

І.М. Голінко канд. тех. наук, А.П. Ладанюк, докт. тех. наук (Україна, Київ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ

Вступ

Сьогодні практично неможливо уявити сучасні технології без систем штучного мікроклімату (СШМ). Спектр СШМ дуже різноманітний - від побутових кондиціонерів до систем мікроклімату (МК) промислових приміщень харчової, фармацевтичної, радіоелектронної промисловостей із високими вимогами не тільки до стабільності температури та вологості, а низки інших параметрів повітря. Однією із важливих характеристик СШМ є питоме енергоспоживання. З цих причин розробники інтенсифікують процеси тепло- та масопередачі обладнання та вдосконалюють методи керування кондиціонерами.

Постановка завдання

Досягнення необхідних параметрів МК у приміщенні, а також забезпечення певних показників ефективності обладнання можливо тільки за допомогою коректного керування процесом. Проведений літературний огляд [1 - 6] 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 напрямком, так як дозволяє: уникнути повторного нагрівання повітря, що охолоджується у зрешувальній камері; раціонально використовувати тепло рециркуляційного повітря (порівняно із першими двома методами). Аналіз показав, що в межах автоматичної системи керування (АСК) відомі різноманітні схемні рішення контурів керування процесом МК в залежності від типу та кількісного складу технологічного обладнання кондиціонера. Проте питання синтезу взаємопов'язаних контурів керування для СШМ розглянуто недостатньо і потребує подальших досліджень, що передбачає математичне моделювання процесу.

Математична модель СШМ

Обладнання СШМ для реалізації енергозберігаючих алгоритмів керування складається із чотирьох апаратів [5-7]: калорифери 1-го та 2-го підігріву, охолоджувач та зволожувач. Проте у цьому випадку, для стабілізації температури та вологості (два параметри) у приміщенні необхідно керувати чотирма апаратами (два калорифери, охолоджувач, зволожувач) та регулювати співвідношення повітря рециркуляції (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, причому в динаміці за наявності збурюючих факторів.

Для синтезу алгоритмічних зв'язків системи керування проведено аналіз процесу штучного мікроклімату як об'єкта керування із використанням $i-d$ діаграми Рамзіна [4-7] рис. 1.

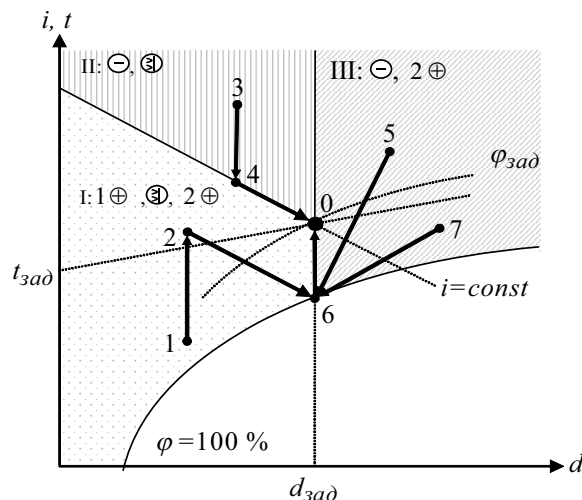


Рис. 1. Робочі зони технологічного обладнання кондиціонера за різних значень температури t та відносної вологості φ навколишнього середовища.

Розглянемо можливі варіанти параметрів зовнішнього повітря:

- зимовий період – низька температура та абсолютна вологість (точка 1);
- перехідний період – середня температура ($12^{\circ}\text{C} < t < 20^{\circ}\text{C}$), висока відносна вологість (точка 7);
- літній період – висока температура, низька абсолютна вологість (точка 3) або висока відносна вологість (точка 5).

Аналіз тепло- та масообмінних процесів у СШМ [1–7] дозволяє виділити три робочі зони – I, II, III (рис. 1). Підготовка повітря навколишнього середовища до заданих параметрів приміщення $t_{зад}$, $\varphi_{зад}$ (точка 0) проводиться за відповідними прямими $i-d$ діаграми. Наприклад, в зимовий період (точка 1) перехід у точку 0 проходить у три етапи:

- 1) нагрівання повітря за допомогою калорифера $1 \oplus$ до температури, що характеризується точкою 2 (пряма 1–2);
- 2) адиабатична зміна вологості повітря до температури “точки роси” (точка 6) за допомогою зволожувача З (пряма 2–6, стабілізація абсолютної вологості повітря $d_{зад}$ у приміщенні);
- 3) нагрівання повітря за допомогою калорифера $2 \oplus$ до заданої температури та відносно вологості у приміщенні (пряма 6–0).

Подібні міркування можна продовжити для точок 3, 5, 7 (рис. 1).

Описаний процес обробки повітря у кондиціонері можна забезпечити за допомогою АСК, що представлена на спрощені функціональній схемі автоматизації (ФСА) рис. 2. Для стабілізації вологості (рис. 2) використовується зрошувач З (збільшення вологості) або охолоджувач \ominus (зменшення вологості). Для стабілізації температури використовуються калорифери $1 \oplus$, $2 \oplus$ (збільшення температури) або охолоджувач \ominus (зменшення температури). Охолоджувач \ominus використовується для керування температурою та вологістю. Вибір обладнання відбувається за допомогою комутаторів, ступінь рециркуляції визначається обслуговуючим персоналом.

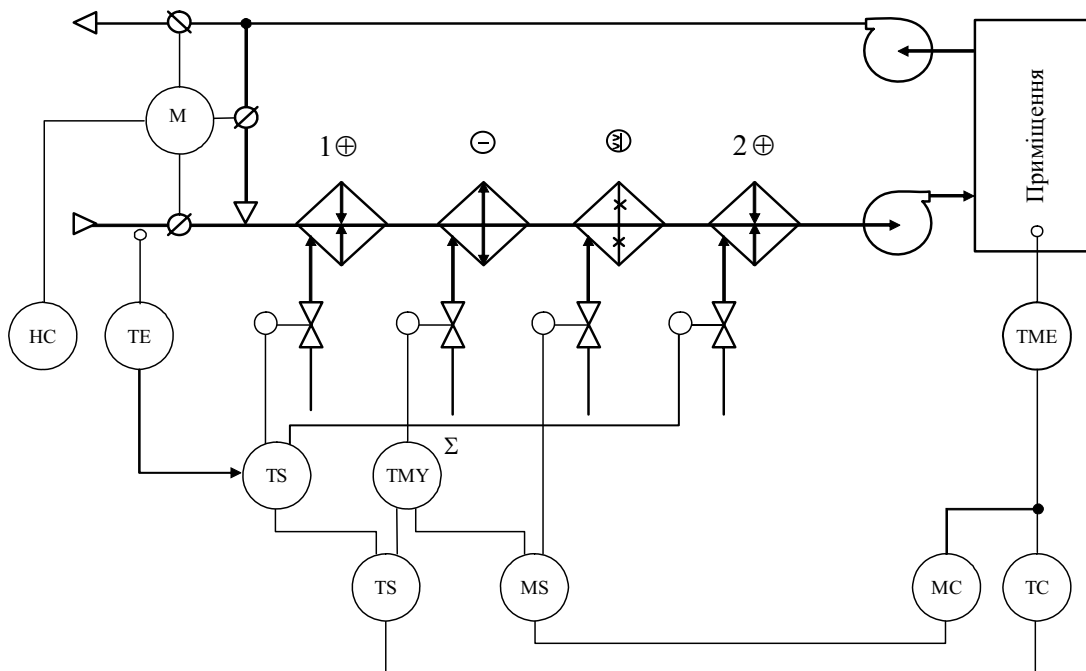


Рис. 2. Функціональна схема автоматизації обладнання кондиціонера.

Працездатність запропонованої ФСА перевірялася за допомогою аналітичних методів моделювання [9]. Враховуючи структурну і функціональну складність СШМ, математичне моделювання тепло- та масообмінних процесів здійснювалося у вигляді функціональних блоків, де виходи одного блоку є входами іншого. Динамічну модель СШМ декомпановано на блоки калориферів 1-го та 2-го підігріву, охолоджувача, зволожувача, приміщення, змішування навколишнього та рециркуляційного повітря, ПІД-регуляторів температури та зволоження.

Розглянемо функціональні зв'язки для кожного із блоків. Динамічні моделі тепло- та масообмінних процесів технологічного обладнання та приміщення ідентичні рис. 3, відрізняються

лише коефіцієнтами передаточних функцій $W_1(p) \dots W_5(p)$. Як видно із схеми (рис. 3), динаміку температурного режиму апаратів та приміщення моделювали із використанням передаточних функцій (класичний підхід теорії автоматичного керування). Масообмінні процеси моделювалися із застосуванням $i-d$ діаграми, що дозволило враховувати нелінійність масообміну за незначних похибок динамічного моделювання (2 – 5 %) [1, 2].

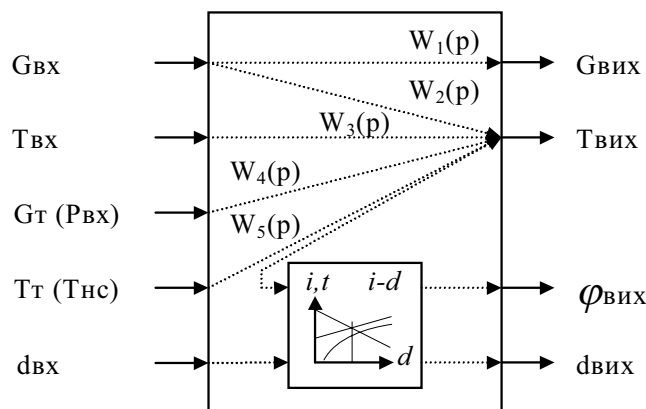


Рис. 3. Структурна схема функціональних блоків для обладнання та приміщення. $W_1(p) = 1$ – передаточна функція зв’язку для витрати повітря; $W_2(p)$ – передаточна функція впливу витрати на температуру повітря; $W_3(p)$ – передаточна функція впливу температури повітря входу на вихід; $W_4(p)$ – передаточна функція впливу витрати теплоносія на температуру повітря (для приміщення – вплив потужності технологічного обладнання на температуру приміщення); $W_5(p)$ – передаточна функція впливу температури теплоносія на температуру повітря (для приміщення – вплив температури навколишнього середовища на температуру в приміщенні).

Для спрощення, у моделі відсутні динамічні елементи блоку змішування навколишнього повітря та повітря рециркуляції. Фактично, представлений блок розраховує температуру і вологість пропорційно ступеню рециркуляції (0...100 %) [4].

Функціональні блоки ПІД-регуляторів температури та зволоження реалізують рекурентний алгоритм цифрового ПІД-регулювання [8].

Моделювання СШМ із використанням розглянутих функціональних блоків проводилося за допомогою пакету моделювання [9]. Структурна схема СШМ, що моделювалася представлена на рис. 4. Дослідження розробленої АСК показали, що система керування кондиціонером добре відпрацьовує температурні збурення та збурення вологості повітря навколишнього середовища у різні пори року. Для моделювання взято числові значення параметрів моделі СШМ із технічних каталогів обладнання кондиціонерів фірми VTS CLIMA та довідкових даних [1–6]. Синтез параметрів ПІД-регуляторів проводили згідно методик налагодження багатомірних систем із перехресними зв’язками [8]. Спрощену схему такої АСК представлено на рис. 5.

Висновки

Таким чином, отримана математична модель СШМ, за допомогою якої перевірено адекватність функціонування підсистеми керування кондиціонером у рамках АСК. Звичайно, весь комплекс взаємозв’язків реальної системи не моделювався (мається на увазі підсистеми: сигналізації, блокування, резервування і т.і.). Проте проведений аналіз дав змогу виявити та усунути певні неточності та помилки на стадії проектування АСК. Також розглянута модель СШМ дозволила “оцінити” субоптимальні параметри ПІД-регуляторів із врахуванням суттєвої нелінійності масообміну для двоконтурної АСК. Як перспективний напрямок вдосконалення СШМ слід відмітити АСК із програмно-параметричною настройкою регуляторів температури та вологості, що дозволить оптимізувати якість перехідних процесів у різні пори року.

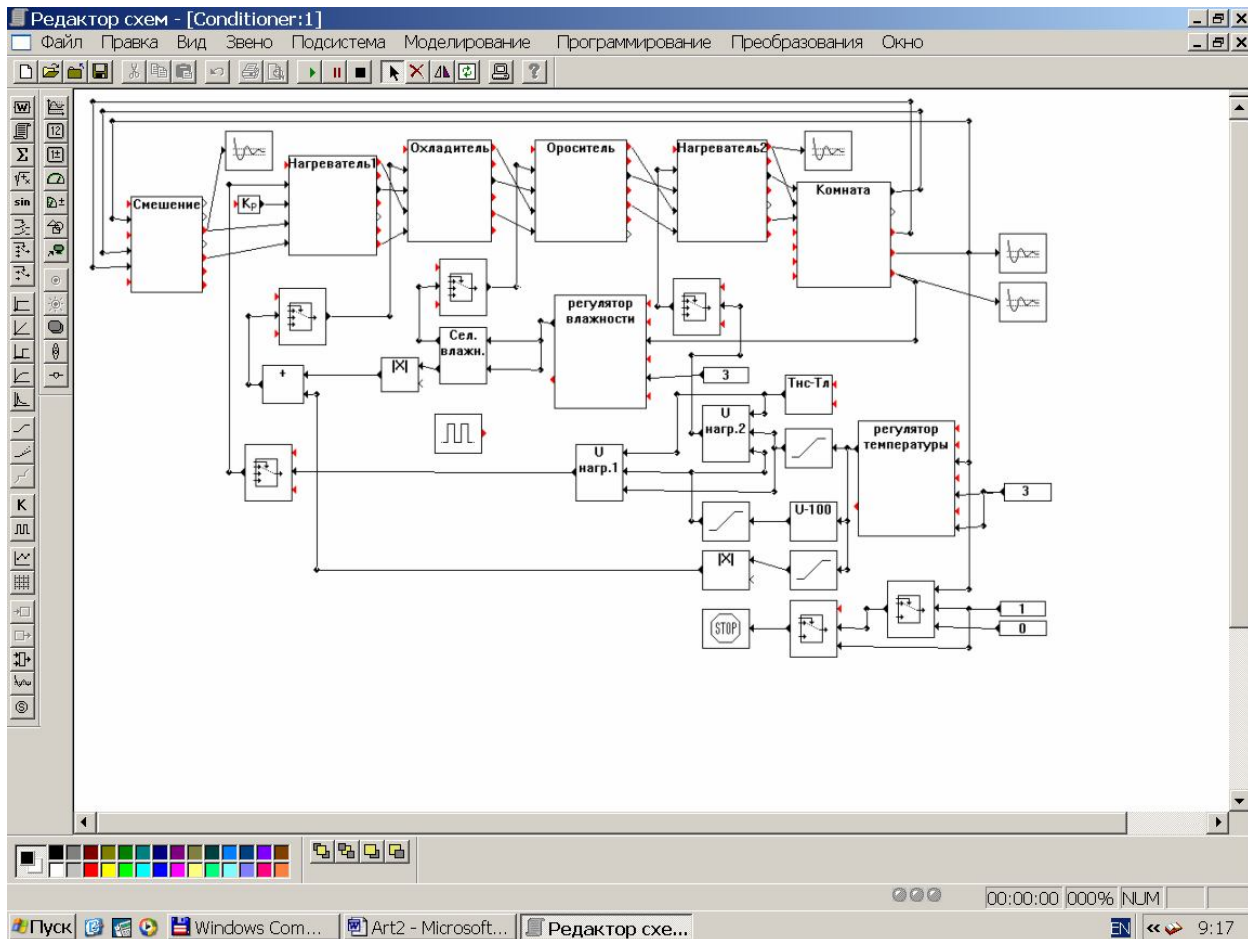


Рис.4. Структурна схема СШМ, що моделювалася

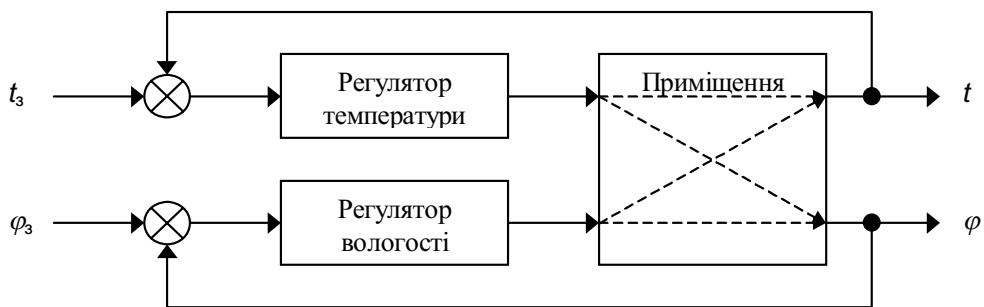


Рис. 5. Спрощена структурна схема системи керування мікрокліматом у приміщенні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов и АСУП в химической промышленности. –М.: Химия, 1978. –376 с.: ил.
2. Голубков Б.Н., Пятачков Б.И., Романова Т.М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция. –М.: Энергоиздат, 1982. –232 с., ил.
3. Сотников А.Г. Автоматизация систем кондиционирования воздуха и вентиляции. –Л.: Машиностроение, 1984. –249 с.: ил.
4. Нефелов С.В., Давыдов Ю.С. Техника автоматического регулирования в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. –М.: Стройиздат, 1984. –328 с.: ил.
5. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. –М.: Стройиздат, 1990 –300 с., ил.
6. Корбут В. Зональні системи кондиціонування повітря. М+Т № 3–4, 1999. с.38–41
7. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. –М.: АВОК–ПРЕСС, 2002. –194 с.: ил.
8. Изерман Р. Цифровые системы управления. Пер. С англ. –М.: Мир, 1984. –541с.: ил.
9. Айзенберг Д.Е., Гемба В. Н., Голинко И. М. Разработка компьютерных моделей технологических систем. Енергозберігаючі технології та автоматизація №1, 2003. с.42–44

УДК 681.5.015.8:519

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ

В статті розглядається автоматична система керування штучним мікрокліматом для промислових приміщень. Запропоновано математичний опис системи штучного мікроклімату, де враховано нелінійність масообмінних процесів підготовки повітря. Може використовуватися спеціалістами комп'ютерно-інтегрованих технологій для аналізу та настройки параметрів системи керування промислових кондиціонерів.

Л. 5 Бібліогр.: 9 назв.

УДК 681.5.015.8:519

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

В статье рассматривается автоматическая система управления микроклиматом для промышленных помещений. Предложено математическое описание системы искусственного микроклимата, где учтена нелинейность массообменных процессов подготовки воздуха. Может использоваться специалистами компьютерно-интегрированных технологий для анализа и настройки параметров системы управления промышленных кондиционеров.

Л. 5 Бібліогр.: 9 назв.