

Селіванова А.В., Селіванов А.П., Мазурок Т.Л.

## **МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ У КОМП'ЮТЕРНОМУ ТРЕНАЖЕРІ**

Анотація. В даній роботі показана необхідність моделювання управління узагальненою холодильною установкою при створенні комп'ютерного тренажера по холодильній спеціальності, виявлена неспроможність класичних методів математичного моделювання вирішити деякі з задач, що стоять перед розроблювачами, показані переваги інтелектуальних методів управління.

Ключові слова: моделювання, управління, інтелектуальні методи, холодильна установка, комп'ютерний тренажер

### **Вступ**

Застосування комп'ютерних тренажерів при навчанні холодильній справі забезпечує високий рівень та безпеку навчання. При навчанні холодильній справі у фахових навчальних закладах неможливо заздалегідь передбачити тип холодильної установки з яким студенту доведеться стикатись у майбутній професійній діяльності. Тому дуже важливо щоб студенти отримали навички, які можна застосувати при управлінні холодильними установками різних типів. При створенні тренажера закласти моделі всіх відомих установок практично неможливо. Холодильні установки відрізняються одна від одної засобом отримання холоду та низької температури, призначенням та різною холодопродуктивністю. В галузі помірному холоду найбільше розповсюдження отримали компресійні холодильні машини, які входять у склад компресійних установок. Даний тип установок характеризується різноманітністю схемно-циклових рішень. До складу дійсних схем входить велика кількість додаткових елементів та обладнання призначеного для підвищення ефективності та безпечності роботи холодильної установки, але не всі ці елементи приймають безпосередню участь у виробництві холоду та потребують регулювання. Тому узагальнений перелік елементів, що увійдуть до складу узагальненої

тренажерної холодильної установки, можна скоротити залишивши елементи, які є обов'язковими для отримання холоду, безпечної роботи та оказують вплив на засіб управління.

Робота холодильної установки включає 3 етапи – запуск/останов, вихід на режим, підтримку режиму. Управління запуском/остановом полягає у виконанні деякої послідовності дій : відкриття/закриття вентилів, що управляють, запуск водяного насоса, запуск компресора. Управління виходом на режим і підтримкою режиму полягає в регулюванні міри відкриття вентиля, що управляє, з метою регулювання подання холодильного агента в систему.

#### **Аналіз проведених досліджень**

Широке поширення тренажери отримали для навчання персоналу в галузях пов'язаних з переробкою речовин, що характеризуються токсичністю, пожаро і вибухонебезпекою, а також в сферах із складними системами управління технологічними процесами або агрегатами. [3,4]. Розробка комп'ютерних тренажерів складається з декількох етапів. При створенні і дослідженні моделей складних виробничих процесів технологічні аспекти можуть бути описані у вигляді аналітичних залежностей на основі фізико-хімічних законів і фундаментальних констант. Такі, наприклад, система управління і контролю доменної печі "Раутаруукки" (Фінляндія), система технічних розрахунків параметрів доменного процесу "GOSTOP", створена за ліцензією фірми "Кавасакі Стил Корпорейшн" (Японія), система управління і планування процесів виробництва сталі "ОРАКУЛ" (Росія), тренажерний комплекс КТК-м для технологічних процесів нафтопереробки і нафтохімії, розроблений СП ПЕТРОКОМ (Росія), та ін. При побудові підсистеми управління і контролю основою служать накопичений досвід і технологічні інструкції. Алгоритм управління може базуватися на основі відомих стандартних законів, або описі послідовності спрацьовуванні релейних схем, або на основі створення експертних систем з базою знань, що відбиває якісні залежності між параметрами процесу і управлінням в термінах нечіткої логіки [5].

#### **Постановка задачі**

Задача полягає у створенні моделі управління холодильною установкою, яка допоможе вирішити всі задачі, які стоять перед розроблювачами комп'ютерного тренажеру.

## Матеріал і результати дослідження

У рамках дослідження було проведено математичне моделювання процесів пуску та виходу на режим узагальненої холодильної установки. Спрощена структурна схема холодильної установки наведена на рис. 1. На схемі прийнято наступні позначення: Кд – конденсатор, Б – батарея, Лр – лінійний ресивер, Км – компресор, Кам – холодильна камера, РВ – регулюючий вентиль, - 1х – вода холодна, - 1т – вода тепла.

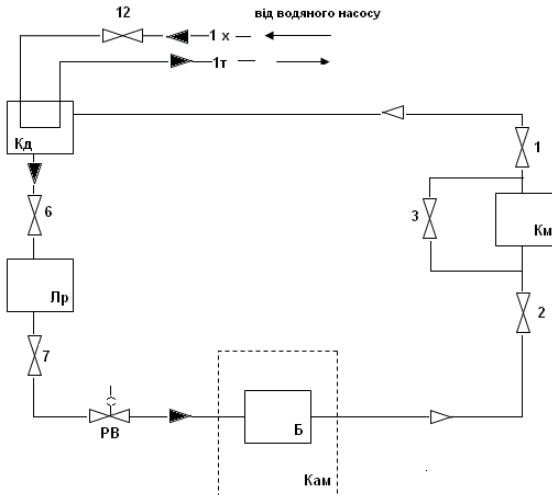


Рисунок 1 – Спрощена структурна схема холодильної установки

Моделювання перехідних процесів виконувалось у середовищі моделювання DCNET. Результати моделювання перехідних процесів елементів холодильної установки представлені в таблицях 1-3.

Таблиця 1

## Вихід на заданий режим роботи компресора

Режим роботи компресора	Рівняння моделі об'єкту	Перехідні характеристики
Нормальний запуск на холодному ході	$P_k = 0.6P_0$	Рис.2 а
Запуск під навантаженням	$P_k = 2.35P_0$	Рис.2 б
Аварійний режим №1 (всмоктування в компресор відстне)	$0.216 \cdot \frac{d^2 P_k(\tau)}{d\tau^2} + 0.93 \cdot \frac{dP_k(\tau)}{d\tau} + P_k(\tau) = 0.52 \cdot P_0$	Рис.2 в
Аварійний режим №2 (нагнітання перекрито)	$0.4 \cdot \frac{dP_k(\tau)}{d\tau} + P_k(\tau) = 2.13 \cdot P_0$	Рис.2 г

Таблиця 2

## Вихід на заданий режим роботи холодильної камери

Ступінь відкриття РВ, %	Диференційне рівняння моделі об'єкту	Перехідні характеристики
60%	$76 \cdot \frac{d^2 t_{\text{кам}}(\tau)}{d\tau^2} + 17.5 \cdot \frac{dt_{\text{кам}}(\tau)}{d\tau} + t_{\text{кам}}(\tau) = 65 \cdot G$	Рис.3 а
100%	$18.9 \cdot \frac{d^2 t_{\text{кам}}(\tau)}{d\tau^2} + 8.9 \cdot \frac{dt_{\text{кам}}(\tau)}{d\tau} + t_{\text{кам}}(\tau) = 65 \cdot G$	Рис.3 а

Таблиця 3

## Реакція елементів установи на внесення збурень

Збурення, яке поступає в систему	Диференційне рівняння моделі об'єкту	Перехідні характеристики
Зміна витрати холодильного агента на виході з Кд (зачинено вентиль 6)	$1.8 \cdot \frac{d^2 H(\tau)}{d\tau^2} + \frac{dH(\tau)}{d\tau} = 55 \cdot G$	Рис 4 а
Зміна витрати холодильного агента на виході з Лр (зачинено вентиль 7 або РВ)	$2 \cdot \frac{d^2 H(\tau)}{d\tau^2} + \frac{dH(\tau)}{d\tau} = 47.06 \cdot G$	Рис 4 б

Аналіз порівняння перехідних характеристик, отриманих під час експериментальних досліджень аміачної холодильної установки та отриманих в результаті моделювання, показав, що всі створені моделі елементів установки з достатньою ступеню точності відповідають дійсним, але використання даної моделі при програмуванні основних модулів програмного тренажера виявилось складною і майже нездійсненою задачею. Окрім цього дана модель не дозволяє контролювати та оцінювати правильність послідовності дій особи, що навчається, а це одна з головних задач тренажера.

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що застосування класичних методів моделювання не приводить до задовільних результатів, коли початковий опис проблеми, що підлягає вирішенню свідомо є неточним або неповним. У цьому випадку, найдоцільніше скористатися такими методами, які спеціально орієнтовані на побудову моделей, що враховують неповноту і неточність початкових даних. У таких ситуаціях найбільш конструктивною виявляється технологія нечіткого моделювання, оскільки за останнє десятиліття на її основі були вирішені сотні практичних завдань управління і ухвалення рішень [1].

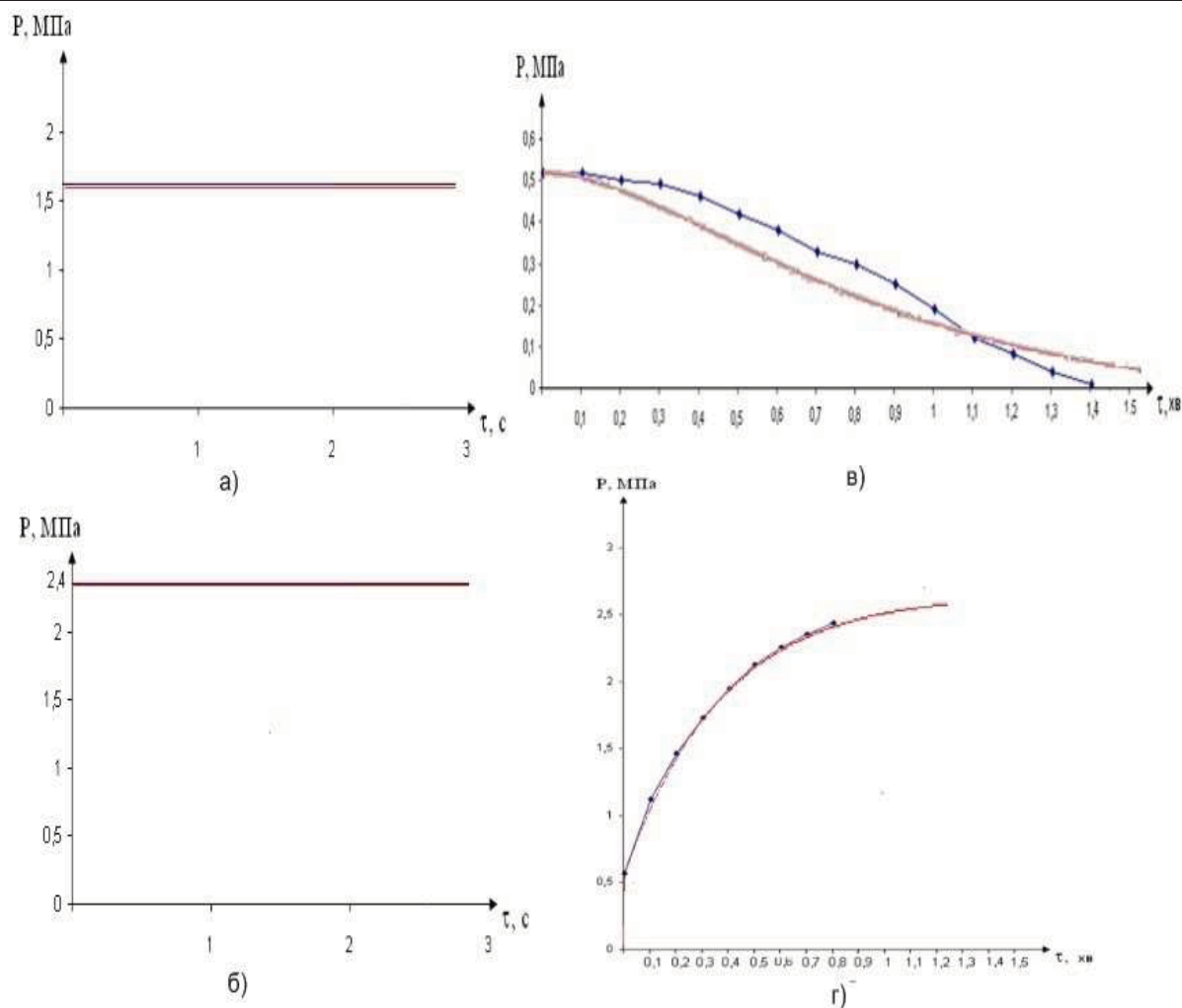


Рисунок 2 – Перехідні характеристики при виході на режим роботи компресора

У промислових процесах, особливо в ситуаціях, де звичайні методи управління важко застосовні широко використовуються методи нечіткого управління. Проте вони все ще страждають через складність отримання керуючих правил для процесів, в яких апріорні знання недостатні або не існують взагалі. Тому дуже важливим для нечіткого управління є те, як отримати керуючі правила.

Існують різні типи методів розробки нечітких регуляторів. Один з найбільш використовуваних методів отримання керуючих правил - це метод витяг експертних знань управління або використання знань досвідчених операторів. В результаті набір керуючих правил відображає емпіричні знання експертів про протікання процесу. Цей метод залежний від досвіду різних осіб, так що нечіткі керуючі правила можуть бути нездійсненими і навіть суперечити одне одному.

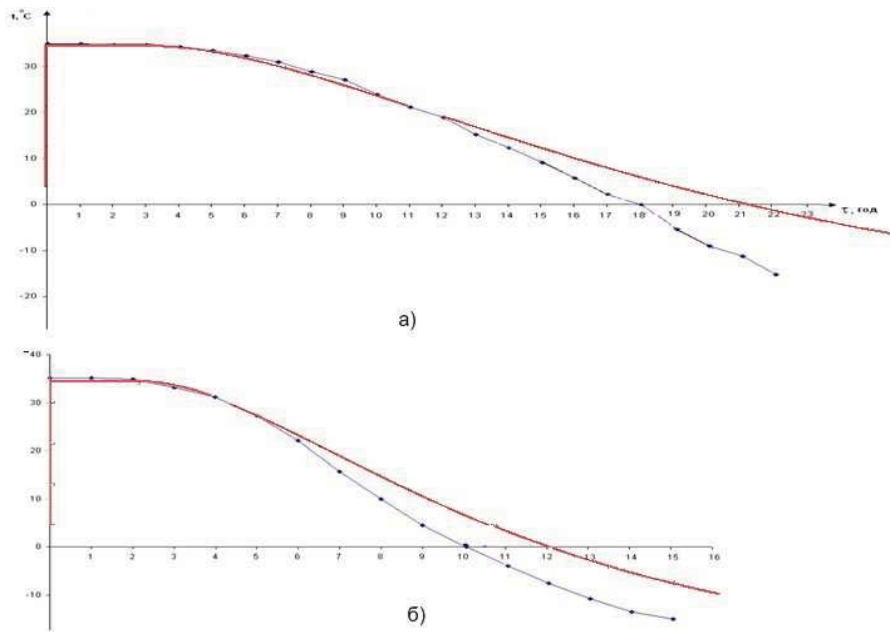


Рисунок 3 – Перехідні характеристики при виході на заданий режим роботи холодильної камери

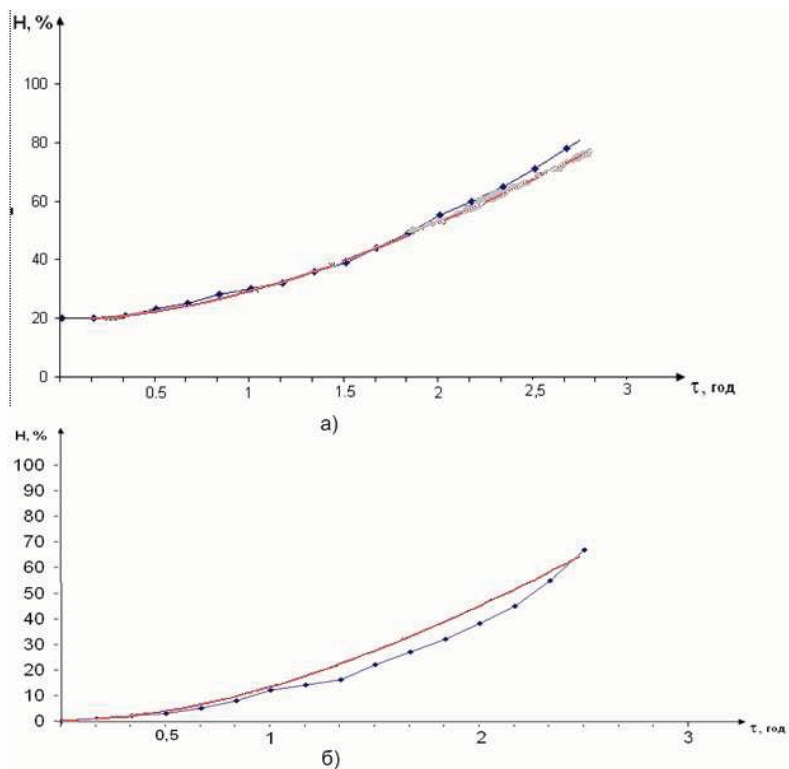


Рисунок 4 - Перехідні характеристики реакції елементів установки на внесення збурень

Інший метод має справу з нечітким моделюванням процесу, де приблизна модель об'єкту конфігурується з використанням імплікацій, що описують можливі стани системи. Подібно до традиційних підходів, узятих з теорії управління, нечіткий регулятор конструю-

ється для управління нечіткою моделлю, отриманою методами структурної ідентифікації і оцінки параметрів.

Самоналагоджувальне нечітке управління є дуже популярним методом, який успішно застосовується в управлінні процесами. Надалі самоналагоджувальне нечітке управління значно розширилося з використанням нейронних мереж. Різноманітність нейро-нечетких регуляторів удосконалила нечітке управління [2].

#### **Перспективи дослідження**

Надалі планується продовжити аналіз інтелектуальних методів моделювання управління холодильними установками, розробити нейро-нечітку модель узагальненої холодильної установки, модель інтелектуального інструктора, модель управління оцінюванням результатів навчання і управління навчанням, реалізувати розроблені моделі в тренажері по холодильним установкам, провести тестування і впровадження результатів дослідження.

#### **Заключення**

Математичне моделювання підходить не для усіх завдань, які стоять перед розробниками. Альтернативою математичному апарату є застосування нечіткого моделювання в комплексі з технологією нейронних мереж.

Отже, використання інтелектуального підходу до створення тренажерів є актуальним і виправданим, а питання інтелектуальної підтримки тренажера для управління холодильним устаткуванням вважається перспективним напрямом наукового дослідження.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.:ил.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 744 с, ил.
3. Шабаев А.И. Тяжело в учении - легко в бою /А. И. Шабаев // Информатизация и системы управления в промышленности, 2005 – № 4(8).
4. Косарев В.А. Современные комплексные системы обучения, тренинга и аттестации эксплуатационно – технологического персонала металлургических предприятий /В.А. Косарев, И.В. Катасонов //Известия ВУЗов. Черная металлургия, 2002 – №12. – С.58–61.
5. Живица Ю. В., Онищенко О. А. Управление промышленной холодильной установкой с использованием алгоритмов нечеткой логики //Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2008 (51). Частина 2. - с. 140-143.