

*Розглянуто метод керування за "оптимальним режимом" промислового кондиціонера. Проведено аналіз системи штучного мікроклімату та запропоновано параметричну схему системи керування промисловим кондиціонером. Може використовуватися спеціалістами для синтезу та аналізу системи керування кондиціонерів*

*Ключові слова: кондиціонер, метод "оптимального режиму", параметрична схема, система керування*

*Рассмотрен метод управления по "оптимальному режиму" промышленного кондиционера. Проведен анализ системы искусственного микроклимата и предложена параметрическая схема системы управления промышленным кондиционером. Может использоваться специалистами для синтеза и анализа системы управления кондиционеров*

*Ключевые слова: кондиционер, метод "оптимального режима", параметрическая схема, система управления*

## АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО КОНДИЦІОНЕРА ІЗ ПАРОВОЛОЖУВАЧЕМ

**І. М. Голінко**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів  
Національний технічний університет України "Київський  
політехнічний інститут"  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
Контактний тел.: (044) 332-21-89  
E-mail: igor.golinko@conislab.net

**В. Г. Трегуб**

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра інтегрованих автоматизованих систем управління  
національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033  
Контактний тел.: (044) 550-84-31

об'єкт керування (ОК) є складним, розподіленим та нелінійним. Ряд керуючих впливів обмежений, а деякі елементи системи поки що залишаються некерованими. У цих причин застосовують нетрадиційні рішення із автоматизації процесу кондиціювання повітря.

Відомо, що найскладніше автоматизувати технологічні процеси, коли регульовані змінні обмежені багатомірною областю, наприклад, багатокутником, а сам ОК є багатомірним. Саме до такого класу відносяться системи штучного мікроклімату (СШМ) [1]. Система автоматичного керування (САК) промислового кондиціонера повинна враховувати порядок обробки та зміну параметрів повітря, тобто здійснювати перехід вхідного вектору змінних (зовнішнє повітря) у новий вектор (повітря, що подається у приміщення). При цьому процес переходу повинен проходити найкоротшим (оптимальним) шляхом. Виходячи із цього та інших критеріїв, визначається технологія кондиціювання повітря, необхідне технологічне обладнання для кондиціонера, а також необхідні засоби автоматизації.

Правильні рішення із автоматизації визначають раціональне використання теплоти, холоду та електроенергії системами кондиювання, що становить помітну частку в паливно-енергетичному балансі України. З цих причин аналіз існуючих методів автоматизації та синтез нових, ефективних методів керування промисловими кондиціонерами відіграє важливу роль.

## 2. Постановка завдання

Досягнення необхідних параметрів мікроклімату (МК) у приміщенні, а також забезпечення необхідних показників ефективності обладнання можливо тільки за допомогою коректного керування процесом. Проведений огляд [1 - 3] стосовно керування МК виділяє три основних методи: керування за температурою "точки роси"; "кількісне" регулювання у СШМ; керування за "оптимальним режимом" СШМ. Реалізація останнього методу є найбільш перспективним направленням, так як дозволяє: уникнути повторного нагрівання повітря; раціонально використовувати тепло рециркуляційного повітря (порівняно із першими двома методами).

Літературний аналіз показав, що питання синтезу взаємопов'язаних контурів керування для СШМ розглянуто недостатньо. Математичних моделей, які комплексно розглядають промисловий кондиціонер, автори не виявили. На сьогодні, під автоматизацією промислового кондиціонера розуміють автоматичну стабілізацію змінних параметрів **відособлених** апаратів, які пов'язані в єдиний технологічний процес. На думку

алгоритмів керування складається із чотирьох апаратів [1, 2, 4]: калорифери 1-го ( $K1$ ) та 2-го ( $K2$ ) підігріву, охолоджувач ( $O$ ) та паровий зволожувач ( $З$ ). Спрощену функціональну схему автоматизації кондиціонера представлено на рис. 1. Для стабілізації температури та вологості (два параметри) у приміщенні необхідно регулювати витрату енергоносіїв чотирьох апаратів ( $K1$ ,  $K2$ ,  $O$ ,  $З$ ) та регулювати співвідношення повітря рециркуляцій (всього п'ять керуючих впливів). Тобто, для стабілізації двох параметрів необхідно синтезувати алгоритмічні зв'язки між п'ятьма керуючими впливами, які однозначно (і бажано оптимально в енергозберігаючому сенсі) повинні впливати на процес МК за наявності збурюючих факторів.

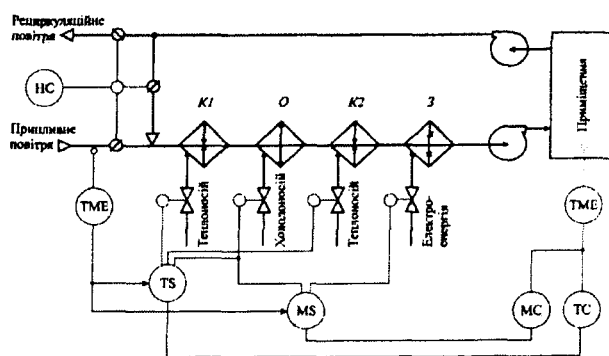


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації обладнання кондиціонера

Синтез алгоритмічних зв'язків САК кондиціонера проведено із використанням  $i-d$  діаграми Рамзіна (рис. 1) [3]. Для спрощення міркувань, вважатимемо рециркуляцію відсутньою.

Розглянемо можливі варіанти параметрів зовнішнього повітря:

- зимовий період – низька температура ( $t < 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та абсолютна вологість (точка 1);
- перехідний період – середня температура ( $8 < t < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), низька абсолютна вологість (точка 8); середня температура, висока абсолютна вологість (точка 7)
- літній період – висока температура ( $t > 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), низька абсолютна вологість (точка 3) або висока відносна вологість (точка 5).

Аналіз тепло- та масообмінних процесів у СШМ [1-4] дозволяє виділити три робочі зони – I, II, III (рис. 2). Підготовка повітря навколишнього середовища до заданих параметрів приміщення  $t_{зад}$ ,  $d_{зад}$  (точка 0) проводиться за відповідними прямими  $i-d$  діаграми.

У зимовий та перехідний періоди (робоча зона – I) перехід у точку 0 проходить у два етапи:

- далі, повітря нагрівається до заданої температури  $t_{зад}$  калорифером  $K2$  (пряма 6-0).
- У літній період (робоча зона – II) необхідно:
- охолодити повітря охолоджувачем  $O$  (пряма 3-4);
  - на парозволожувачі  $З$  зволожити повітряну суміш до заданого значення  $d_{зад}$  (пряма 4-0).

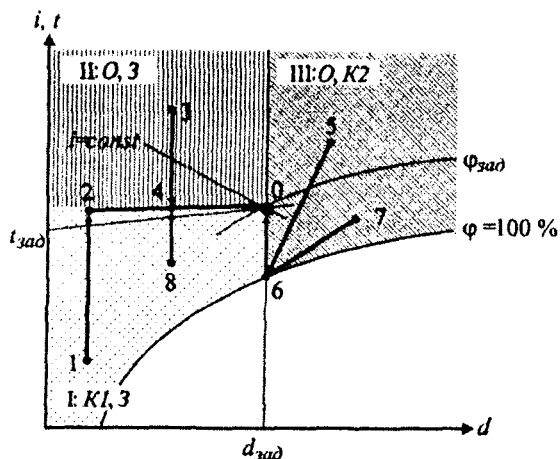


Рис. 2. Робочі зони СШМ за різних значень температури  $t$  та відносної вологості  $\phi$  навколишнього середовища

Описаний процес обробки повітря у промисловому кондиціонері можна забезпечити за допомогою САК, що представлена на функціональній схемі автоматизації (рис. 1). Для стабілізації вологості використовуються парозволожувач  $З$  (збільшення вологості) або охолоджувач  $O$  (зменшення вологості). Для стабілізації температури використовуються калорифери  $K1$  або  $K2$  (збільшення температури в залежності від робочої зони) або охолоджувач  $O$  (зменшення температури). У залежності від робочої зони охолоджувач  $O$  використовується для керування температурою або вологістю. Вибір обладнання відбувається за допомогою комутаторів  $TS$  та  $MS$ , ступінь рециркуляції визначається обслуговуючим персоналом за допомогою панелі диспетчерського керування  $НС$ .

Якщо вважати постійною продуктивність СШМ, а також температуру тепло- та холодоносія, тоді основними збурюючими факторами є температура  $T_{nc}$  та вологість  $d_{nc}$  повітря навколишнього середовища, що проходить обробку на обладнанні кондиціонера. Розглянемо параметричні схеми основного обладнання як об'єкта автоматизації, враховуючи особливості тепло-масообмінних процесів на обладнанні промислового кондиціонера [1, 3, 4].

вважати аналогічно калориферу із двома каналами впливу:  $W_1$  – канал регулювання;  $W_2$  – канал збурення. Абсолютна вологість на виході  $d_{вих}$  залежить від вхідної вологості  $d_{вх}$  та витрати електроенергії  $G$ , що надходить на парогенератор зволожувача.

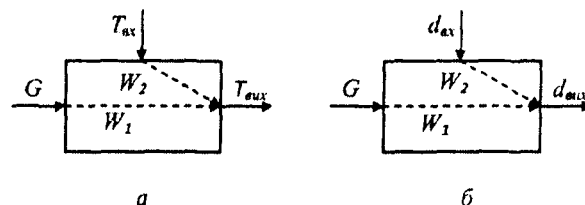


Рис. 3. Параметрична схема: а – калорифера; б – парозволожувача

На рис. 4. показано параметричну схему охолоджувача  $O$ . За каналом регулювання охолоджувач впливає на температуру вихідного повітря, а також на вологість (якщо температура повітря стає меншою температури "точки роси" починається процес конденсації вологості). Відповідно, охолоджувач містить п'ять каналів впливу:  $W_1, W_2$  – канали регулювання;  $W_3, W_4, W_5$  – канали збурення. Вихідна температура  $T_{вих}$  та вологість  $d_{вих}$  повітря залежить від витрати холодоносія  $G$ , температури  $T_{вх}$  та вологості  $d_{вх}$  повітря, що надходить на охолоджувач.

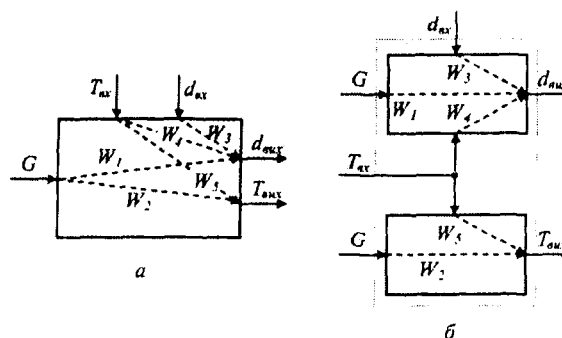


Рис. 4. Параметрична схема парозволожувача: а – загальна; б – розгорнута

Для функціональної схеми автоматизації СШМ (рис. 1) із урахуванням рис. 3 та рис. 4 розгорнуту параметричну схему СШМ представлено на рис. 5. Тут прийнято такі позначення:  $k$  – коефіцієнт рециркуляції;  $T_c, T_n$  – температури навколишнього та ре-

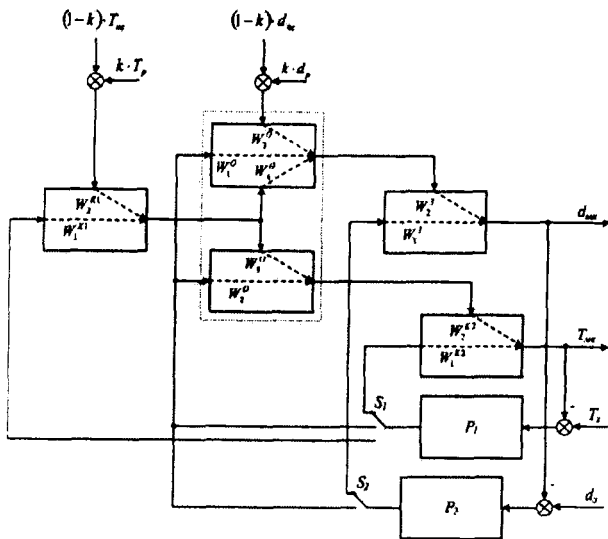


Рис. 5. Розгорнута параметрична схема СШМ

Виконавши відповідні перетворення над розгорнутою параметричною схемою (рис. 5) отримуємо остаточний варіант параметричної схеми СШМ із парозволожувачем рис. 6. У схемі прийнято наступні позначення каналів регулювання та збурення:  $W_1^* = W_1^{K2}$ ;  $W_2^* = W_2^0 \cdot W_2^{K2}$ ;  $W_3^* = W_1^{K1} \cdot W_5^0 \cdot W_2^{K2}$ ;  $W_4^* = W_1^3$ ;  $W_5^* = W_1^0 \cdot W_2^3$ ;  $W_6^* = W_2^{K1} \cdot W_5^0 \cdot W_2^{K2}$ ;  $W_7^* = W_3^0 \cdot W_2^3$ ;  $W_8^* = W_1^{K1} \cdot W_4^0 \cdot W_2^3$ ;  $W_9^* = W_1^0 \cdot W_2^3$ ;  $W_{10}^* = W_1^{K1} \cdot W_4^0 \cdot W_2^3$ .

Якщо порівняти розглянутий метод керування із методом "точки роси" [5], можна відмітити, що обидві системи керування двовимірні. До переваг розглянутої СШМ слід віднести можливість

для керування охолоджувачем  $O$  або паровим зволожувачем  $З$ , тому настройки регулятора також повинні динамічно змінюватися в залежності від регулюючого апарату.

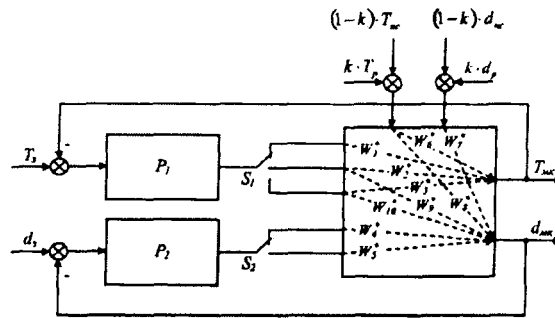


Рис. 6. Параметрична схема СШМ із парозволожувачем

#### 4. Висновки

Таким чином, СШМ із парозволожувачем слід класифікувати як двовимірну систему, яка змінює свою структуру та параметри ОК у залежності від робочої зони кондиціонера.

Враховуючи суттєву залежність фізичних властивостей повітря від температури та вологості, перспективним напрямком вдосконалення САК кондиціонерів є синтез САК із програмно-параметричною настройкою регуляторів, що дозволить оптимізувати якість перехідних процесів для відповідної пори року. Інший перспективний напрямок – розробка та дослідження систем керування, які реалізують енергозберігаючі алгоритми керування на відповідному обладнанні СШМ.

#### Література

1. Бондарь, Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. -К.: Видавничий будинок "Ланпост-Прим", 2005, -560с.: ил.
2. Roger W. Haines Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning [Text] / Roger W. Haines, Douglas C. Hittle. - New York: Springer Science+Business Media Inc., 2006, - 366p.
3. Рымкевич, А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / А.А. Рымкевич. -М.: Стройиздат, 1990 -300 с., ил.
4. Голинко, И.М. Методы управления системами искусственного микроклимата [Текст]/ И.М. Голинко. -К.: ЭСГА, 2003, -39с.:
5. Голинко, И.М. Анализ системы управления для штучного микроклимата за методом "точки роси" [Текст] / И.М. Голинко, В.Г. Трегуб // Східно-Європейський журнал передових технологій. -2011, № 2/10(50) -С. 53-55.

#### Abstract

The industrial air-conditioner is a complex device, which can not operate in manual mode. The existing approaches to automation assume the decomposition of conditioning technology at intermediate portions with their subsequent automation. In this case, the control system does not take into account the mutual influence of the