

## ТЕПЛОГЕНЕРАТОР МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ НИЗЬКОСОРТНИХ ПАЛИВ

*А.А. Халатов, академік НАН України, доктор технічних наук  
Г.В. Коваленко, О.В. Шіхабутінова, кандидати технічних наук  
Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Створено конструкцію шарового теплогенератора малої потужності для спалювання низькосортних твердих палив і їх сумішей. Досліджено процес двостадійного спалювання таких палив, де в первинній камері проходить його газифікація, а у вторинній – допалювання летких. Експерименти показали, що на якість процесу спалювання істотно впливає фракційний склад палива і підмішування відходів деревини до торфу.*

***Низькосортні тверді палива, двостадійне спалювання, шкідливі викиди.***

В наш час спостерігається зниження рівня видобутку і подорожчання традиційних джерел енергії. Це може мати катастрофічні наслідки для економіки країни, тому що енергомісткість ВВП в Україні в 3,5 рази вище, ніж енергомісткість ВВП країн Євросоюзу [1]. Тому, раціональне та екологічно безпечне використання дешевих місцевих низькосортних палив як додаткового енергоресурсу для зменшення енергетичної залежності від імпортованих енергоносіїв є нагальним завданням сьогодення для України. У багатьох випадках при спалюванні низькосортних (вологих, високосольних і таких що розтріскуються в процесі горіння) палив застосування двокамерного спалювання не вирішує всіх проблем, що виникають: підтримання високої температури, принаймні, на першій стадії згоряння; достатньо тривале перебування палаючих частинок в зоні високих температур; сепарація часточок з потоку.

**Мета досліджень** – вивчення процесу горіння низькосортних палив, таких як торф, відходи деревини та їх сумішей, розробка методу екологічно чистого їхнього спалювання за рахунок раціональної організації аеродинаміки камери згоряння та пропорцій їх змішування.

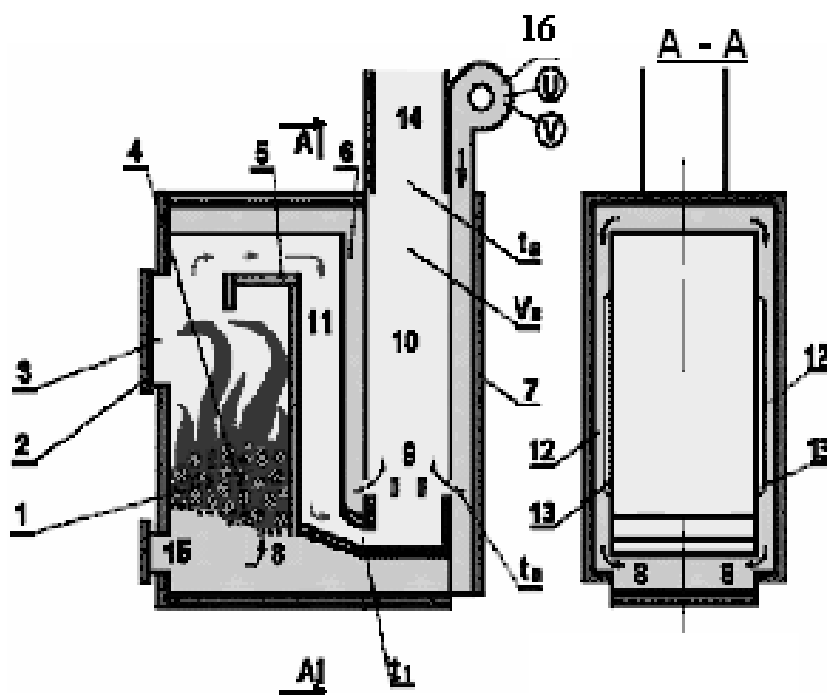
**Матеріали та методика досліджень.** Робота виконувалася в рамках договору з Державним фондом фундаментальних досліджень України та Білоруським республіканським фондом фундаментальних досліджень, проект № Ф54.2/001.

Досліджено процес двостадійного спалювання низькосортних палив, де в первинній камері проходить газифікація палива, а у вторинній – допалювання його летких. Створено конструкцію двостадійного

шарового теплогенератора малої потужності для спалювання низькосортних твердих палив і їх сумішей з потрібною повнотою згоряння та забезпеченням екологічних вимог. Схема установки наведена на рис.1.

Паливо 1 періодично подавалося через завантажувальні дверцята 2 до первинної камери 3 на ступінчасті колосникові ґрати 4. Повітря під дією вентилятора 16 надходило до порожнини 6 між корпусом та тепловою ізоляцією 7, розділялося на первинне 8, що подавалося в первинну камеру 3, та вторинне 9, що надходило до камери допалювання 10. Співвідношення витрат повітря було підбрано так, що в первинній камері згоряння йшло з нестачею окислювача (відбувався піроліз). Вторинне повітря 9, що подавалося в камеру 10 через тангенційні щілини, забезпечувало перемішування та допалювання продуктів піролізу, а далі гази викидалися в газохід 14. Незгорілі частинки палива провалювалися через колосникові ґрати до зольника 15.

У процесі експериментальних досліджень вимірювалися і реєструвалися такі параметри: температура на виході з первинної камери –  $t_1$ , температура на виході з теплогенератора –  $t_{\text{вих}}$ , температура на виході з підігрівача повітря –  $t_{\text{вп}}$ ; швидкість потоку на вході  $V_0$  і виході  $V$  з печі, статичний тиск у нагнітальному тракті вентилятора і на виході з печі  $P$ , напруга на двигуні вентилятора  $U$ . З ґартувального пристрою відбиралися проби газу  $G$ , що аналізувалися на хроматографі «Газохром 3101». Для експрес – аналізу використовувалися хімічні газовизначники ГХ–М.



**Рис.1. Схема експериментальної установки:**

- 1 – паливо; 2 – завантажувальні дверцята; 3 – первинна камера; 4 – колосникові ґрати; 5 – вогнетривкий щиток; 6 – порожнина подачі та підігріву повітря; 7 – теплова ізоляція; 8 – первинне повітря; 9 – вторинне повітря; 10 – камера допалювання; 11 – камера з опускною течією газів; 12 – короби для подачі первинного повітря під колосникові ґрати; 13 – ребра для інтенсифікації

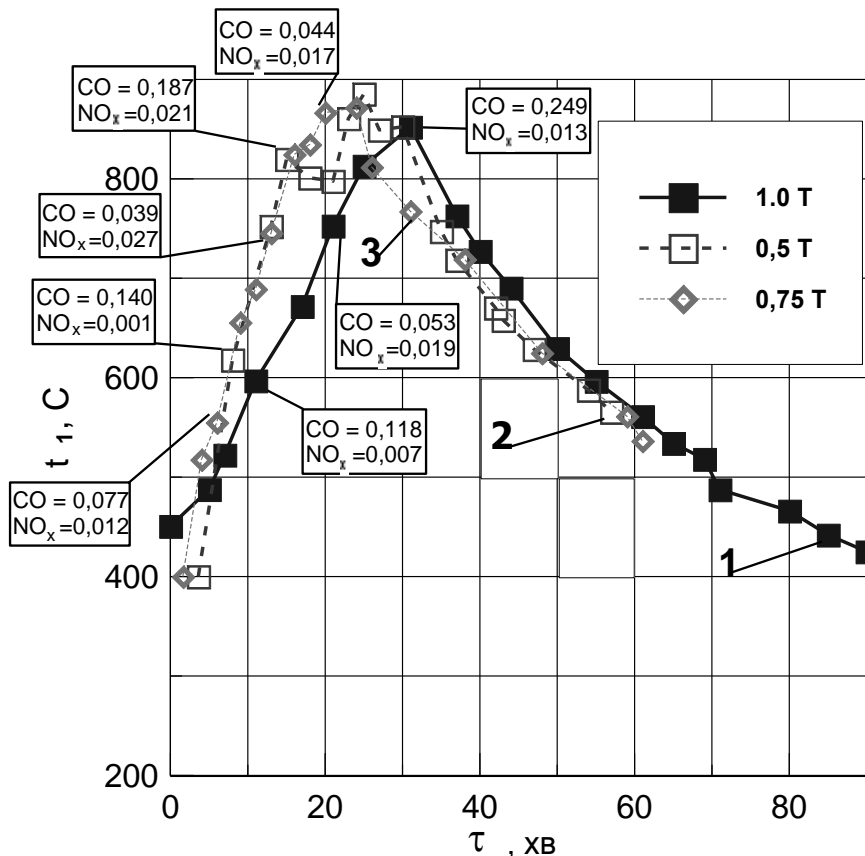
теплообміну з повітряної сторони; 14 – газохід; 15 – зольник; 16 – вентилятор

Досліджені види палив (брикетований торф родовища сел. Логін Житомирської обл. і відходи деревини) відрізняються температурою початку виходу летких горючих. У деревини – це 160 °С, у торфу – 100 °С. Значна різниця і в самих величинах виходу летких: від 85 % – у деревини (сосна), і до 65 % – торфу. Теплота згоряння летких речовин найбільша у торфу 20,9...23,8 МДж/кг, а найменша у деревини – 19,3 МДж/кг [2]. Поєднання палив з різними наведеними характеристиками дає принципову можливість поліпшити процес спалювання. Вміст золи в досліджуваних видах палив такий: деревина (сосна) – 1,4 %; торф – 23,5 %. Швидкість газів у вихідному газоході у процесі спалювання 6 кг навіски палива змінювалася у порівняно вузькому діапазоні 0,90...1,5 м/с.

**Результати досліджень.** Експерименти показали, що на якість процесу спалювання істотно впливає транспорт окислювача, фракційний склад палива, від якого залежить поруватість шару, що горить, і підмішування відходів деревини до торфу. Все це покращило процес спалювання не тільки щодо зменшення викидів окислів азоту, а й окису вуглецю (рис.2). У деяких випадках додавання 50 % відходів деревини зменшувало шкідливі викиди вдвічі. Внаслідок того, що температури початку виходу летких у торфу та деревини близькі, а також їх леткі мало відрізняються за калорійністю, вплив добавок деревини незначний. Час вигорання порції чистого торфу більший за час горіння суміші 50 % торфу та 50 % деревини всього на 6 %. «Двогорбність» кривої зміни температури  $t_1$  для суміші з деревиною пояснюється різницею початку виходу летких у деревини та торфу. При горінні чистого торфу концентрація викидів окису вуглецю вище, ніж при горінні сумішей з деревиною при приблизно однакових концентраціях окислів азоту. Порівняння концентрацій СО при відповідних температурах дає різницю від 36 % до 50 %. Збільшення концентрації СО завжди спостерігається при знижених температурах підігріву повітря, що надходило до первинної камери.

Експерименти проводилися при декілька витратах повітря. У більшості досліджень на початковій стадії процесу коефіцієнт надлишку повітря знаходився в діапазоні 1,4...2,7, у той час як на стадії догорання його значення становили від 6,4 до 9,0. Трикамерна піч забезпечувала підігрів первинного повітря до 93 °С. Організація додаткової камери, підведення первинного повітря під шар палива та додатковий його підігрів істотно (приблизно в 1,5 раза) зменшували тривалість процесу спалювання.

Максимальні концентрації окислів азоту при трикамерному спалюванні виявилися менше, ніж при двокамерному – більш ніж в 20 разів. Збільшення часу перебування газів у первинній камері призвело до поліпшення процесу горіння твердих палив і зменшенню шкідливих викидів. Зустрічний рух палива й окислювача дозволив ефективно спалювати у шарі навіть низькосортні палива, такі як торф, відходи деревини та їх суміші.



**Рис. 2. Температура на вході до камери допалювання  $t_1$  при спалюванні торфу та його сумішей з деревиною:**  
 1 – 100 % торфу, 2 – 50 % торфу, 50 % деревини, 3 – 75 % торфу, 25 % деревини (у прямокутниках наведені значення концентрацій окису вуглецю та оксидів азоту, перераховані до умов  $\alpha = 1$ )

### Висновки

Організація проміжної камери в зоні високих температур між первинною і камерою допалювання призвела до поліпшення процесу горіння твердих палив і зменшення шкідливих викидів. Зустрічний рух палива та окислювача дозволив ефективно спалювати в шарі навіть низькосортні палива. Підігрів повітря, що подається до первинної камери, істотно покращує якість процесу спалювання. Навіть у теплогенераторах малої потужності невелика (висотою до 3 м) витяжна труба долає гідравлічний опір додаткової камери й підігрівача повітря. Додавання до торфу 50...25% відходів деревини значно зменшило не тільки концентрацію викидів окислів азоту, а й окису вуглецю. Обладнання запропонованого теплогенератора пристроєм для безперервного або періодичного завантаження палива дозволить рекомендувати його для широкого впровадження.

### Список літератури

1. Паливно-енергетичні ресурси України : Статистичний збірник. – К.: Держкомстат України, 2013. – 334 с.
2. Хзмалян Д.М. Теория горения и топочные устройства / Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган – М.: Энергия, 1976. – 488 с.

*Создана конструкция слоевого теплогенератора малой мощности для сжигания низкосортных твердых топлив и их смесей. Исследован процесс двухстадийного сжигания таких топлив, где в первичной камере проходит его газификация, а во вторичной - дожигание летучих. Эксперименты показали, что на качество процесса сжигания существенно влияет фракционный состав топлива и подмешивание отходов древесины к торфу.*

***Низкосортные твердые топлива, двухстадийное сжигание, вредные выбросы.***

*The construction of low-power layer was heat generator for combustion of low-grade solid fuels and mixtures thereof created. The process of two-stage combustion of such fuels, where in the primary chamber take place its gasification, and in the secondary one afterburning of volatiles. Experiments have shown that the quality of the combustion process substantially affect the fractional composition of the fuel and mixing of the waste wood to the peat.*

***Low-grade solid fuel, two-stage combustion, harmful emissions.***

УДК 631.3

## **ЭНЕРГООСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕПЛОХОЛОДИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ**

***Б.П. Коршунов, кандидат технических наук***

***А.И. Учеваткин, доктор технических наук***

***Ф.Г. Марьяхин, А.Б. Коршунов, кандидаты технических наук***

***Всероссийский научно-исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства, г. Москва***

*Установлено, что использование природного холода наружного воздуха или грунтовой воды позволяет полностью или частично охлаждать молоко природной средой. Разработано энергосберегающую теплохолодильную установку для охлаждения молока на животноводческих фермах.*

***Теплохолодильные системы, природный холод, охлаждение молока, животноводческие фермы.***

Создание теплохолодильных систем (ТХС) на животноводческих фермах объясняется требованиями рационального использования природных ресурсов тепла, холода, а также электроэнергии при производстве, охлаждении и хранении молока, санитарной обработке оборудования, поении скота и выполнении других весьма энергоемких операций.

---

© Б.П. Коршунов, А.И. Учеваткин,  
Ф.Г. Марьяхин, А.Б. Коршунов, 2014