*В статье анализируются факторы выбора режимных параметров, которые оказывают влияние на агрегатирование МТА. Приводится обзор методического подхода к выбору режима работы тракторов с двигателями «постоянной» мощности.*

## Abstract

### THE FEATURES OF THE TECHNIQUE OF DRAWING UP OF UNITS ON THE BASIS OF TRACTORS WITH “CONSTANT” CAPACITY ENGINES

A. Anikeev, A. Chygryn, S. Chygryna

*In article factors of a choice of regime parameters which influence drawing up of units are analyzed. The review of a methodical campaign to a choice of an operating mode of tractors with engines of "constant" capacity is led.*

УДК 631.2:631.171:65.011.56

### НЕЧІТКА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОХОЛОДЖУВАЧЕМ ПОВІТРЯ

Котов Б.І. д.т.н., проф., Грищенко В.О. ас.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Розглянуті питання можливості використання нечітких систем автоматичного керування повітроохолоджувальною установкою камер зберігання соковитої рослинної продукції.*

**Постановка проблеми.** Зростаючі вимоги до зменшення втрат і збереження якості плодів і овочів при зберіганні в умовах напруженості енергетичного балансу господарств-виробників продукції обумовлюють нагальну необхідність в подальшому вдосконаленні систем забезпечення мікроклімату плодоовочесховищ.

**Аналіз останніх досліджень.** Використання штучного холоду при зберіганні плодоовочевої продукції передбачає створення та підтримання в

приміщенні для зберігання (холодильній камері) умов які забезпечують збереження біологічних і органолептичних властивостей продукції, а також товарного вигляду і маси на протязі всього періоду зберігання. З цією метою в холодильних камерах повинні підтримуватись, в досить вузькому діапазоні, оптимальні параметри мікроклімату (встановлені нормативними технологічними регламентами значення температури, вологості та кількості циркулююмого повітря які задаються видом продукції).

Застосування систем кондиціонування мікроклімату приміщень із машинним охолодженням повітря потребує значних затрат енергії, що збільшує собівартість продукції. Значна енергомісткість процесу охолодження обумовлена великою теплоємністю продукту та виділенням ним фізіологічної теплоти, а також тепловими надходженнями із зовнішнього середовища (тепло від атмосферного повітря, сонячна радіація).

Одним із заходів енергозбереження, що не вимагає значних капіталовкладень, є ведення процесів кондиціонування клімату в енергозберігаючих режимах. Але їхня реалізація стримується відсутністю ефективних систем управління.

На основі аналізу існуючих літературних джерел [1-7] встановлено, що порушення технологічних регламентів холодильного зберігання соковитої рослинної продукції, зумовлюючих значні втрати продукту та перевитрати енергії можуть бути ліквідовані використанням інтелектуальних систем управління, які використовують динамічну базу знань (створену на експертних засадах).

Як об'єкт автоматизації повітроохолоджувач являє собою теплообмінник з площинним оребренням в трубках якого проходить холодоагент, а через оребрення охолоджує повітря. Охолодження повітря супроводжується його зневодненням з випаданням вологи на поверхні оребрення у вигляді інею. Теплообмінні апарати такого типу являють собою багатоємнісні об'єкти (в нашому випадку чотирьохємнісний об'єкт) для яких характерно розподіленість параметрів, тобто залежність параметрів повітря та холодоагенту від координат в напрямку їх руху.

Як перше наближення можна прийняти, що змінення параметрів вздовж просторових координат відбувається за прямолінійною залежністю. В таких випадках осереднення рівнянь за об'ємом апарата приводить до моделі реактора ідеального змішування безперервної дії, параметри характеризуючи роботу апарата можна вважати зосередженими в одній точці простору (наприклад на виході).

Вихідними рівняннями, що описують динамічні характеристики повітроохолоджувача є рівняння балансів теплоти і маси для чотирьох ємностей з зосередженими параметрами. Змінення температури на виході повітроохолоджувача можна визначити за диференціальними рівняннями балансів теплоти та маси, приймаючи загальнотехнічні (для даного класу моделей) припущення:

- сталість теплофізичних параметрів;
- ефекти випромінювання, теплопровідність, масопровідність

враховуються коефіцієнтами тепловіддачі, масообміну та теплопередачі;

- температура стінки теплообмінника та "снігової шуби" приймається однаковою;

- теплоємність теплообмінника дорівнює сумі теплоємності металу та утворююмого інею (метал і "снігова шуба" розглядається, як одноємністний об'єкт);

- швидкість інеєутворення – постійна.

Вихідними рівняннями, що описують динамічні режими повітроохолоджувача є:

$$m_v \cdot c_v \frac{dt_{v_2}}{d\tau} = G_v \cdot c_v \cdot t_{v_1} - G_v \cdot c_v \cdot t_{v_2} - k_1 \cdot F_z (\bar{t}_v - \theta_{ox}) - \sigma_0 \cdot F_z \cdot r_0 (\bar{d}_v - d''(\theta_{ox})); \quad (1)$$

$$c_{ox} \left( m_{ox} \frac{d\theta_{ox}}{d\tau} + \theta_{ox} \frac{dm_{ox}}{d\tau} \right) = k_1 \cdot F_z (\bar{t}_v - \theta_{ox}) - \alpha_{ен} \cdot F_{ен} (\theta''_{ox} - \bar{t}_{xa}) + \sigma_0 \cdot F_z \cdot r_0 (\bar{d}_v - d''(\theta_{in})); \quad (2)$$

$$m_{xa} \cdot c_{xa} \frac{dt_{xa_2}}{d\tau} = G_{xa} \cdot c_{xa} \cdot t_0 - G_{xa} \cdot c_{xa} \cdot t_{xa_2} - \alpha_{ен} \cdot F_{ен} (\theta''_{ox} - \bar{t}_{xa}); \quad (3)$$

$$m_v \frac{dd_{v_2}}{d\tau} = G_v \cdot d_{v_1} - G_v \cdot d_{v_2} - \sigma_0 \cdot F_z (\bar{d}_v - d''(\theta_{in})); \quad (4)$$

де:  $t_{v_1}$  – температура повітря на вході до охолоджувача (випарника), °С;

$t_{v_2}$  – температура повітря на виході з охолоджувача, °С;

$\theta_{ox}, \theta_{in}$  – температура поверхні охолоджувача та намороженого інею на ньому, °С;

$t_{xa_2}, t_0$  – температура холодоагенту на виході та температура його кипіння, °С;

$\bar{t}_v = 0.5 \cdot (t_{v_1} + t_{v_2})$  – середня температура повітря по довжині теплообмінника, °С;

$G_v, G_{xa}$  – витрати повітря та холодоагенту, кг/с;

$m_{ox}, m_v$  – маса охолоджувача та повітря в його об'ємі, кг;

$k_1, \alpha_{ен}$  – коефіцієнт теплопередачі та коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні до холодоагенту, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\sigma_0$  – коефіцієнт масовіддачі при конденсації (інеєутворенні), кг/(м<sup>2</sup>·°С);

$c_v, c_{ox}, c_{xa}$  – питома теплоємність повітря, матеріалу випарника та холодоагенту, Дж/(кг·°С);

$r_0$  – питома теплота конденсації (інеєутворення), Дж/кг;

$d_{v_1}, d_{v_2}, \bar{d}_v$  – вологовміст повітря на вході та виході охолоджувача та його середнє значення  $\bar{d}_v = 0.5 \cdot (d_{v_1} + d_{v_2})$ , Г/(кг<sub>с.р</sub>);

$d''_{ox}(\theta_{ox}), d''_{ox}(\theta_{in})$  – насичений вологовміст повітря на поверхні охолоджувача (інею) при температурі поверхні, г/(кг<sub>c.p</sub>).

**Результати досліджень.** Таким чином система диференціальних рівнянь (1)-(4) дає можливість досить повно описати динаміку тепло- і масообмінних процесів в повітроохолоджувачі (випарнику).

В роботах [2,3] обґрунтовано технологічну (зменшення втрат продукції) ефективність стабілізації температури кипіння холодоагенту у випарнику холодильної машини.

Математична модель динаміки повітроохолоджувача (1)-(4) відрізняється від відомих тим, що враховує змінення сталої часу випарника за часом, врахуванням неявної теплоти інеутворення, змінення масообмінних параметрів за часом.

Модель (1)-(4) є нелінійною і отримання передаточних функцій для змінних  $t_{v_2}$  і  $d_{v_2}$  безпосередньо з рівнянь неможливе. Тому для отримання передаточних функцій проведено чисельний розв'язок рівнянь в середовищі MathCAD.

Чисельний розв'язок системи (1)-(4) дозволив отримати криві перехідних процесів змінення температури  $t_{v_2}(\tau)$  і вологовмісту  $d_{v_2}(\tau)$  повітря з урахуванням динаміки інеутворення при різних значеннях вхідних параметрів.

За результатами обробки даних експериментів отримані передаточні функції по каналах управляючих дій, які мають вигляд інерційних ланок першого порядку із запізненням:

$$W_{t,d}(p) = \frac{k_{t,d} e^{-\tau_{t,d}(p)}}{T_i p + 1} \quad (5)$$

Основною проблемою оптимізації керування холодильною установкою є удосконалення управління випарником, який розміщений безпосередньо в холодильній камері, яка піддана дії внутрішніх і зовнішніх збурень. САК випарником повинна працювати [5] без автоколивань, статична точність підтримання температури не більш як 0,5 °С, в динамічному режимі 1°С.

При цьому задача ускладнюється тим, що крім стабілізації температури процес охолодження треба проводити з мінімальними витратами енергії, що не можуть реалізувати типові САК.

Одним із наукових напрямків удосконалення САК, є нечітка корекція настроювань ПД регулятора по аналізу показників якості перехідних процесів або використання нечітких ПД регуляторів [4, 7].

Виходячи із наведеного вище, пропонується модель нечіткого регулятора, що працює на основі алгоритму Мамдані [6].

Імітаційна модель нечіткої САК наведена на рис.1.

Для виконання функції регулювання над змінними параметрами в Fuzzy ПД регуляторі сформульовані нечіткі правила.

При розробці бази правил для інтелектуальної САК температурою прийнято, що вона функціонує на основі використання функції питомих енерговитрат,

яка враховує вимоги витрат енергії на охолодження повітря в межах, забезпечуючих мінімальні втрати соковитої рослинної продукції:

$$E = \frac{Q_0}{M_1 - \Delta M} = \frac{G_v [(I_1(t_1, d_1) - I_2(t_2, d_2))] }{M_1 - k[a(t_1 + t_2) + c + b(d_1 + d_2)](1 - \bar{\varphi})}; \quad (6)$$

де:  $Q_0$  – холодопродуктивність, кВт;  
 $M_1$  – маса матеріалу, що закладена на зберігання, кг;  
 $\Delta M$  – втрати маси при зберіганні, кг;  
 $G_v$  – витрати повітря, кг/год;  
 $I_1, I_2$  – ентальпія повітря на вході та виході з повітроохолоджувача, кДж;  
 $t_1, t_2, d_1, d_2$  – температура та вологовміст повітря на вході та виході, відповідно, °C і г/кг<sub>с.р.</sub>;  
 $\bar{\varphi}$  – вологість повітря в камері;  
 $k, a, c, b$  – сталі коефіцієнти.

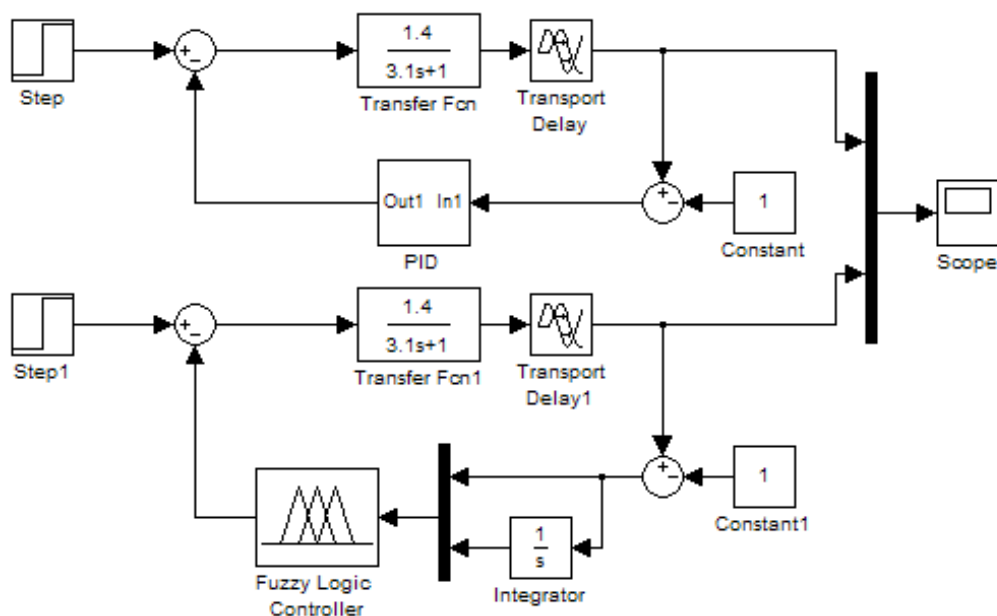


Рис. 1 – Імітаційна модель САК

Перехідні процеси традиційної САК з ПІД регулятором і нечіткої наведені на рис. 2 демонструють ефективну роботу нечіткого керування параметрів САК.

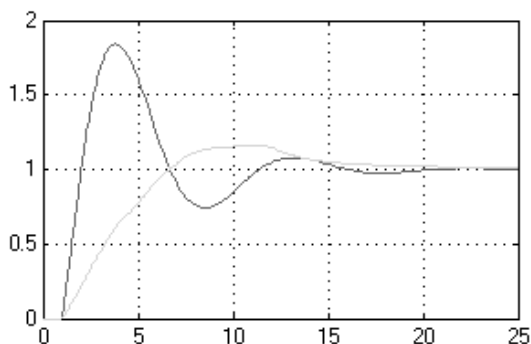


Рис. 2 – Перехідні процеси традиційної САК з ПІД регулятором і нечітким регулятором

Таким чином САК з нечіткою корекцією має кращі динамічні характеристики. Fuzzy підстроювання дозволяє зменшити перерегулювання та знизити час встановлення регульованої температури.

### Список використаних джерел

1. Волкинд И.Л. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. - М.: Колос, 1981. - 223 с.
2. Доссат Р.Дж., Томас Д.Х. Основы холодильной техники. - М.: Техносфера, 2008. - 824 с.
3. Чумак И.Г. Холодильные установки. - М.: Агропромиздат, 1991. - 370 с.
4. Алиев Р.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 240 с.
5. Алехин Н.Б. Методы и средства автоматического управления холодильными установками. Автореф. дис... д.т.н. - Одесса, 1997.
6. Корчемний М.О., Федорейко В.С. Інтелектуальні технології управління та прийняття рішень. ч.ІІ. Нейронні та гібридні мережі. - Тернопіль: ТНПУ, 2008. - 200 с.
7. Михайленко В.С., Ложечников В.Ф. Анализ методов разработки нечетких САР для управления сложными взаимосвязанными объектами // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. - 2009. - №1. - С.171-176.

### Аннотация

#### НЕЧЕТКАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАДИТЕЛЕМ ВОЗДУХА

Котов Б.И., Грищенко В.А.

*Рассмотрены вопросы возможности использования нечетких систем автоматического управления воздухоохладительной установкой камер хранения сочной растительной продукции.*

### Abstract

#### UNCLEAR AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BY COOLER OF AIR

B. Kotov, V. Grishchenko

*The questions of possibility of the use of the unclear systems of automatic control are considered airily cool setting of baggage of juicy vegetable products rooms.*