

УДК 662.76.034:536.72

В.А. Колієнко, А.М. Павленко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

## ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ГАЗОГЕНЕРАТОРА І ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ

На основі досліджень процесу газифікації біомаси виконаний аналіз теплового балансу газогенератора. Комплексний розгляд теплових процесів газифікації надає можливість оцінити основні причини втрат теплоти і сформулювати концептуальні підходи у питанні визначення коефіцієнта корисної дії процесу газифікації. Аналіз рівняння теплового балансу надає можливість розробити заходи щодо підвищення ефективності роботи газогенераторів. Запропоновані поняття коефіцієнтів корисної дії нетто та бруто для визначення ефективності роботи газогенератора чи газифікаційного процесу за результатами досліджень. Для підвищення загальної ефективності процесу газифікації рекомендоване комплексне використання генераторного газу для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії.

**Ключові слова:** газифікація, біомаса, газогенератор, тепловий баланс, ефективність.

### Вступ

Скорочення витрат традиційних викопних видів палива за рахунок їх заміни альтернативними джерелами енергії є важливою задачею сьогодення. Спосіб прямого спалювання біомаси і біопалива в топкових пристроях для отримання теплової енергії має суттєві недоліки, які не сприяють його поширенню і розвитку альтернативної біоенергетики.

На сьогодні гостро стоїть проблема ефективного генерування штучного газу шляхом термохімічного оброблення біомаси і використання такого газу для отримання біоенергії. Генераторний газ, аналогічний за агрегатним складом найбільш поширеному на сьогодні виду палива - природному газу - надає можливість максимально спростити перехід на відновлювальні джерела енергії, а також використати біопаливо для бінарного вироблення теплової й електричної енергії. Вироблення електричної енергії при цьому надає можливість скористатись одним із способів стимулювання споживання біомаси – «зеленими» тарифами для біоенергії. Але дослідження процесів газифікації біомаси і визначення параметрів роботи газогенераторів виконуються в недостатньому обсязі.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Існуючі дослідження роботи газогенераторів присвячені в основному дослідженню самого процесу газифікації біомаси [1, 2]. Основна мета, якої досягають автори, є оптимізація складу і кількості генераторного газу. При цьому критерії оптимальності можуть бути різними, тобто:

- мінімальний вміст смолистої фракції, яка може конденсуватись при охолодженні газу [3, 4];
- максимальна продуктивність роботи

газогенератора [5, 10].

– максимально можлива частка горючих компонентів газу з максимальною температурою горіння, який до того ж не призводить до утворення парникових газів [11].

Вищезазначені критерії можливо досягти за рахунок використання значної кількості енергії із зовнішніх джерел [3, 6]. При цьому кількість витраченої енергії може бути більшою за отриманий тепловий потенціал генераторного газу. Практично відсутній такий параметр оптимізації процесу газифікації, як його загальна термодинамічна ефективність або термічний коефіцієнт корисної дії, який на основі аналізу теплового балансу процесу міг би дати найбільш комплексну оцінку ефективності процесу.

**Формулювання мети і задачі.** Енергетичні (теплові) потоки і вид рівняння теплового балансу для газогенераторів відрізняється від типового паливоспалювального обладнання наявністю специфічних витрат і надходжень енергії, які ідентифікуються у ході випробувань газогенераторів.

Метою роботи є розроблення рівняння теплового балансу газогенератора на основі якого стає можливим визначення його термічного коефіцієнта корисної дії (ККД) і аналіз факторів впливу на ефективність процесу газифікації біомаси з урахуванням конструктивного різноманіття газифікаційних установок і термохімічних процесів, які в них протікають. Окремі елементи таких розрахунків наведені в [7 – 9].

### Основний матеріал

**Результати розгляду задачі.** Основною задачею процесу газифікації (газогенераторної або газифікаційної установки) є перетворення твердого

палива (біомаси) у генераторний горючий газ в результаті здійснення термохімічних перетворень.

Вирішення поставленої задачі розроблення теплового балансу було здійснене на основі виконання експериментальних лабораторних

досліджень роботи газогенератора біомаси у зрідженому шарі. У якості вихідного палива слугували пелети й тріска дерева. Схема експериментальної установки показана на рис. 1.

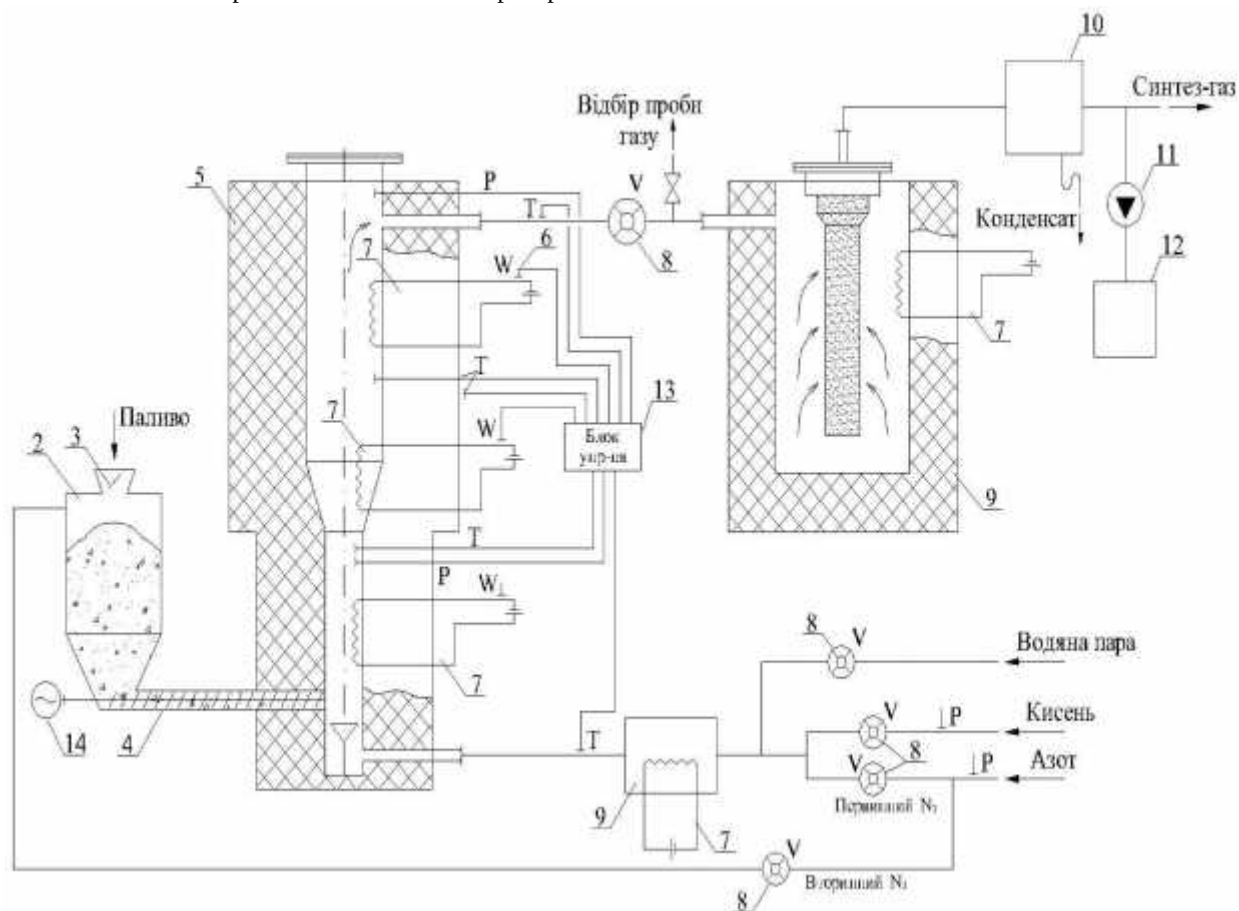


Рис. 1. Схема експериментальної установки для випробувань газогенератора (1 – реактор для газифікації біомаси; 2 – бункер для вихідного твердого палива; 3 – шибер; 4 – шнек для подачі палива; 5 – теплова ізоляція реактора; 6 – місця встановлення приладів для визначення тиску, температури, споживаної потужності; 7 – електричні нагрівальні елементи; 8 – витратоміри газів; 9 – нагрівач дуттєвої суміші; 9 – газовий фільтр; 10 – охолоджувач газу; 11 – вентилятор; 12 – газовий хроматограф; 13 – блок управління та збирання даних; 14 – привід шнека системи паливоподачі)

Експериментальна установка для газифікації біомаси надає можливість здійснити газифікацію біомаси й отримати генераторний газ, змінюючи такі фактори:

- температуру в реакційній зоні – за рахунок зміни режиму роботи електричних нагрівачів;
- вологість в реакційній зоні генератора – подачею водяної пари разом з основним дуттям;
- коефіцієнт надлишку окиснювача – зміною кількості кисню у дуттєвій суміші.

Установка надає можливість також визначити склад генераторного газу і смоли, основні параметри процесу, кількість підведеної і відведеної теплоти, інші енергетичні витрати.

Для визначення ефективності роботи газогенераторної установки або процесу газифікації за результатами їх обстеження пропонується ввести

наступні параметри, які характеризують коефіцієнт корисної дії установки або процесу за різних вихідних умов:

– термічний коефіцієнт корисної дії бруто (ККД бруто),  $\eta_{\text{гф}}^{\text{бр}}$ , част. од;

– коефіцієнт корисної дії нетто (ККД нетто)  $\eta_{\text{гф}}^{\text{нт}}$ , част. од;

– коефіцієнт використання палива установки (КВП), част. од.

Коефіцієнтом корисної дії газогенераторної установки будемо називати відношення кількості корисної енергії отриманого генераторного газу відносно загальної кількості енергії, підведеної до установки. При цьому коефіцієнт корисної дії бруто не враховує службові витрати енергії на власні потреби установки і витрати зовнішньої енергії.

Коефіцієнт використання палива (КВП) показує

ступень використання теплового потенціалу вихідного палива (біомаси), яке використовується для виробництва генераторного газу, з урахуванням ефективності роботи електро- і теплогенеруючих зовнішніх по відношенню до газогенератора пристроїв, які використовують генераторний газ у якості палива.

1. Коефіцієнтом корисної дії бруutto (ККД бруutto)  $\eta_{\text{гф}}^{\text{бр}}$  процесу газифікації або газогенераторної установки пропонується називати відношення хімічної потенціальної теплоти отриманого генераторного газу до хімічної потенціальної теплоти вихідного палива (біомаси), які використовуються для газифікації. Відносно нижчої теплоти згорання як твердого, так і газового палива цю величину можна записати як:

$$\eta_{\text{гф}}^{\text{бр}} = \frac{Q_{\text{г}}^{\text{x}}}{Q_{\text{г}}^{\text{x}}} = \frac{Q_{\text{нг}}^{\text{р}} V_{\text{г}} (1 - r_{\text{р}})}{Q_{\text{нг}}^{\text{р}} B_{\text{т}}}, \text{ част. од.} \quad (1)$$

де  $Q_{\text{гф}}^{\text{бр}}$  – коефіцієнт корисної дії газифікаційної установки бруutto, %;

$Q_{\text{нг}}^{\text{р}}$  – нижча теплота згорання генераторного газу, кДж/нм<sup>3</sup>;

$V_{\text{г}}$  – вихід генераторного газу із газифікатора, нм<sup>3</sup>;

$Q_{\text{нг}}^{\text{р}}$  – теплота згорання вихідного твердого палива (біомаси), яка використовується для газифікації, кДж/кг;

$B_{\text{т}}$  – кількість використаного для газифікації твердого палива (біомаси);

$r_{\text{р}}$  – частка генераторного газу, яка повертається до газогенератора, част. од.

Основною метою рециркуляції є покращення і інтенсифікація процесів сушки вологого вихідного палива в газогенераторі, оптимізація процесу газифікації, збільшення корисної енергії за рахунок покращення складу і збільшення виходу генераторного газу.

Для роботи газифікаційної установки, видалення генераторного газу, подачі дуттьового повітря, механізації трудомістких процесів подачі палива і видалення золи можуть знадобитись додаткові витрати енергії для приведення до дії відповідних технологічних пристроїв, димососів і вентиляторів. Такі витрати енергії відносяться до службових витрат енергії на власні потреби установки –  $Q_{\text{вл. п.}}$ . У разі використання електричної енергії необхідно здійснити її перерахунок в еквіваленту кількість теплової енергії.

Крім того, разом із фізичною і хімічною енергією твердого палива (вихідної біомаси) для роботи газифікатора може бути потрібною додаткова зовнішня енергія, наприклад, електрична для роботи електронагрівальних елементів і підтримання

необхідної температури в реакційній зоні газогенератора.

Можливо також генерування водяної пари від зовнішніх джерел енергії (у разі використання парового або змішаного дуття), нагрівання дуттьового повітря, вихідного палива і інших робочих тіл, які приймають участь у процесі газифікації від зовнішніх джерел енергії.

Такі витрати енергії будемо класифікувати як витрати зовнішньої енергії –  $Q_{\text{з}}$ . Усі вони також повинні бути приведені до еквівалентних теплових величин і враховані при визначенні ККД нетто.

Величину таких витрат енергії необхідно, по можливості, зменшувати, за рахунок раціонального проектування установки і правильної її експлуатації. Але якщо в результаті підведення до газифікатора зовнішньої енергії зростає енергетичний потенціал генераторного газу за рахунок поліпшення його складу, або збільшення виходу генераторного газу із вихідного твердого палива, то необхідно виконати оптимізацію витрат зовнішньої енергії.

Таким чином, газогенератор є енерготехнологічною установкою, в якій підведена зовнішня енергія витрачається не лише на теплові процеси (нагрівання чи випаровування вихідного палива, збільшення температури генераторного газу), але і на складні термохімічні процеси, які спричиняють зміну складу генераторного газу, його кількості і енергетичного потенціалу. Зміна умов протікання таких термохімічних процесів приводить до змін у протіканні складних ендо- та екзотермічних процесів окиснення і відновлення в робочому просторі газогенератора.

2. У ході розгляду складників теплового балансу газогенератора як, складної енерготехнологічної установки визначають величину коефіцієнта корисної дії нетто (ККД нетто), тобто ККД з урахуванням службових витрат енергії на власні потреби установки, витрат зовнішньої енергії, фізичної теплоти робочих тіл.

Визначення ККД процесу газифікації нетто методом прямого теплового балансу необхідно виконувати згідно з такою залежністю:

$$\eta_{\text{гф}}^{\text{нт}} = \frac{Q_{\text{г}}^{\text{x}} + Q_{\text{г}}^{\text{ф}}}{Q_{\text{г}}^{\text{x}} + Q_{\text{г}}^{\text{ф}} + Q_{\text{з}} + Q_{\text{вл. п.}} + Q_{\text{вл. п.}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{пов.}}} = \frac{V_{\text{г}} [Q_{\text{нг}}^{\text{р}} (1 - r_{\text{р}}) + c_{\text{р}}' t_{\text{г}}]}{B_{\text{т}} (Q_{\text{нг}}^{\text{р}} + c_{\text{т}} t_{\text{т}}) + Q_{\text{з}} + Q_{\text{вл. п.}} + Q_{\text{вл. п.}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{пов.}}}, \quad (2)$$

де  $t_{\text{г}}$  – температура генераторного газу на виході з газогенератора, °C;

$t_{\text{т}}$  – температура вихідного твердого палива на виході до генератора, °C;

$c_{\text{р}}'$ ,  $c_{\text{т}}$  – середня ізобарна об'ємна і масова теплоємності генераторного газу і вихідного палива, відповідно, з урахуванням їх температури, кДж

/м<sup>3</sup>·град, кДж/кг град. Приймаються згідно із довідниковими даними і результатами попередніх розрахунків;

$Q_T = Q_{Tx} + Q_{Tf}$  – тепловий потенціал твердого вихідного палива (біомаси) з урахуванням її хімічної енергії і фізичної енергії;

$Q_3$  – витрати зовнішньої енергії, яка необхідна для забезпечення процесу газифікації. Її наявність або відсутність визначаються балансом ендо- і екзотермічних термохімічних реакцій, а також балансом повної енергії процесів, які протікають у генераторі.

Так, наприклад, у разі збільшення вологості вихідного палива збільшуються витрати теплоти, які необхідні для випаровування води в зоні сушки генератора, збільшується частка ендотермічних реакцій відновлення. У результаті може з'явитись потреба у підведенні енергії від зовнішніх джерел;

$Q_{пов}$  – теплота дуттьового повітря, або іншого окислювального агента;

$Q_p$  – фізична і хімічна теплота генераторного газу, що рециркулює до газифікатора;

$Q_{вп}$  – теплота водяної пари на вході до генератора (у разі використання парового або змішаного дуття). Усі витрати енергії підставляються у формулу в кВт год або кДж.

3. Економічну і загальноенергетичну ефективність процесу газифікації у технологічних комплексних схемах використання генераторного газу для роздільного або спільного вироблення електричної і теплової енергії в зовнішніх по відношенню до газогенераторів пристроях, а також при використанні генераторного газу у якості дублюючого палива – заміниці природного газу, пропонується визначати за показником коефіцієнта використання палива (КВП), який рекомендується обчислювати за формулою:

$$КВП = \frac{Q_{те} + Q_{ел}}{Q_T^*} = \frac{Q_{нг}^p V_{г} \eta_{те} (1 - r_p) + Q_{нг}^p V_{г} \eta_{ел} (1 - r_p)}{Q_{нг}^p B_T} = \frac{[Q_{нг}^p V_{г} (1 - r_p)] (\eta_{ел} + \eta_{те})}{Q_{нг}^p B_T}, \quad (3)$$

де  $Q_{те}$  – кількість теплоти, яка вироблена в теплогенераторах або котлах з ефективністю  $\eta_{те}$  із генераторного газу, отриманого із твердого палива кількістю  $B_T$ ;

$Q_{ел}$  – кількість електричної енергії, яка вироблена в електрогенерувальних пристроях, з ефективністю  $\eta_{ел}$  із генераторного газу, отриманого з твердого палива кількістю  $B_T$ ;

Як видно із залежності (3) загальноенергетичну ефективність процесу газифікації і коефіцієнт використання твердого палива (біомаси) в процесі його термохімічного оброблення і отримання синтез газу можна суттєво підвищити за рахунок комплексного використання генераторного газу в

установках для комбінованого вироблення теплової і електричної енергії.

При визначенні втрат теплоти з відхідними газами виникає необхідність у визначенні витрат згенерованого газу. У виробничих умовах експлуатації газогенераторів здійснити приладове вимірювання витрат генераторного газу складно. Уміст таких компонентів, як  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  у газі є результатом складних стехіометричних і нестехіометричних реакцій окиснення, відновлення, конверсії і дисоціації. Тому запропонована залежність, яку отримано на основі розгляду масового балансу такого компонента газової суміші, який не трансформується у ході процесів газифікації. Такою незмінною складовою газової суміші є азот ( $N_2$ ), який лише у дуже незначній мірі (сотих частинах відсотків) витрачається у процесах окиснення з утворенням оксидів азоту у високотемпературній зоні газогенератора.

$$V_r = \frac{N_2^{техн} \cdot V_{техн} + V_T \alpha N_2^{пов} + 0,8 N_2^T B_T}{N_2^r (1 - r_p)}, \quad (4)$$

де  $N_2^{техн}$ ,  $N_2^{пов}$ ,  $N_2^r$ ,  $N_2^T$  – уміст азоту у технологічному газі, який може подаватись до газогенератора, в дуттьовому повітрі, у генераторному газі і твердому паливі, відповідно, част. од.;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря у генераторному газі;

$V_{техн}$ ,  $V_T$  – витрати технологічного газу і теоретичні витрати повітря на горіння, відповідно м<sup>3</sup>/год.

У роботі було отримано залежність для визначення коефіцієнту надлишку повітря для процесів газифікації. Такі методики відсутні в існуючій літературі.

Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта корисної дії процесу газифікації є результати експериментальних досліджень, що були проведені на стендовій установці, наведеній на рис. 1 і рис. 2.

У таблиці 1 наведено деякі результати експериментальних досліджень і розрахунку статей теплового балансу. У ході досліджень використовувалися пелети з хвойних порід довжиною 3 – 4 мм, діаметром 2 мм та наступного елементарного складу:  $C^p = 47,8$  % мас.;  $H^p = 5,8$  % мас.;  $O^p = 40,8$  % мас.;  $S^p = 0,01$ ;  $Cl^p = 0,03$  % мас.;  $N^p = 0,16$  % мас.;  $A^p = 0,4$  % мас.;  $W^p = 5$  % мас..

Аналіз смоли синтез-газу показав, що основними її компонентами є бензен (70...80)% та нафтален (15...20%). Величина конверсії вуглецю у горючі гази синтез-газу змінювалася від 40% до 62% та мала не лінійний характер.

## Висновки

Розрахунки за наведеними залежностями з

використанням даних, які отримані у ході експериментальних досліджень газогенератора показують, що коефіцієнт корисної дії газогенератора брутто може досягати за певних умов значень 75-80% і залежить від умов організації процесу газифікації.

Для збільшення теплової ефективності процесу газифікації пропонується наступне:

– теплова ізоляція корпусу реактора з метою скорочення втрат теплоти у довкілля;

– рекуперация теплоти генераторного газу в корпусі газогенератора з метою нагрівання окиснювача – атмосферного повітря або суміші кисню з азотом;

– оптимізація коефіцієнту надлишку повітря в реакційній зоні генератора;

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень газифікації деревини

| Параметри, які визначені у ході експерименту                      | Од.вим.            | Температура в реакційній зоні генератора, °C |                     |                     |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                   |                    | 860                                          | 900                 | 935                 |
| Теплота згорання вихідного палива                                 | кДж/кг             | 17604                                        |                     |                     |
| Витрати твердого палива                                           | кг/с               | $0,056 \cdot 10^{-3}$                        |                     |                     |
| Коефіцієнт надлишку повітря                                       | част.од            | 0,17                                         |                     |                     |
| Основні компоненти генераторного газу:                            | % об.              |                                              |                     |                     |
| CO                                                                |                    | 9,64                                         | 11,25               | 12,75               |
| H <sub>2</sub>                                                    |                    | 10,34                                        | 11,21               | 12,49               |
| CH <sub>4</sub>                                                   |                    | 1,98                                         | 1,89                | 1,78                |
| N <sub>2</sub>                                                    |                    | 72,02                                        | 70,53               | 68,62               |
| CO <sub>2</sub>                                                   |                    | 5,24                                         | 4,62                | 4,05                |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>                                     |                    | 0,57                                         | 0,34                | 0,18                |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                                     |                    | 0,14                                         | 0,13                | 0,1                 |
| Теплота згорання газу                                             | кДж/м <sup>3</sup> | 3633                                         | 3700                | 3865                |
| Витрати генераторного газу                                        | нм <sup>3</sup> /с | 10,91                                        | 11,1                | 11,45               |
| Вихід смоли                                                       | кг/с               | $1,15 \cdot 10^{-6}$                         | $8,3 \cdot 10^{-7}$ | $7,2 \cdot 10^{-7}$ |
| Вихід золи і вуглецевого залишку                                  | кг/с               | $6,7 \cdot 10^{-6}$                          | $6,5 \cdot 10^{-6}$ | $5,3 \cdot 10^{-6}$ |
| Витрати азоту                                                     | нм <sup>3</sup> /с | $0,131 \cdot 10^{-3}$                        |                     |                     |
| Витрати кисню                                                     | нм <sup>3</sup> /с | $0,086 \cdot 10^{-4}$                        |                     |                     |
| Температура на поверхні генератора                                | °C                 | 60                                           | 60                  | 60                  |
| Тепловий потенціал біомаси                                        | кВт                | 1,0                                          |                     |                     |
| Тепловий потенціал синтез-газу                                    | кВт                | 0,71                                         | 0,75                | 0,79                |
| Фізична теплота синтез-газу                                       | кВт                | 0,22                                         | 0,24                | 0,25                |
| Витрати зовнішньої енергії від електричних нагрівальних елементів | кВт                | 1,5                                          | 1,75                | 2,1                 |
| Втрати теплоти у довкілля                                         | кВт                | 1,69                                         | 1,69                | 1,69                |
| Втрати теплоти з механічним недопалом                             | кВт                | 0,23                                         | 0,23                | 0,18                |
| Втрати теплоти зі смолою                                          | кВт                | 0,05                                         | 0,03                | 0,03                |
| Надходження теплоти із дуттям                                     | кВт                | 0,11                                         | 0,11                | 0,11                |

- використання генераторного газу в системах комбінованого вироблення теплової і електричної енергії;
- використання окиснювача, збагаченого киснем із концентрацією азоту, меншою за уміст азоту у повітрі;
- рециркуляція генераторного газу в зону сушки реактора.

Запропонована методика визначення ефективності процесу газифікації надає можливість здійснити загально-енергетичну оцінку ефективності використання біомаси і сприяє впровадженню альтернативних джерел палива для отримання біоенергії.

### Список літератури

1. Сергеев, В. В. Теплоэнергетические основы промышленной слоевой газификации растительной биомассы [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.04 / В. В. Сергеев ; [Санкт-Петербургский государственный политехнический университет] . — СПб., 2009. — 32 с.
2. Братцев, А. Н. Плазменная газификация отходов как метод экономии энергии [Текст] / А. Н. Братцев, В. А. Кузнецов, А. С. Лернер и др. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2012. — № 4. — С.29-31.
3. Братцев, А. Н. Определение содержания смол в синтез-газе, полученном при воздушно-плазменной газификации древесных отходов [Текст] / А. Н. Братцев, В. А. Кузнецов, А. С. Лернер и др. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2012. — № 5. — С.33-36.
4. Романовский С.А. Горючие газы. Производство, распределение и очистка [Текст] : учеб, пособие / С.А. Романовский - Киев: Техника, 1964, - 267 с: ил.
5. Равич, М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов [Текст] / М. Б. Равич. — Изд.5-е.М: Наука, 1966. - 416 с: ил.
6. Antonopoulos, S. Modelling of a downdraft gasifier fed by agricultural residues [Text] / Antonopoulos, S., Karagiannidis, A., Gkouletsos, A., Perkoulidis, G. // Waste Management. — 2012. — № 32. — p.710-718.
7. Zainal, Z. Prediction of performance of a downdraft gasifier using equilibrium modeling for different biomass materials [Text] / Zainal, Z., Ali, R., Lean, C.H. // Energy Conversion and Management. — 2001. — № 42. — p.1499-1515.
8. Puig-Arnavat M. Modified Thermodynamic Equilibrium Model for Biomass Gasification: A Study of the Influence of Operating Conditions [Text] / Puig-Arnavat M., Carlos Bruno J., Coronas A. // Energy and Fuels. — 2012. — № 26. — p.1385–1394.
9. Zhongqing Ma. Design and experimental investigation of a 190 kW biomass fixed bed gasification and polygeneration pilot plant using a double air stage downdraft approach [Text] / Zhongqing Ma, Yimeng Zhang, Qisheng Zhang, Yongbiao Qu, Jianbin Zhou, Hengfei Qin // Energy. — 2012. — 46. — p.140-147.
10. Midilli, A. Combustible gas production from sewage sludge with a downdraft gasifier [Text] / Midilli, A., Dogru, M., Howarth, Colin R., Ling, Mike J., Ayhan Teoman // Energy Conversion & Management. — 2000. — 42. — p.157-172.
11. Skoulou, V. Syngas production from olive tree cuttings and olive kernels in a downdraft fixed-bed gasifier [Text] / Skoulou, V., Zabaniotou, A., Stavropoulos, G., Sakelariopoulos, G. // International journal of hydrogen energy. — 2008. — 33. — p.1185-1194.

Надійшла до редколегії 08.10.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Н.Л. Зоценко, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

**ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ГАЗОГЕНЕРАТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ**

В. А. Колиенко, А. М. Павленко

На основании исследований процесса газификации биомассы выполнен анализ теплового баланса газогенератора. Комплексное рассмотрение тепловых процессов газификации дает возможность оценить основные причины потерь теплоты и сформировать концептуальные подходы в вопросе определения коэффициента полезного действия процесса газификации. Анализ уравнения теплового баланса дает возможность разработать мероприятия по повышению эффективности работы газогенераторов. Предложены понятия коэффициентов полезного действия нетто и брутто для определения эффективности работы газогенератора или процесса газификации. Для повышения общей эффективности процесса газификации рекомендовано комплексное использование генераторного газа для комбинированного производства тепловой и электрической энергии.

**Ключевые слова:** газификация, биомасса, газогенератор, тепловой баланс, коэффициент полезного действия.

**THE HEAT BALANCE OF THE GASIFIER AND DETERMINE THE EFFICIENCY OF THE GASIFICATION PROCESS**

V. Koliienko, A. Pavlenko

The analysis of gasifier heat balance, based on the research of biomass gasification process is done. Comprehensive consideration of thermal gasification processes, which is done, allows to estimate reasons of heat losses and to create conceptual approaches for determining the efficiency of the gasification process. The analysis of gasifier heat balance equation gives the opportunity to develop measures to improve the efficiency of gasifiers which promotes the use of biomass as a substitute of fossil fuels. Parameters such as gross thermal efficiency, net thermal efficiency and fuel utilization efficiency are proposed in order to determine the efficiency of a gasifier or gasification process with the results of its survey for different working conditions. In conclusion, overall efficiency of gasification process and fuel utilization efficiency of solid fuel (biomass) in thermochemical biomass conversion and synthesis gas production can be improved by comprehensive using of synthesis gas and combined heat and power production.

**Keywords:** gasification, biomass, gasifier, heat balance, efficiency.