

УДК 66.081.6-278

НЕЧІТКО-КОГНІТИВНИЙ ПІДХІД В ЗАДАЧЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КОНТАКТНОЇ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ**Л. Р. Ладієва**, канд. техн. наук, доц.; **Д. О. Момотенко**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

e-mail: momotenkodmitry@gmail.com

Представлена когнітивна модель процесу контактної мембранної дистиляції (КМД). Запропонована нечітко-когнітивна карта КМД, яка враховує зовнішні та внутрішні параметри, що впливають на перебіг процесу. В запропонованій моделі також враховується вартісна складова підготовчої стадії сировини та проведення контактної мембранної дистиляції. Наведено матрицю концептуальних зв'язків когнітивної моделі КМД.

Ключові слова: когнітивна модель; контактна мембранна дистиляція; мембранні технології.

The paper presents the cognitive model of the process contact membrane distillation. The proposed fuzzy cognitive map, KMD, which takes into account external and internal parameters that influence the course of the process. Also in the proposed model takes into account the preparatory stage component of Cost of raw materials and of contact membrane distillation. An conceptual matrix of relationships cognitive model KMD.

Keywords: cognitive model; contact membrane distillation; membrane technology.

Вступ

Сьогодні багато країн відчувають гостру нестачу прісної води, що зумовлено інтенсивним розвитком промисловості та сільського господарства, що призвело різке зростання споживання води і збільшення забруднення навколишнього середовища. Дефіцит прісної води поглиблюється не тільки зі зростанням водоспоживання, але і погіршенням якості природних водних джерел у результаті надходження до них стічних вод. Одним з джерел поповнення питних ресурсів може бути опріснення мінералізованих вод. Це завдання особливо актуальне для забезпечення водою віддалених населених пунктів, і може бути досягнуто за допомогою автономних систем очищення води.

Постановка завдання

Інформація, що описує функціонування динамічних процесів і систем, як правило, велика за обсягом, неоднорідна і найчастіше не має кількісної інтерпретації. Побудова моделей таких систем або процесів відображення якісного переходу елементів і системи з одного стану в інші виявляє значну проблему. Традиційні методи не пристосовані до рішення подібного роду завдань.

Метою статті є дослідження впливів основних факторів у процесі контактної мембранної дистиляції (КМД) для створення математичної моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження

У статті розглянуто процес розділення сольових розчинів, де основним елементом є гідрофобна порувата полімерна мембрана, що являє собою селективний бар'єр, через який проходять пари розчинника (води).

Більш нагрітий розчин (60...80 °С), який складається з розчинника і розчиненого нелеткого компонента (солі) рухається з одного боку мембрани, з іншого — рухається більш холодний (15...25 °С) дистилят із чистого розчинника. Завдяки розрідженню, що створюється біля менісків пор мембрани, з боку гарячого розчину випаровується пара, яка дифундує крізь шар повітря в порах і конденсується на поверхні менісків з боку холодного розчину.

У результаті досліджувались математичні моделі, у яких описується механізм тепло- та масо-перенесення. В цих моделях розглядався вплив на процес дифузійного переносу пари, що характеризується режимами течії: молекулярною, кнудсенівською і перехідною. Визначальним параметром режиму течії є співвідношення середньої довжини пробігу молекул і діаметра пор. Розроблені математичні моделі процесу КМД, які враховують вплив гідродинаміки течії розчину і дистиляту, розмірів і характеристик мембрани, температурних режимів на питомий масовий потік пари через мембрану [1], температурної поляризації на продуктивність процесу [2], зміни проникності мембрани [3], коли механізм переносу тепла через мембрану з парою і через структуру мембрани, що описується в граничних умовах для потоків розчину і дистиляту і без врахування зміни швидкості та температуру пари в порах мембрани, системою рівнянь для потоку пари в мембрані [4].

Але існуючі детерміновані математичні моделі процесу КМД не враховують зміну стану мембранного модуля.

Одним із ефективних інструментів, який поєднує можливості сучасних методів аналізу да-

них і динамічного моделювання є апарат нечітких когнітивних карт (НКК).

Процес формування і використання когнітивних карт для опису КМД, сформульовано у вигляді послідовності таких кроків:

- визначення списків концептів (згідно зі списком концептів у разі опитування групи експертів);
- визначення відносин причинності (впливу) між кожною парою концептів (узгоджених відносин причинності);
- побудова когнітивної карти;
- динамічне моделювання;
- аналіз системних характеристик когнітивної карти;
- аналіз стійкості.

Дослідження процесу КМД

В існуючих математичних моделях потік пари через мембрану знаходився з урахуванням ефективних коефіцієнтів дифузії, які обчислювались для усереднених характеристик мембрани, таких як поруватість, ефективний радіус пор, коефіцієнт звивистості. Для цього необхідно мати точні дані про мікроструктурні параметри поруватого тіла. Але можливість точної оцінки таких важливих морфологічних характеристик мембрани дуже обмежена. Крім того, що розмір пор мембрани, визначений різними шляхами, наприклад, за точкою пухиря, ртутною порометрією чи за проникливістю газів буде мати різну величину.

У зв'язку з гальмуючою дією твердого скелета мембрани значення коефіцієнтів дифузії у цих випадках значно нижчі значень для необмеженого об'єму рідини. Полімерні мембрани, що використовуються в мембранній дистиляції є гетерогенними системами, що складаються з двох фаз — полімерної матриці і сукупності пор. Пори характеризуються неоднорідністю форми, розміру, орієнтації у просторі. З часом роботи мембрани її параметри змінюються. Концентраційна поляризація та солеутворення на поверхні мембрани — одні з найважливіших проблем при опріснюванні мінералізованих природних вод чи морської води, концентраційна поляризація полягає у підвищенні концентрації розчиненої речовини біля поверхні мембрани, що контактує з розчином, що обробляється.

Унаслідок цього концентраційна поляризація має вплив на продуктивність процесу поділу. При досягненні межі розчинності або гелеутворення на поверхні мембрани виникають осади, що значно знижує парціальний тиск розчинника з віддаючого боку мембрани і це зумовлює

зменшення продуктивності, яке, як правило, тим істотніше, чим вища початкова проникність самої мембрани. Висока концентрація призводить до часткової або повної деструкції активного шару мембрани, її забруднення та отруєння, тобто порушення гідрофільно-гідрофобного балансу поверхневого шару мембрани і зміна його поруватості. Перераховані вище чинники приводять до значного погіршення продуктивності мембран аж до повної втрати ними напівпроникних властивостей.

Для успішного керування процесом необхідно виконувати прогнозування забруднення мембрани. Тобто можуть проявитися дефекти пор, змінитися поверхня мембрани, що вплине на її роботу і строк експлуатації.

Із сказаного вище випливає, що порувата структура реальних мембран для мембранної дистиляції являє собою досить складну неоднорідну систему, що обумовило необхідність розглядати зміну проникності мембрани в часі.

Представимо модель процесу КМД у вигляді НКК (рис. 1.). У результаті дослідження було створено перелік концептів НКК, що мають вплив як на технологічний так і економічний аспекти перебігу процесу:

Вхідні змінні:

- X_1 — різниця температур розчину та дистиляту на вході мембранного модуля ММ;
- X_2 — швидкість подачі розчину;
- X_3 — коефіцієнт механічних домішок (ступінь очищення процесу фільтрування);
- X_4 — коефіцієнт летких сполук у вхідному розчині (відсоткова частка).

Концепти:

- Y_1 — вартість підготовки сировини до проведення процесу (вартість всіх попередніх процесів, зазвичай тільки фільтрування);
- Y_2 — зношеність мембрани (зміна таких параметрів як: діаметр пор, товщина мембрани);
- Y_3 — теплопередача мембрани (спроможність мембрани до теплоперенесення);
- Y_4 — час експлуатації;
- Y_5 — забрудненість мембрани (концентраційна поляризація та солеутворення);

Вихідні змінні:

- E_1 — вартість процесу КМД;
- E_2 — концентрація солі у вихідному розчині (концентраті);
- E_3 — рН отриманого дистиляту;
- E_4 — перепад температур на виході з мембранного модулю ММ (температур розчину та дистиляту);

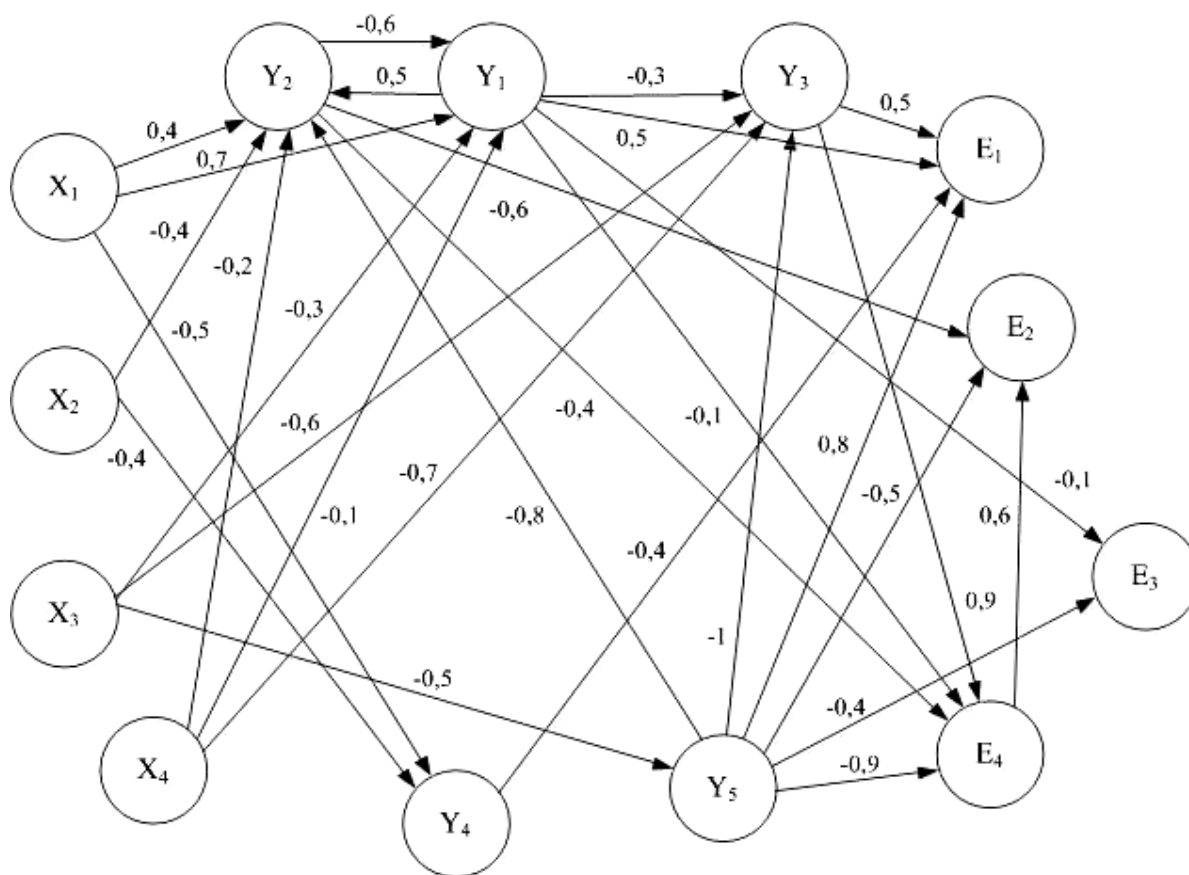


Рис. 1. Нечітко-когнітивна карта процесу КМД

Для аналізу когнітивної карти заповнили матрицю концептів, у якій позначається відношення причинності між кожною парою концептів карти:

Матриця концептів

	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	E1	E2	E3	E4
X1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,40	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
X2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,40	0,00	-0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
X3	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,30	0,00	-0,60	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
X4	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	-0,20	-0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,30	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,10	-0,10
Y2	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,00	-0,40
Y3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,70
Y4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,40	0,00	0,00	0,00
Y5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,80	-1,00	0,00	0,00	0,80	-0,50	-0,40	-0,90
E1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00

За допомогою побудованої нечіткої когнітивної карти із заданими нечіткими правилами і ваговими зв'язками між концептами дослідили процес КМД. Функції належності концептів та факторів можна ввести двома шляхами. Перший випадку експерти встановлюють міри умов та наслідку, а також формують правила у вигляді нечітких правил.

Другий спосіб полягає в навчанні нечіткої когнітивної карти на основі експериментальних даних. Крім того експериментальний та адаптивний методи можна комбінувати, наприклад, коли тільки частина правил задається експертами.

Висновок

Отже, проаналізувавши процес очищення води за допомогою КМД, виділили найбільш впли-

вові показники в процесі, провели імітаційне моделювання, вирішили як саме і який концепт буде впливати на систему та інші концепти. Такий підхід дав змогу виділяти найбільш впливові фактори в системі та на базі їх аналізу розробляти систему керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Угрозов В. В. Математическое моделирование процесса контактной мембранной дистилляции в проточном модуле // ТОХТ. — 1994. — Т. 28, №4. — С. 375–380.
2. Ладієва Л. Р. Математична модель процесу контактної мембранної дистиляції / Л. Р. Ладієва, О. А. Жулинський // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы 2004. — №2 (14). — С. 46–51.
3. Ладієва Л. Р. Математична модель динаміки процесу контактної мембранної дистиляції / Л. Р. Ладієва, О. А. Жулинський // Автоматизация виробничих процесів. — 2004. — №1(20). — С. 19–21.
4. Ладієва Л. Р. Математична модель теплообміну в процесі контактної мембранної дистиляції / Л. Р. Ладієва, Р. М. Дубик // Энергетика: економіка, технології, екологія. — 2011. — №1(28). — С. 10–16.

REFERENCES

1. Uhrozov V. V. Modeling process mathematical the contact distillation membrane modules in running // ТОХТ. — 1994. — Т. 28, №4. — S. 375–380.
2. Ladiyeva L. R. Mathematical model of the process contact membrane distillation / L. R. Ladiyeva, O. A. Zhulynskyy // Automation. Automation. Electrotechnical complexes and systems. — 2004. — №2 (14). — P. 46–51.
3. Ladiyeva L. R. Mathematical model of the dynamics of the process contact membrane distillation / L. R. Ladiyeva, O. A. Zhulynskyy // Automation of production processes. — 2004. — №1 (20). — P. 19–21.
4. Ladiyeva L. R. mathematical model of heat transfer process contact membrane distillation. / L. R. Ladiyeva, R. M. Dubyk // Energy: economics, technology, ecology. — 2011. — №1 (28). — P. 10–16.

Стаття надійшла до редакції 25.04.16