

**Висновки.** Проведені дослідження свідчать про необхідність детального врахування основних характеристик твердої біомаси при конструюванні котлів для її використання в якості основного палива. Також слід врахувати, що процес спалювання потребує регульованої подачі повітря, оптимальна кількість якого залежить від кількості, вологості та властивостей сировини, що спалюється. Отже, необхідно здійснювати автоматизовану подачу палива і повітря на основі аналізу складу димових газів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахмедов Р.Б. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. – 2-е изд. перераб. и доп. / Р.Б. Ахмедов, Л.М. Цирюльников. – Л.: Недра, 1984. – 238 с.
2. Вилу Варес Справочник потребителя биотоплива [под. ред. Виллу Вареса] : Таллинский технический университет / Вилу Варес, Юло Каск, Пёттер Муйсте, Тьну Пиху, Сулев Соосаар. – Таллинн 2005. – 184 с.
3. Двойнишников В.А. и др. Конструкция и расчет котлов и котельных установок : Учебник для техникумов по специальности «Котлостроение» / В.А. Двойнишников, Л.В. Деев, М.А. Изюмов. – М. : Машиностроение, 1999. – 264 с.
4. Дубровін В.О. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та ін. – К. : ЦП «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
5. Загородній Р.І. Особливості експлуатації твердопаливних теплогенераторів / Р.І. Загородній // Науковий вісник НУБіП України. – К. : НУБіП, 2011. – Вип. 166. – Ч. 4. – С. 239-247.
6. Котлер В. Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В.Р. Котлер. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
7. Росляков П.В. Разработка рекомендаций по снижению выбросов оксидов азота для газомазутных котлов ТЭС / П.В. Росляков [и др.] // Электрические станции. – 1991. – № 9.

*Мельник Ю.*

*Науковий керівник – проф. Федорейко В.С.*

### ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ДВОКОМПОНЕНТНОГО ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ НЕ ЧІТКИХ СИСТЕМ

Одним з перспективних шляхів вирішення енергетичної самодостатності України є використання твердої біомаси. Біомаса – четверте за значенням паливо у світі, дає близько 2 млрд. тонн умовного палива на рік, що становить – 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі. При цьому, понад 70 % альтернативних поновлюваних джерел енергії походить з неї.

Варто зазначити, що тверде біопаливо відіграє істотну роль в енергозабезпеченні промислово розвинених країн: у США його частка становить близько 4 %, у Данії – 6 %, у Канаді – 7 %, в Австрії – 14 %, у Швеції – 16 % [4].

Аграрний ресурс твердої біомаси може істотно покращити регіональні енергетичні потреби і в Україні. З кожного енергетичного гектара можна використати близько 2-3 тони соломи, що є еквівалентом 1 тонни кам'яного вугілля. Навіть у процесі використання 10 % посівних площ для вирощування необхідної сировини в нашій країні можна одержати щорічно 6-9 млн. тонн соломи для локального енергетичного використання [1].

Перевага твердої біомаси над традиційним полягає у тому, що рослини, які вирощують для його виробництва, забирають вуглекислий газ з атмосфери і виділяють кисень. Тобто воно за своєю сутністю практично є нейтральним щодо зростання парникового ефекту.

Вказані позитивізи призвели до реанімації старих і створення принципово нових технологій з виробництва пресованої біомаси (соломи, тирси та інші). Їх експлуатація показала як переваги, так і недоліки обладнання, що випускається вітчизняними та закордонними підприємствами. Тому дослідження, спрямовані на підвищення ефективності та надійності систем, що виготовляють тверде біопаливо є перспективними та актуальними.

Регулювання продуктивностей технологічних машин в даний час здійснюють у ручному режимі засобами частотно-регульованого електропривода, що не забезпечує їх синхронної роботи і призводить до перевитрат електроенергії асинхронними двигунами, використаними у лініях.

Питання про використання нечітких систем управління для керування процесом роботи асинхронних двигунів досліджено недостатньо.

**Метою** наших досліджень є розробка нечіткого нейроконтролера, що з використанням засобів інтелектуальних систем керування, забезпечить зменшення витрат електроенергії і підвищення якості виробництва двокомпонентного твердого біопалива шляхом зв'язного дозування компонентів.

Найбільш розповсюдженими способами утилізації біомаси є їх тюкування, брикетування, гранулювання та подальше використання в якості твердого біопалива. Ці альтернативи стали економічно доцільними у зв'язку з постійним зростанням вартості енергетичних ресурсів та значним підвищенням паливних характеристик з використанням новітніх технологій.

Існуючі лінії з виробництва твердого біопалива (Україна, Росія, Польща) у зв'язку з випадковою продуктивністю робочих машин і відсутністю зв'язного регулювання мають високу енергоємність і не забезпечують необхідну якість продукції. Вказані недоліки обумовили необхідність створення енергозберігаючої інтелектуальної системи керування потоковою лінією виробництва твердого біопалива.

Для реалізації вказаної задачі необхідно дослідити режими роботи поточкових ліній, розробити математичні моделі технологічного процесу, оцінити енергоощадні швидкісні режими робочих машин, розробити систему регульованого електроприводу зв'язного дозування компонентів біопалива з використанням нейроконтролера на основі fuzzy-технологій.

Ступінь завантаження електродвигунів змішувача, дозаторів і преса безперервної дії значною мірою визначає питому енергоємність процесу брикетування біомаси, яка згідно [3] визначається за формулами (1,2):

$$E = \sum_i^n E_i + E_{зм}, \quad (1)$$

$$E = \sum_i^n \frac{P_i}{Q_i} + \frac{P_{зм}}{\sum_i^n Q_{зм}} + \frac{P_{пр}}{\sum_i^n Q_{пр}} \quad (2)$$

де:  $i$  – номер компонента;  $n$  – кількість компонентів;  $E_i$  – питома енергоємність дозування  $i$ -го компонента, кВт·год·т<sup>-1</sup>;  $Q_i$  – маса  $i$ -го компонента, т;  $E_{зм}$  – енергоємність процесу змішування, кВт·год·т<sup>-1</sup>;  $P_i$ ,  $P_{зм}$  і  $P_{пр}$  – витрати електроенергії під час дозування  $i$ -го компонента, змішування і пресування суміші відповідно, кВт·год.

Витрати електроенергії пропорційні потужності, що споживається електроприводами з мережі, залежать від продуктивності робочих машин або режимів навантаження електродвигунів, що характеризуються значними нерівномірностями. Враховуючи випадковий характер навантаження можна визначити за виразом (3):

$$P = P_{xx} + k(\bar{Q} + \Delta Q) \quad (3)$$

де:  $P$  – витрати електроенергії у режимі холостого ходу електродвигуна, кВт·год;  $P_{xx}$  – витрати електроенергії у режимі холостого ходу електродвигуна, кВт·год;  $k$  – коефіцієнт пропорційності споживаної потужності від продуктивності, кВт·год·т<sup>-1</sup>;  $\bar{Q}$  – середня продуктивність, т·год<sup>-1</sup>;  $\Delta Q$  – випадкові відхилення продуктивності, т·год<sup>-1</sup>.

З метою оптимізації, необхідно правильно вибрати потужності електродвигунів для приводу робочих машин, що працюють в режимі випадкових навантажень. Для цього знімаються графіки струму в часі і розраховуються спектральні щільності випадкових процесів навантаження. Далі за методом, запропонованим у [3], визначають еквівалентний струм і необхідну потужність.

Мінімізація другої складової рівняння (3) здійснюється за рахунок підвищення точності та рівномірності дозування компонентів у потоці. Вказану задачу успішно вирішують системи зв'язного регулювання продуктивності дозаторів компонентів твердого біопалива [5].



Вихідним термом є коефіцієнт пропорційності  $k$ , що задається діапазоном значень  $[0.5 \ 5]$  і визначає масове співвідношення компонентів суміші. В даному випадку доцільнішим є використання гібридної мережі, яка розробляється згідно алгоритму Sugeno (рис.2).

Для навчання експертної системи встановлено 100 епох і отримано середньоквадратичну похибку 0.2248. Після перевірки системи контрольною вибіркою, проведено оптимізацію структури мережі шляхом підбору оптимальної кількості нейронів. На цьому кроці середньоквадратична похибка становила 0.19978.

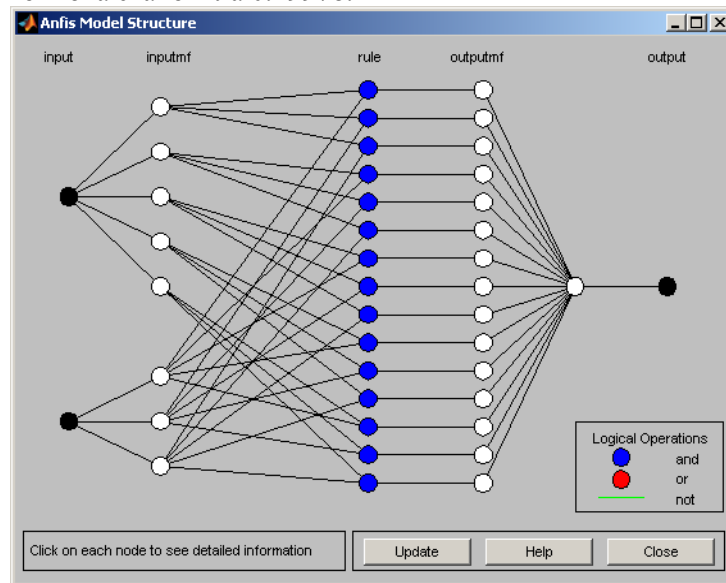


Рис. 2. Структура Anfis-моделі типу Sugeno для знаходження коефіцієнту масового співвідношення компонентів суміші  $k$

На рис.3 представлено результати моделювання, які відображають варіації продуктивності дозаторів в процесі регулювання швидкості робочих органів у встановленому діапазоні зміни  $k$  та вологості суміші  $w$  при фіксованій вологості подрібнених качанів кукурудзи  $w_1 = 12 \%$ , зміні вологості подрібненої соломи  $w_2$  в межах 14-35 % без корекції, а також з корекцією швидкості робочих органів дозаторів за поточними продуктивностями  $Q_1, Q_2, Q_3$ .

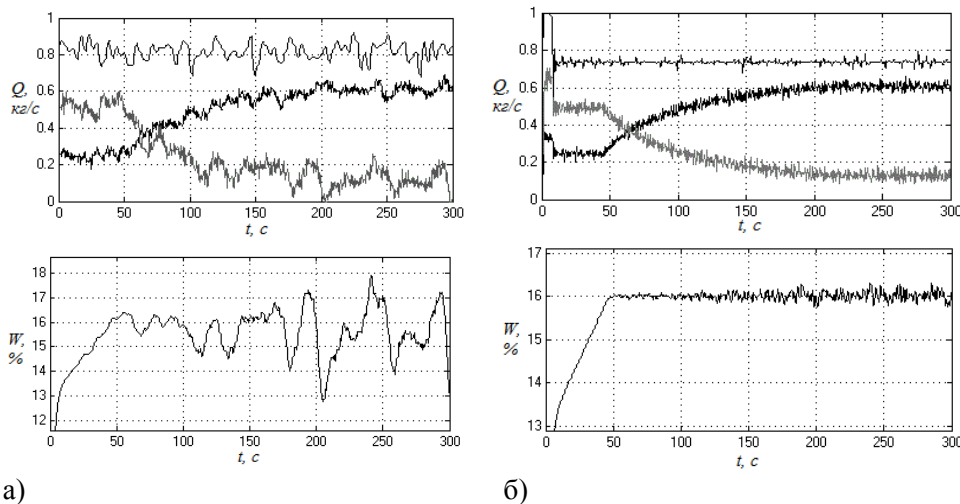


Рис. 3. Дисперсії продуктивностей дозаторів  $Q_1, Q_2, Q_3$  і вологості суміші  $w$ :  
а) – без корекції, б) – з корекцією швидкостей робочих органів дозаторів

Дослідження розробленої системи керування методом математичного моделювання показує, що застосування нечітких регуляторів дозволяє спроектувати систему регулювання високої якості: система володіє достатньою швидкістю (час встановлення заданої вологості

на виході змішувача з урахуванням чистого запізнювання становить 10 с, перерегулювання не перевищує 2,5 %). Тому застосування нечітких регуляторів доцільно і перспективно.

**Висновки:** Розроблений нейроконтролер для керування електрогидролічним комплексом виробництва двокомпонентного твердого біопалива на основі нечіткої логіки дає змогу:

- розширити вологісний діапазон базової сировини до 35%;
- скоротити час інтегрування потоків суміші у бункері-змішувачі до мінімально необхідного (20 с) та суттєво зменшити його об'єм (до 0,05 м<sup>3</sup>) та потужність привідного асинхронного двигуна з 3 кВт до 0,25 кВт.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гарбель М.С. Порівняльне виробництво твердого біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку / М.С. Гарбель // Науковий вісник НЛТУ : зб. наук.-техн. праць. — Львів : РВВ НЛТУ. — 2011, № 9. — с. 126-131.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB / С.Г. Герман-Галкин. — СПб. : Корона-принт. — 2001. — 320 с.
3. Жовмір М.М. Ресурси біомаси для енергетичного використання в Україні / М.М. Жовмір, В.І. Недовесов, О.П. Смірнов та ін. // Енергетика і електрифікація. — 2002, № 6. — С. 38-45.
4. Енергетична стратегія України до 2030. [Електронний ресурс]. — в Режим доступу:
5. <http://www.mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>.
6. Корчемний Микола. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Микола Корчемний, Валерій Федорейко, Володимир Щербань. — Тернопіль : Підручники і посібники. — 2001. — 984 с.
7. Соколов М.В. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин / [М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов, П.С. Беляев, В.Г. Однолько] // Монография. — М. : Издательство Машиностроение, 2004. — 248 с.
8. Федорейко В.С. Енергетично ефективні режими роботи регульованого асинхронного електропривода / В.С. Федорейко // Вісник Тернопільського державного технічного університету. — Тернопіль: ТДТУ, 2004. — Т. 9, № 3. — С. 83-90.