

2. Унімодальними і нормальними нечіткими множинами.

3. У більшості задач доводиться оперувати унімодальними і нормальними нечіткими множинами і т.п.

З даного прикладу видно, що випробуваний може по різному формулювати відповідь. Тому необхідно використовувати морфологічний і синтаксичний аналізи тексту, що містить відповідь.

Таким чином, при оцінюванні відповідей на тестові завдання типу «Підстановка» і «Відтворення» необхідно обробити відповідь і виявити поняття-синоніми, можливі орфографічні помилки і застосовувати морфологічний і синтаксичний аналізи.

**Висновки:** Матеріали нашого дослідження дають підстави говорити про те, що при аналізі відповідей на тестові завдання типу «Підстановка» необхідно сформулювати безліч синонімів еталонних відповідей та способи визначення орфографічних помилок у відповідях. В процесі аналізу відповідей на тестові завдання типу «Відтворення» потрібно аналізувати відповіді на завдання, що припускає відтворення визначення понять предметної області. Такий аналіз відповідей дозволить знизити трудомісткість створення тестових завдань типів «Підстановка» і «Відтворення» та перевірки відповідей на них.

Перспективою нашої подальшої роботи буде розробка тестових завдань типу «Підстановка» та «Відтворення» із навчального предмету «Інтелектуальні технології управління та прийняття рішень» для автоматизованої системи тестувань «Moodle» із врахуванням вище наведених рекомендацій, щодо формулювання правильних відповідей.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сучасний стан та проблеми комп'ютерного тестування знань студентів [Електронний ресурс] – режим доступу <http://ebookuniverse.net/-pdf-d45142424>. – Назва з екрану.
2. Булах І. Є. Створюємо якісний тест : навч. посіб. / І. Є. Булах, М. Р. Мруга. – К. : Майстер-клас, 2006. – 160 с.
3. Минин М. Г. Диагностика качества знаний и компьютерные технологии обучения / М. Г. Минин – Томск: ТГПУ, 2000. – 215 с.
4. Цикина Й. А. Подготовка и проведение учебных курсов в заочно-дистанционной форме обучения. Методические рекомендации преподавателям / Под. ред.. проф. И. А. Цикина, СПбГТУ, 2000. – 57 с.
5. Базарон С. А. Система интеллектуального анализа и оценивания конструируемых ответов при автоматизированном тестировании : автореф. дис. канд. тех. наук : 05.13.01 / Базарон Сэсэгарс Алавновна. – Улан-Удэ, 2011. – 24с.

*Шевченко С.*

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

#### ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ НА ТВЕРДОМУ БІОПАЛИВІ

В умовах гострої нестачі енергетичних ресурсів, обумовлених різними об'єктивними і суб'єктивними причинами, гостро встає проблема їх раціонального використання. Ефективне використання енергоресурсів приводить не тільки до скорочення витрат на їх придбання, але і покращує екологічний стан в цілому.

Основним «споживачем» енергетичних ресурсів є теплогенератори для виробництва теплової енергії (парові та водогрійні котельні агрегати) на потреби опалення, гарячого водопостачання та виробництва.

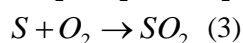
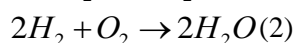
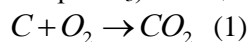
У працях вітчизняних і закордонних авторів [1, 2, 4] розкриті питання, пов'язані з принципом роботи теплогенераторів, обґрунтовано процес горіння палива, приділено значну увагу різним видам сировини. Проте питання утворення енергоефективної паливної суміші, автоматизації процесу подачі палива та повітря науковцями висвітлено недостатньо.

**Метою** наших досліджень є розробка способу підвищення коефіцієнту корисної дії теплогенератора за рахунок впровадження системи керування подачею палива та повітря.

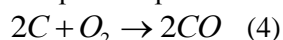
**Виклад основного матеріалу.** Одним із ефективних способів енергозбереження є раціоналізація процесу горіння палива в теплогенераторах. Досконалість процесу горіння палива визначає економічність роботи котла й сприяє захисту навколишнього середовища від

забруднення. Подача палива й повітря в топку котла повинна здійснюватися в певному співвідношенні оскільки, недостатня або надмірна кількість повітря знижує ефективність роботи теплогенератора[5].

Для ефективного горіння палива потрібні певні умови. У залежності від цих умов можливе повне або часткове окислення горючих частин. При повному окисленні, продукти, що утворилися не можуть більше з'єднуватися з окислювачем і виділяють теплоту. Продуктами повного окислення горючих елементів є оксиди вуглеводню ( $CO_2$ ), водню ( $H_2O$ ) і сірки ( $SO_2$  і в меншій мірі  $SO_3$ ). Реакціями повного окислення горючих являються наступні:



Причинами неповного згорання палива є те, що не всі горючі елементи окисляються. Крім того, при окисленні горючих елементів утворюються продукти, які б могли брати участь в процесі горіння. При неповному окисленні горючих елементів можуть утворитися з'єднання:



Неповне окислення горючих елементів пов'язано з недостатньою подачею окислювача, невідповідній подачі палива і повітря по часу, недостатнім перемішуванні палива і повітря. Найбільша кількість теплоти виділяється при повному окисленні горючих елементів [6].

Витрати палива на горіння визначають по повному згоранню палива в топці котла. Мінімальна кількість повітря  $V^0$ , достатнього для повного згорання одиниці маси палива, називають теоретично необхідною кількістю повітря. Величина  $V^0$  і кількісне співвідношення між масами або об'ємами взаємореагуючих речовин визначають за реакціями (5) - (8) окислення горючих елементів [2].

Для реакції (5) на 1 кмоль (12,01 кг) вуглецю використовується 1 кмоль кисню, який має при нормальних умовах (температура  $20^\circ C$  і тиск  $0,1 MPa$ ) об'єм  $22,4 m^3$ , або на 1 кг вуглецю необхідно використати  $22,4 : 12,01 = 1,866 m^3$  кисню. При цьому утворюється  $1,866 m^3 CO_2$ . На кількість вуглецю  $C/100$  кг в 1 кг палива використовується  $V_{O_2}^C = 1,866 C/100 m^3$  кисню і утвориться  $1,866 C/100 m^3 CO_2$ . Аналогічним чином можуть бути розраховані за рівняннями (7) і (8) розхід кисню на спалювання водню і сірки ( $m^3/kg$ ):

$$V_{O_2}^H = 5,55 \frac{H}{100} \quad (5)$$

$$V_{O_2}^S = 0,7 \frac{S}{100} = 0,375 \cdot 1,866 \frac{S}{100} \quad (6)$$

$$V_{H_2O}^H = 11,1 \frac{H}{100} \quad (7)$$

$$V_{SO_2}^S = 0,7 \frac{S}{100} \quad (8)$$

Зі співвідношень (5) - (7) з врахуванням об'ємного вмісту кисню у повітрі (21%) і паливі  $O/(100 \rho_{O_2})$ , отримуємо кількість повітря, теоретично необхідного для повного окислення горючих елементів,

$$V^0 = \frac{V_{O_2}^0}{0,21} = 0,0476 \left[ 1,866 (C + 0,375S) + 5,55H - \frac{O}{\rho_{O_2}} \right] \quad (9)$$

$$\text{або} \quad V^0 = 0,0889 (C + 0,375S) + 0,265H - 0,0333zO \quad (10)$$

де,  $C, S, H$  і  $O$  – масові частки (%) горючих елементів і кисню у даному паливі.

Переважно  $V_0$  розраховують для робочої маси палива. Для запобігання неповного згорання палива у топку подають кількість повітря  $V_b$  більше теоретично необхідного [2].

При проектуванні котлів і аналізі їх роботи користуються коефіцієнтом надлишку повітря  $a$ , який дорівнює відношенню фактично поданого кількості повітря до теоретично необхідного,

$$a = V_B / V^0(11)$$

Рациональне протікання процесу горіння вимагає сталості його стехіометрії, тобто забезпечення відповідного надлишку кисню (повітря), що обумовлюється стехіометричним коефіцієнтом  $a$ . Для ефективного протікання процесу горіння твердого біопалива у природному вигляді величина  $a$  повинна знаходитись в межах 1,4-1,6 (рис. 1).

За такої величини  $a$  у виробленому газі буде знаходитись близько 7,5% сухого кисню  $O_2$  і близько 13%  $CO_2$ . Враховуючи практичну неможливість регулювання величини стехіометрії в процесі горіння, спалювання біомаси має проходити при надлишковій кількості кисню. У залежності від виду палива та заповнення камери згорання дійсний коефіцієнт надлишку повітря складає 1,5 – 2,0. Найвищі величини  $a$  (навіть  $>2,0$ ) можливі при спалюванні полін, середні (1,4 – 1,6) відносяться до зрубків деревини, а найнижчі (1,2 – 1,3) необхідні для пилу, тирси та брикетів (гранул). Надлишкова величина коефіцієнту  $a$  підвищує температуру в камері спалювання і може викликати плавлення попелу [3].

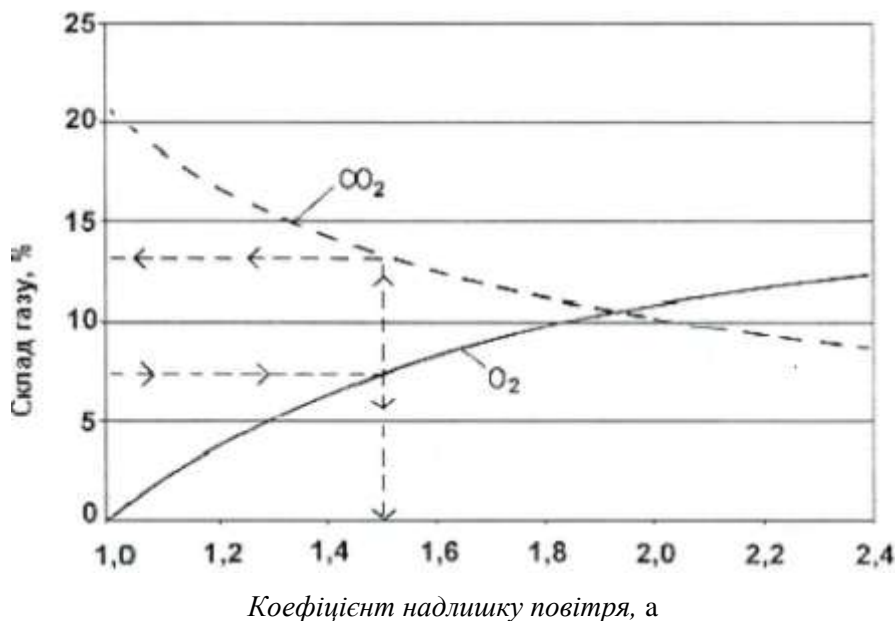


Рис. 1. Рациональний коефіцієнт надлишку повітря  $a$  при спалюванні деревини (ефективне спалювання)

Забезпечити оптимальні співвідношення паливо-повітря можливо шляхом застосування автоматичного регулювання процесу горіння в топці, яке здійснюється за рахунок регульованої подачі палива і повітря.

Вхідним регулюючим впливом служить подача повітря в топку, а вихідною регульованою величиною – зміст кисню в димових газах. Реалізуючи даний спосіб схема АСР містить у собі автоматичний регулятор, що вимірює склад димових газів (значення коефіцієнту  $a$ ) і сприймаючий імпульс по тиску пари (температурі води) у котлі, що керує виконавчим органом (ВО) подачі палива і повітря.

Найбільш характерні структурні схеми регулювання співвідношення паливо-повітря наведені на рисунку 2.

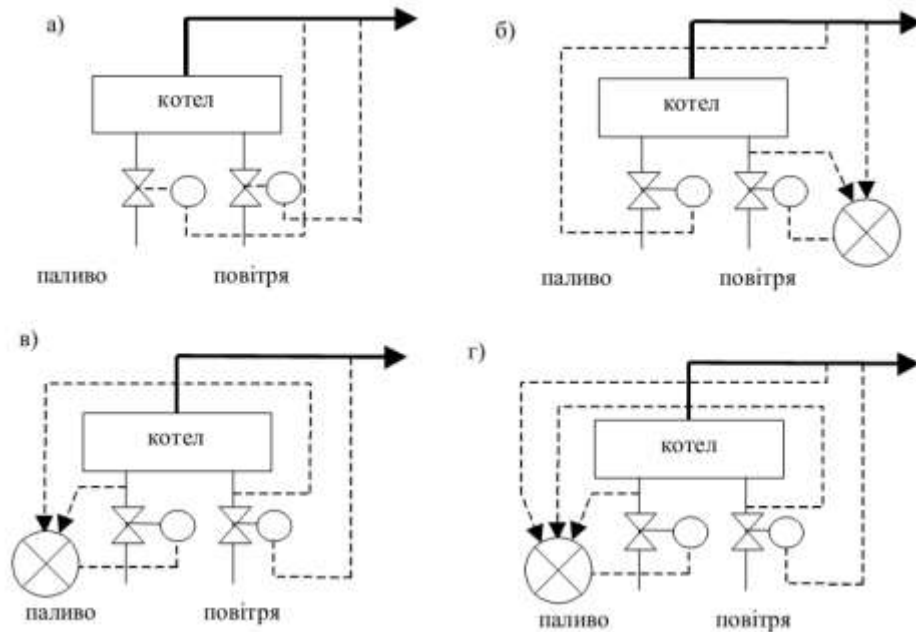


Рис.2. Схеми систем регулювання процесу горіння

Рівнобіжне керування подачею палива і повітря в залежності від навантаження котла реалізує схема, зображена на рисунку 2 а. Дана схема не забезпечує високої точності співвідношення паливо-повітря, тому що погодити дійсні витрати повітря і палива в оптимальному співвідношенні підбором характеристик ВО важко.

Схема, показана на рисунку 2 б, також здійснює рівнобіжне керування подачею палива і повітря, але витрата повітря безупинно вимірюється і коректується зворотним зв'язком, унаслідок чого його подача в топку пропорційна керуючому сигналу. Це підвищує точність підтримки заданого співвідношення паливо-повітря.

Послідовне регулювання паливо-повітря реалізує схема, приведена на рисунку 2 в. Імпульс по тиску пари керує подачею повітря, а потім пропорційно останньої встановлюється подача палива. За допомогою вимірників витрати повітря і палива узгоджуються і співвідношення паливо-повітря в сталих режимах визначається точністю виміру зазначених середовищ.

Схема, представлена на рисунку 2 г забезпечує рівнобіжне керування подачею палива і повітря по імпульсі від тиску пари, а коректування співвідношення паливо-повітря – зміною подачі палива.

Слід зазначити, що всі наведені вище системи регулювання співвідношення паливо-повітря мають право на існування і вибір конкретної системи залежить від безлічі факторів, що характеризують режим роботи теплогенератора. Тобто при стабільній роботі на номінальному навантаженні можливо обмежитися схемою 2 а, при роботі зі зміною навантаження варто вибирати схеми 2 б-г.

Упровадження різних систем автоматизації процесів горіння вимагає певних витрат. Така система повинна відслідковувати більше 50 параметрів і управляти більш ніж 20 пристроями, а також передбачати сигналізацію про вихід параметрів за встановлені межі й сигналізацію про спрацьовування захистів, що діють на зупинку котла. А для запобігання виводу з ладу котла у випадку виникнення небезпечних ситуацій алгоритм роботи системи повинен передбачати захист, що реалізований припиненням подачі палива у камеру горіння. Однак отриманий економічний ефект від їх впровадження дозволяє одержати позитивний результат вже в перший опалювальний період, що дає можливість використовувати різні варіанти фінансування реалізації подібних проектів.

Також слід зазначити, що досконалість процесу горіння палива визначає економічність роботи котла і сприяє захисту навколишнього середовища від забруднення.

**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.