

УДК 662.63.002.8

**Здановський В.Г.**, д-р техн. наук,  
Міжнародний науково-технічний університет, м. Київ, Україна

**Шомін О.В.**,  
група підприємств „Альтернативне тепло та технології”, м. Харків, Україна

**Денисова Н.М.**, к.т.н., доц.  
Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ САМОДОСТАТНОСТІ РЕГІОНІВ**

*Проведено оцінювання та аналіз можливості використання біомаси в масштабах регіонів. Встановлено алгоритм впровадження альтернативних економічних енергоресурсів у вигляді біопалива (солома, відходи деревини, торф тощо).*

### **Вступ**

Відходи сільськогосподарського виробництва у вигляді польової продукції рослин і деревини в лісопромисловому комплексі, а також торф, сланці і буре вугілля давно привертають увагу енергетиків і екологів. Найбільш ефективним методом утилізації будь-яких відходів є їх використання в якості заміників природних ресурсів і органічного палива. В умовах України значний потенціал мають енергоресурси у вигляді біопалива (солома, відходи деревини, торф тощо). Їх особливістю є доступність, значні запаси і простота використання. При цьому доводиться констатувати, що ці досить вигідні для використання ресурси просто спалюються або стають тягарем для суспільства у вигляді гниючих залишків. Тому метою роботи є оцінка та аналіз можливості використання біомаси в масштабах регіонів.

### **Методи та результати досліджень**

Проблему підготовки біомаси як палива та його використання можна розділити на такі етапи:

- збір та укрупнення первинної соломи і відходів деревини, а також торфу і доведення їх до розмірів, придатних для зберігання, транспортування та промислового використання з метою отримання теплової енергії;
- розробка і створення декількох типорозмірів котлів для спалювання біомаси, як окремо, так і по черзі або в суміші в залежності від наявних запасів того або іншого виду біомаси для тривалої (або сезонної роботи) котельні;
- створення структури користувачів теплової енергії, виробленої з біомаси в місцях її виробництва.

**Перший етап.** Під час збирання врожаю зернових солома як побічний продукт збирається в копиці або відразу за допомогою спеціальних машин пресується в рулони різного розміру. В основному вони бувають двох типів – круглі та згортки Хестона. Круглий рулон важить до 300 кг і має габарити 2,2x1,5 м, а рулон Хестона 450 кг і 1,2x1,3x2,4 м відповідно. Енергетична цінність соломи залежить від вологості, а також від її хімічного складу. Вологість соломи повинна знаходитися в межах 10...20%, тому повинно бути забезпечено її відповідне складування й зберігання. Енергетична цінність соломи повинна становити 14...15 ГДж/т, цінність відходів деревини і соломи практично однакова.

Порівнюючи паливні властивості соломи, відходів деревини та торфу встановлено, що ці види палива поєднуються і є взаємозамінними за умови зберігання вологості біомаси, а з природним газом – 3 т соломи (деревини) замінюють 1000 м<sup>3</sup> газу [1].

Слід зазначити, що відходи деревини обробляються шляхом сушіння й укрупнення до розмірів брикетів і гранул, перетворюються в придатне для механізованого використання деревне паливо (дрова, тріску, тирсу, кору, гілки і т.д.). Енергетична цінність відходів деревини з вологістю 50...60% становить 6...8 ГДж/т, а після просушування до вологості 10...20% – 14...16 ГДж/т. Зольність деревини, як і соломи не перевищує 3-5%.

Запаси торфу більш значні, ніж соломи, деревини та їх відходів. Приріст торф'яного шару за різними методиками підрахунку може становити від 3..5 мг до 15...20 грам на квадратний метр у рік. Для промислових цілей торф добувають і використовують двома способами: фрезерний, що має розмір менше 10 мм та кусковий, розміри якого більше 50 мм, що визначаються типом техніки, яка застосовується для видобутку. Шматки торфу підсушують на сухій поверхні ґрунту в основному за рахунок сонячного тепла, надалі – залишають споживачам або транспортують до місць зберігання в закритих складських приміщеннях. Теплота згоряння сухого торфу приблизно відповідає теплоті згоряння деревинних відходів і соломи, а вологого торфу – в півтора рази нижче. Значною перевагою є те, що торф може зберігати властивості палива, не піддаючись масовому псуванню або знищенню, як це має місце, наприклад, з соломою.

**Другий етап.** При створенні нових або при переводі діючих котлоагрегатів на спалювання соломи і відходів деревини враховуються їх технологічні характеристики (теплотворна здатність, зольність, вологість і властивості золи). Одночасно необхідно враховувати особливості спалювання біомаси у порівнянні з твердим паливом, газом або мазутом. В залежності від цих особливостей і характеристик біомаси приймається конструкція топкового пристрою котла.

Для вибору типу котла, його топкового пристрою при спалюванні біомаси велике значення має об'єм та швидкість топкових (димових) газів, оскільки від них залежить ступінь вигорання палива, кількість відкладень золи на поверхні нагріву [1]. В залежності від цих особливостей та характеристик біомаси приймається конструкція топкового пристрою котла – з передтопком чи без нього. Для високовологої біомаси, як правило, необхідним є передтопок, що пов'язано з необхідністю більш тривалого перебування біопалива у топці для забезпечення його повного спалювання, що може обмежувати продуктивність котла. Ці та інші передумови створення топкового пристрою для спалення біомаси в значній мірі відносяться й до організації спалювання торфу та бурого вугілля.

Об'єм димових газів залежить від виду палива. При спалюванні сухої біомаси обсяг топкових газів майже не відрізняється від природного газу. Витрата газів пропорційна їх температурі і розраховується згідно співвідношення:

$$\frac{V_i}{V} = \frac{(T_0 + 273)}{273},$$

де  $V_i$  – об'ємна витрата газів при температурі  $T_0$ ,

$V$  – об'ємна витрата газів при температурі 0 °С.

При розробці конструкції біопаливних котлів враховують вплив вологості палива та зниження температури відхідних газів котла. Повітряно сухим вважається біопаливо вологістю до 30% на робочу масу, а високовологим – понад 50 %. При невеликому температурному градієнті конвективних поверхонь нагріву парових котлів необхідно значно збільшувати їх площу [1], що наведено на рис. 1.

Основною проблемою є те, що при спалюванні вологого біопалива утворюється набагато більше димових газів, що викликає необхідність підвищення кількості тепла для випаровування внутрішньої вологи палива та вимагає застосування передтопку і призводить до необхідності реконструкції котла та зміни компонування котельної. Спалювання вологого палива вимагає більшої витрати повітря, ніж на його суху масу, що також призводить до значного збільшення витрат димових газів та збільшення типорозмірів топкової камери і конвективної шахти котла. В окремих випадках необхідно передбачити можливість попереднього підсушування біомаси та реконструкції котла для спалювання вологого біопалива.

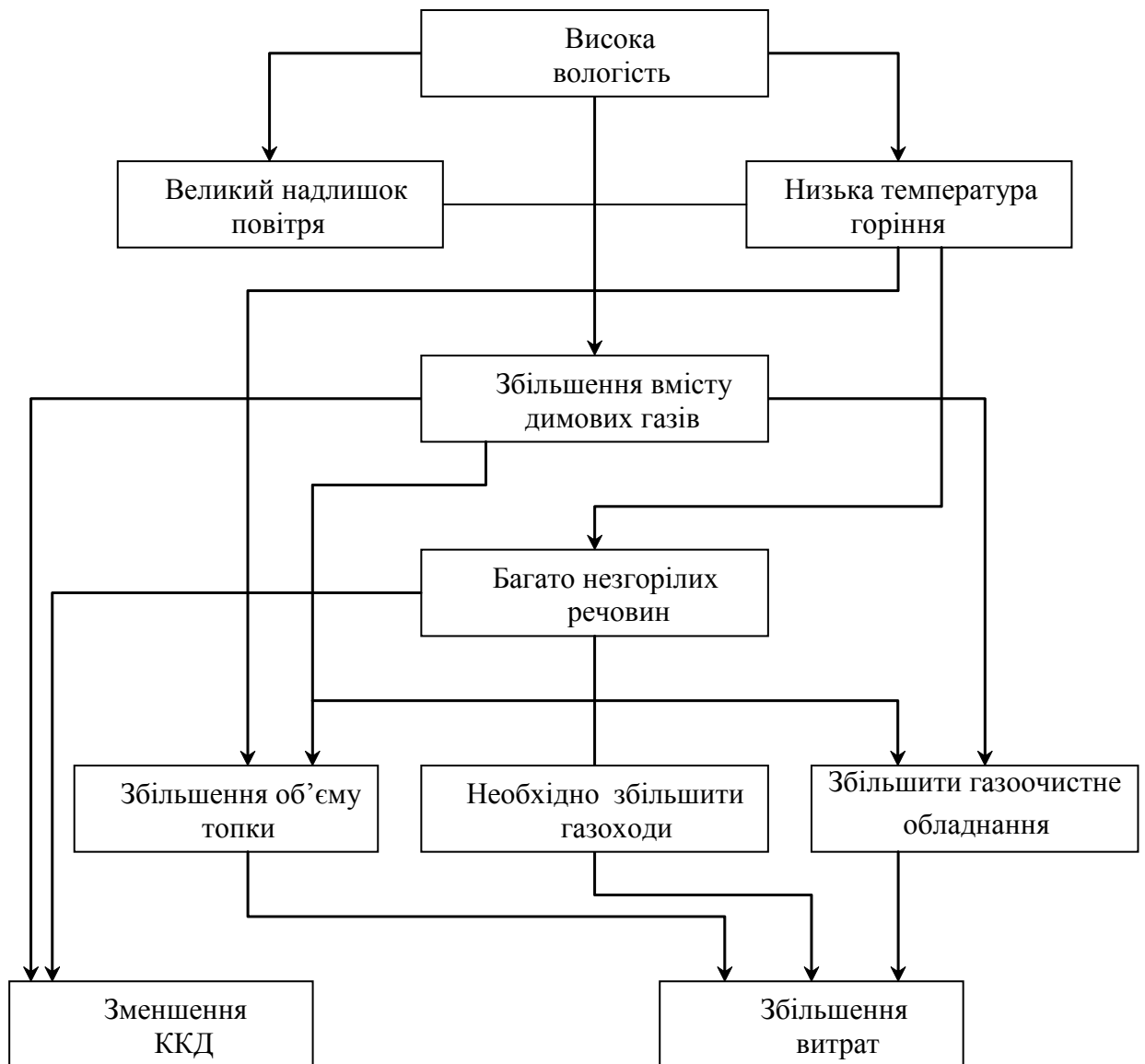


Рис. 1. Вплив вологого палива на конструкцію котла

Крім зазначеного, зниження температури відхідних газів призводить до конденсації водяної пари та утворення точки роси на конвективних поверхнях нагріву

котла. З метою виключення корозійних процесів необхідно спалювати паливо зі вмістом сірки менше 0,5 % або приймати додаткові заходи щодо захисту низькотемпературних поверхонь, а також газоходів котла від сірчано кислотої корозії. Тому після підготовки технічного проекту необхідно оцінити можливі варіанти:

- розширення комірки, що реконструюється, котла в котельні;
- встановлення нового котла за межами будівлі котельні;
- отримання сухого або організація підсушування вологого біопалива до необхідної кондиції.

Використання біопалива, як показує практика та теоретичні дослідження, можливе як при традиційному факельному спалюванні, так і з застосуванням різновидів топок котлоагрегатів з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ), що найбільш придатні для низькоякісного палива, як з екологічної, так і технологічної точок зору.

Досвід не тільки промислово розвинених країн заходу, але й таких країн, що мають розвинену вугільну енергетику (Польща, Чехія, Словаччина) показує переваги переходу від традиційного факельного спалювання твердого палива і його відходів до спалювання в різновидах ЦКШ – котлоагрегатів. Одним з таких різновидів, який завдяки своїм перевагам знайшов широке застосування, є технологія високотемпературного киплячого шару (ВЦКШ), що запропонована у 90-х роках минулого століття російською фірмою „Петрокотел” [2-5].

Технологія ВЦКШ зберігає основні переваги ЦКШ та представляє послідовність коли шар палива формується за рахунок власної золи і функціонує на рухомій колосниковій решітці, встановленій під кутом. Технологія не вимагає застосування спеціального устаткування і максимально адаптована до впровадження з мінімальними витратами на більшості вітчизняних котлів. При реконструкції діючих котлів технологічне обладнання, як правило, зберігається, що дає позитивний ефект як в плані надійності роботи котла, так і в плані швидкого освоєння нової технології. При спалюванні низькосортних видів палива застосування ВЦКШ забезпечує ККД практично недосяжним для серійних парових та водогрійних котлів, а при більш якісному паливі забезпечується підвищення теплопродуктивності котла.

Використання біопалива дає не тільки енергетичний та екологічний, але і соціальний ефект – дозволяє знизити вартість послуг населенню і собівартість товарної продукції.

Наприклад, для оцінки ефективності використання біопалива для котла невеликої потужності - 35 т/год пари або водогрійного котлу 100 Гккал/год мережної води – споживання на рівні 5000 м<sup>3</sup>/год. Місячна паливна складова собівартості котла на газі:

$$E_k = 5 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 8 = 7,2 \text{ млн.грн.}$$

Умовно, але наближено до реальності, вартість біопалива допустимої вологості (включаючи витрати на підсушування) франко-котельня складе 500 грн/т. Максимальні місячні витрати на паливо (паливна складова собівартості):

$$Z = 5 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 500 = 5,4 \text{ млн.грн.}$$

Відповідно, щомісячний чистий прибуток складе:

$$P_p = E_k - Z = 7,2 - 5,4 = 1,8 \text{ млн.грн.}$$

За даними розробників, вартість встановлення котла не перевищує 10 млн. грн., а реконструкція в 2-2,5 рази дешевше. Виходячи з цього, термін окупності переходу на біопаливо не перевищує 3-х місяців, а при заміні (або встановленні нового) – півроку.

Французький досвід використання біопалива показав ефективність біопалива при обігріві 6-гектарної теплиці соломною автоматизованою котельною установкою без обслуговуючого персоналу, при чому середньорічний коефіцієнт використання складає 96 %, при максимально місячному – 98%, що на 10-12% вище, ніж у наших енергетичних котлів, і в півтора рази вище, ніж в комунальних котельнях [5].

**Третій етап.** Необхідно виходити з того, що біомаса – це місцеве паливо. Відповідно, споживачі теплоти повинні знаходитися у безпосередній близькості від котельних та міні-ТЕЦ. Споживачі теплової енергії визначаються замовником спільно з проєктантами та ретельно погоджуються відповідно до раціонального використання заготівельних енергоресурсів та розташування на відстані біля 50-60 км від джерел паливозабезпечення. Такими споживачами є, насамперед комунальники (опалення та гаряче водопостачання населених пунктів), тваринницькі комплекси та птахофабрики, лісопромислові комплекси, тепличні господарства і промислові підприємства перероблення сільгосппродукції.

Таким чином, використання різновидів біомаси і місцевих видів палива у масштабах регіонів – це комплексна проблема, у вирішенні якої повинні приймати участь і органи влади, і енергетики, і виробники енергообладнання, і бизнес-структури на основі узгоджених проєктів і рішень. Звісно, масштаби використання визначаються можливостями застосування одержаної теплової енергії. Але в нашій державі не має підприємств, які б на промисловій основі займалися розробленням покладів бурого вугілля, сланців і торфу, а також підготовкою до широкого використання соломи, деревинних та інших відходів. Без створення таких видобувально-підготовчих виробництв місцевого біопалива проблема енергозбереження, самозабезпечення регіонів енергоносіями і одночасного покращення екологічної ситуації не буде вирішена.

#### **Висновки**

Найголовнішими напрямками з точки зору ресурсозбереження є розробка на промисловій основі родовищ бурого вугілля, сланців і торфу, а також підготовка до широкого використання соломи та деревинних відходів. Створення місцевої інфраструктури по ланцюжку видобуток (збір) – зберігання – підсушування – доставка місцевого палива – одержання додаткової тепло(електро)енергії дозволило б вивільнити значні ресурси природного газу і децентралізувати енергопостачання регіонів, зробивши його більш економічним і незалежним від стану і можливостей систем централізованого енергозабезпечення.

#### **Список літературних джерел**

1. Праховник А.В. Малая энергетика: распределённая генерация в системах энергоснабжения. - К.: Освіта України, 2007. – 462 с..
2. Мишина К.И. Реконструкция пылеугольных энергетических котлов с переводом на сжигание в циркулирующем кипящем слое/ К.И. Мишина, В.Г. Здановский, Ю.В. Юферов// Новости энергетики - Київ, 1998. - № 4. - С. 22-28.
3. Здановский В.Г. Котлоагрегаты малой и средней мощности с топкой новой разновидности ЦКС/ В.Г. Здановский, К.И. Мишина// Новости энергетики. - Київ, 1999. - № 4. - С. 20-28.
4. Здановский В.Г. Екологічна безпека теплоенергетики України та деякі шляхи її покращення/ В.Г. Здановский // Новини енергетики. – Київ, 2000. - №6. - С. 11-15.
5. Здановский В.Г. Экологическая составляющая энергетических проблем Украины/ В.Г. Здановский, Н.П. Лисин, Н.В. Злочевский // Новини енергетики. – Київ, 2003. - № 5. С. 57-64.