

6. Горбань О.М., Бахрушин В.Є. Основи теорії систем і системного аналізу: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ГУ “ЗІДМУ”, 2004. – 204 с.

7. Черненко В.М. Основы системного анализа. – [2-е изд.] / В.М. Черненко, П.Н. Шкатов. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012. – 90 с.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ВТОРИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ЯК ОБ'ЄКТУ МОДЕЛЮВАННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Бабіченко А.К.¹⁾, Кравченко Я.О.¹⁾, Гаджий А.І.¹⁾, Вельма В.І.²⁾

*¹⁾ Кафедра автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, Україна*

*²⁾ Кафедра технологій фармацевтичних препаратів
Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна*

kravchenko_y_o@ukr.net

Основою для створення комп'ютерно-інтегрованих систем технологічних комплексів є їх математична модель, яка є фундаментом для вдосконалення як апаратно-технологічного оформлення так і системи управління. Розв'язання такої задачі вимагає проведення декомпозиції в процесі моделювання. Така декомпозиція стосовно технологічного комплексу виробництва аміаку передбачає вибір структури та елементів технологічного комплексу та оптимізацію температурного режиму випарників в умовах постійно діючих зовнішніх збурень, які зумовлюють об'єктивні причини появи невизначеностей [1]. При цьому у залежності від повноти опису невизначеність характеризують трьома основними групами [2] представленими на рис. 1, а саме невідомість, недостовірність і неоднозначність.

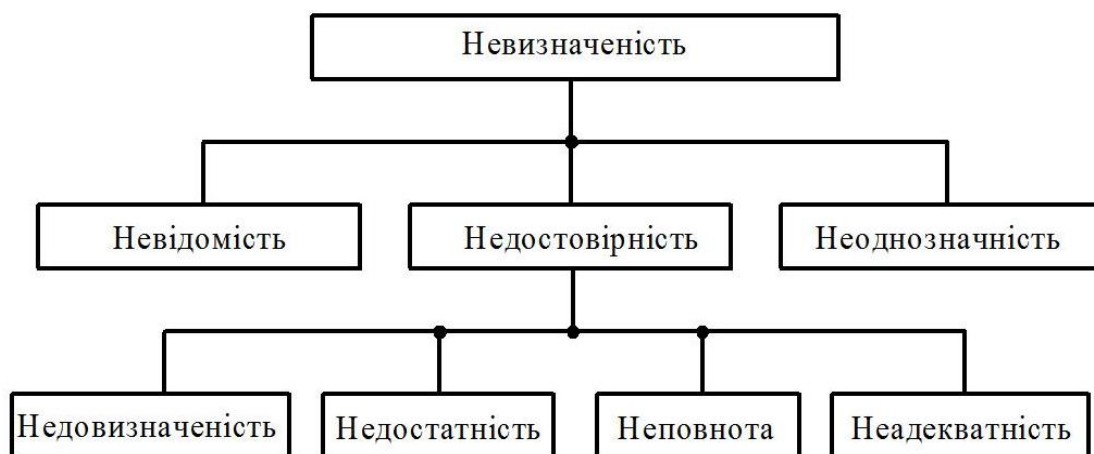


Рис. 1. Основні види невизначеності

Аналіз цих невизначеностей стосовно технологічного комплексу вторинної конденсації свідчить, що невідомість характерна для складу ЦГ, особливо концентрації аміаку у ЦГ на вході $a_{NH_3}^{MTP}$ та виході $a_{NH_3}^{TP}$ комплексу лише у час поза інтервалами відбору проб для лабораторних аналізів. При цьому у цей час інформація по концентраціям аміаку відсутня, а отже може бути класифікована як неповнота, недостатність, недовизначеність і неадекватність, тобто ці параметри об'єкта будуть мати характер «заміщуючого» опису, які в певні моменти не завжди можуть задовольнити мету моделювання.

Неоднозначність має місце, коли модель не повністю характеризує процеси в об'єкті, основною причиною якої в нашому випадку є наявність фізичної невизначеності, яка обумовлена в основному випадковою дією зовнішнього середовища [3]. Ця невизначеність може бути пов'язана в основному з недостатнім вивченням фізичної сутності процесів теплообміну і сепарації в апаратах технологічного комплексу вторинної конденсації. При цьому у зв'язку з повною невідомістю температури ЦГ на виході сепараційної частини конденсаційної колони неможливо усунути невизначеність щодо оцінки коефіцієнту теплопередачі та його складових таких як коефіцієнти тепловіддачі, термічного опору стінок і забруднень. За таких умов виникає алгоритмічна невизначеність щодо встановлення температури ЦГ на виході сепараційної частини. Отже усунення невизначеності останньої вимагає створення

спеціального алгоритму, який забезпечить чисельну оцінку вище перелічених фізичних невизначеностей.

Математично найчастіше невизначеність моделей може бути отримана стохастично (статистично), а також з позицій теорії нечітких множин.

Стохастична невизначеність, як правило, зумовлена дією випадкових факторів. Останнє призводить до зміни температури ЦГ і концентрації аміаку у ЦГ на виході, а отже і на вході конденсаційної колони та випарників.

Найповнішою характеристикою випадкового процесу є його багатовимірний розподіл ймовірностей $f_n(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n)$, де x_1, \dots, x_n – значення випадкової величини відповідно у моменти часу t_1, \dots, t_n . Для опису такого розподілу використовують числові характеристики – моменти розподілу. Серед них найчастіше використовують середнє $m_x(t)$, дисперсію $D_x(t)$ та кореляційну функцію $R_{x_1 x_2}(t_1, t_2)$ [4].

Коректність застосування моделювання в умовах стохастичної невизначеності передбачає перевірку на приналежність до нормального закону розподілу за одним із критеріїв узгодження, стаціонарності та ергодичності випадкового процесу [5]. Для стаціонарного процесу характерна незалежність функції розподілу $f(X)$ від положення початку часу, а саме:

$$f(X, t) = f(X, t + \tau) = f(X). \quad (1)$$

Для ергодичного процесу статистичні характеристики взагалі не залежать від часу. Отже якщо стаціонарний випадковий процес $x(t)$ на відрізку $[0, T]$ ергодичний, то його ймовірнісні характеристики будуть мати вигляд [4]:

$$m_x \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt; \quad (2)$$

$$D_x \approx \frac{1}{T} \int_0^{\tau-0} [x(t) - m_x]^2 dt; \quad (3)$$

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T - \tau} \int_0^{T-\tau} [x(t) - m_x][x(t + \tau) - m_x] dt. \quad (4)$$

Остаточне встановлення стохастичної невизначеності може бути виконано за загально відомими методами кореляційного та регресійного аналізу [6].

Нечітка множина – це математична модель класу з нечіткими, тобто з розмитими границями. В процесі моделювання з позицій нечітких множин невизначений параметр задається деякою множиною A можливих його значень, що характеризується так званою функцією належності $\mu(x)$. Ця функція належності елементу x множині X ($x \in X$) знаходиться в діапазоні $[0, 1]$ і може приймати дробові значення. При цьому, якщо універсальна множина A складається з кінцевого числа елементів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, тоді нечітку множину характеризують сукупністю пар $\{\mu(x), x\}$. Носій нечіткої множини A з сукупності елементів $x \in X$, для яких $\mu_A(x) > 0$, позначається *supp* A або $S(A)$. В подальшому процесі виконується фазифікація, тобто зіставлення множин значень x з її функцією належності $\mu(x)$, а саме переведення значень x у нечіткий формат. Після розв'язання задачі в нечіткій формі має бути проведена дефазифікація, тобто процес обернений до фазифікації.

Аналіз процесів теплообміну конденсаційної колони та випарника свідчить, що невизначеність коефіцієнта теплопередачі обумовлена, згідно літературних даних, в основному невизначеністю конденсаційного термічного опору [7], для розрахунку якого відсутня достатньо надійна інформація. При цьому лише констатується факт наявності і залежність його від концентрацій аміаку у ЦГ, для якого, як вже відзначалось, також характерна невизначеність. Однак апарат нечітких множин не дозволяє розв'язання такої проблеми, бо він не працює у випадку виконання бінарних операцій над взаємозалежними нечіткими даними [3].

Таким чином, проведений аналіз свідчить, що за можливості отримання достатньо великої кількості незалежних спостережень завдяки існуючій інформаційній системі мікропроцесорного комплексу TDC-3000 задача чисельної оцінки невизначеностей може бути виконана з дотриманням перелічених вище умов з використанням стохастичного підходу.

Використана література:

1. Кравченко Я. О. Аналіз випарників абсорбційно-холодильних установок виробництва аміаку як об'єкта управління / Я. О. Кравченко, А. К. Бабіченко, М. О. Подустов // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Текст]: Матеріали П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ-2018); Київ, 11–12 квітня 2018 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – С.13 – 14.

2. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений // А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

3. О.В. Глонь, В.М. Дубовой Моделювання систем керування в умовах невизначеності: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004. – 169 с.

4. Моделювання та оптимізація систем : підручник / [Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В.] – Вінниця : ПП «ГД«Едельвейс», 2017. – 804 с.

5. Ладанюк А. П. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [текст] монографія / А. П. Ладанюк, О. А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В. В. Іващук, Д. О. Кроніковський, Д. А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

6. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии / А.Г. Бондарь. – К. : Вища шк., 1973. –279 с.

7. Исаченко В. П. Теплопередача : учебник для теплоэнерг. вузов / Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. – М., 1981. – 416 с.