

К.: Холтех, 2010. – 248 с.

2. Про стан використання біодизеля та біоетанолу у світі та в Україні. Аналітична записка / [Електронний ресурс] / Экологические системы. Электронный журнал энергетической компании ЭСКО. – 2009. – № 6. – 19/03/2010 // Режим доступу до журн.: http://esco-ecosys.narod.ru/2009_6/art026.htm.

3. Мировой рынок биоэтанола в 2007 году / [Електронний ресурс] / Abercade Consulting. 18/03/2010 // Режим доступу до журн.: <http://www.abercade.ru/research/analysis/425.html>.

Рассмотрены принципы производства биоэтанола путем ферментации. Проанализированы ферменты, которые берут участие в преобразовании полимеров сахаров в моносахариды с последующим преобразованием в биоэтанол и углекислый газ. Охарактеризованы существующие полисахариды, дисахариды и моносахариды. Описан процесс спиртовой ферментации.

Биоэтанол, ферментация, ферменты, полимеры сахаров, моносахариды.

Principles of production of ethanol fuel are considered by fermentation. Enzymes which take participating in transformation of polymers of sugars in monosaccharide with subsequent transformation to ethanol fuel and carbon dioxide are analysed. Existent polysaccharidess, disaccharides and monosaccharides, are described. The process of a spirit fermentation is described

Ethanol fuel, fermentation, enzymes, polymers of sugars, monosaccharides.

УДК 662.614.2: 662.767.2

ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ БІОГАЗУ

В.М. Поліщук, В.Є. Василенков, М.М. Лободко, В.С. Волошин, кандидати технічних наук

Проаналізовані способи визначення теплової цінності газоподібного палива. Запропонований експрес-метод визначення теплоти згорання біогазу.

Біогаз, природний газ, теплота згорання, тепла цінність, калориметрична бомба.

© В.М. Поліщук, В.Є. Василенков, М.М. Лободко, В.С. Волошин, 2012

Постановка проблеми. В споживанні паливно-енергетичних ресурсів в Україні домінуюча роль належить природному газу, питома вага якого в загальному використанні котельно-підного палива становить близько 54%. Однак незважаючи на те, що за запасами природного газу Україна посідає третє місце в Європі, висока енергоємність виробничих потужностей промислових підприємств в нашій державі призвела до того, що запасів власного природного газу нам ледь вистачає для задоволення 20% потреб в ньому [1]. Решту доводиться купувати за кордоном за високими цінами.

Разом із тим, в процесі господарської діяльності утворюється маса відходів (осад стічних вод, гній сільськогосподарських тварин та комет птахів, відходи скотобоєнь, молочних і цукрових заводів, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості тощо), які необхідно утилізувати. Це можна здійснювати шляхом їх анаеробної переробки, отримуючи цінне органічне добриво і суміш газів (метану, вуглекислого газу, сірководню тощо), яка називається біогазом. В зв'язку із тим, що біогаз містить 60-80% метану, його можна використовувати в якості альтернативи природному газу.

Аналіз останніх досліджень. Біогаз в різні періоди метанового зброджування сировини має різний склад і енергетичну цінність. При проектуванні біогазових установок, плануванні виробництва біогазу та можливості заміни ним природного газу виникає потреба в оцінці енергетичної здатності біогазу.

Знаючи процентний вміст складових, можна за формулою Менделєєва розрахувати теплоту згорання біогазу [2]:

$$Q_n = 128CO + 108H_2 + 234H_2S + 339CH_4 + 589C_nH_m ; \quad (1)$$

де Q_n – нижча теплота згорання біогазу, кДж/м³; CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m – склад газоподібного палива, відсотки за об'ємом при нормальних умовах (0°C, тиск 760 мм рт.ст.).

Однак для цього необхідно мати газоаналізатор, здатний визначити склад біогазу в широких межах. Одним із найбільш дешевих є газоаналізатор виробництва НПО Хімавтоматика (м. Москва) "Кедр", одноканальний варіант якого (для вимірювання вмісту одного газу) коштує близько 40 тис. грн. Крім того, маса даного приладу перевищує 10 кг, тому можуть існувати проблеми з оперативним переміщенням його до місця вимірювання.

Існує спосіб визначення теплоти згорання за допомогою калориметра. Суть калориметричного способу визначення теплоти згорання палива полягає в тому, що при спалюванні певної кількості палива у спеціально закритих камерах калориметричних установок, тепло продуктів згорання передається воді і при цьому теплоту згорання оцінюють за підвищенням температури в калориметрі. Для цього калориметричну судину, заповнену калориметричною

речовиною, розміщують в ніші термостата, встановлюють температуру термостата рівною 28,2°C, продувають камеру згорання і запалюють досліджуваній газ. У калориметричному досліді виділяють три періоди:

– початковий, тривалістю близько 20 хв, при якому встановлюється початковий хід калориметра;

– головний, як правило, тривалістю близько 40 хв, з яких 15-20 хв приходяться на спалювання газу, внаслідок чого температура калориметричної судини зростає приблизно на 3°C, а час, що залишився, йде на досягнення стаціонарної рівноваги між калориметричною судиною і оболонкою;

– кінцевий період тривалістю близько 20 хв для встановлення ходу калориметра після закінчення головного періоду.

Протягом всіх трьох періодів проводиться вимірювання температури калориметричної судини платиновим термометром опору. Отримані дані використовуються для встановлення точного значення виправленого підйому температури [3].

Розрахунок теплоти згорання виконується за рівнянням [3]:

$$n \cdot \Delta H = C \cdot \Delta T \quad (2)$$

де ΔH – питома ентальпія згорання газу, кДж/моль; n – кількість згорілого газу, моль; C – енергетичний еквівалент калориметра, що встановлюється заздалегідь в результаті градування, кДж/К; ΔT – виправлений підйом температури, тобто зміна температури калориметричної судини з урахуванням поправки на теплообмін, К.

Калориметричний спосіб визначення теплоти згорання визначається високою точністю. Разом із тим, він дуже дорогий. Так, наприклад, вартість адіабатичного бомбового калориметра АБК-1 становить 250 тис. грн.

Мета досліджень. Тому існує потреба в застосуванні менш точного, але більш простого способу вимірювання теплоти згорання біогазу.

Результати досліджень. Запропонований спосіб визначення теплоти згорання біогазу полягає в тому, що алюмінієва місткість, заповнена певним об'ємом воли (1 л), в кришку якої вмонтований ртутний термометр, підігрівається на газовій плитці, підключеній до газгольдера біогазової установки. По термометру заміряється початкова температура води в місткості, а після згорання певного об'єму біогазу (фіксується по шкалі, закріпленій на рухомому поршні газгольдера), – кінцева температура. Нижча теплота згорання біогазу визначається за формулою:

$$Q_n = \frac{c_v \cdot V_v \cdot \rho_v \cdot (t_2 - t_1)}{V_{\text{біог}}}, \quad (3)$$

де Q_n – нижча теплота згорання біогазу, Дж/м³; c_e – питома теплоємність води, Дж/(кг·К); V_e – об'єм води, залитий в місткість, що підігрівається, м³; $V_{\text{біог}}$ – об'єм біогазу, що спалюється, м³; ρ_e – густина води, кг/м³; t_1 – початкова температура термометра, °С; t_2 – кінцева температура термометра, °С.

Враховуючи, що питома теплоємність води c_e становить 4200 Дж/(кг·К), густина води ρ_e – 1000 кг/м³, а об'єм води, залитий в місткість, що підігрівається V_e – 1 л (10⁻³ м³), формула (2) може біти представлена в вигляді:

$$Q_n = 4200 \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{V_{\text{біог}}} \quad (4)$$

Теплота, що виділяється при згоранні біогазу в конфорці газової плити йде на нагрівання води в алюмінієвій місткості і розсіюється в навколишнє середовище. Втрати теплоти в навколишнє середовище можна вважати системною похибкою досліду. Однак аналогічні втрати теплоти будуть спостерігатись при нагріванні місткості, заповненої водою, шляхом спалювання природного газу. Разом із тим, нижча теплота згорання природного газу, що поставляється споживачам, згідно ГОСТ 5542-87 повинна бути не менше 31,8 МДж/м³ [4].

За запропонованою методикою була визначена теплота згорання природного газу, що поставляється споживачам м. Києва. Дослідження проводились в трьох повторностях. Об'єм води в місткості становив 2 л. Початкова та кінцева температура води, об'єм природного газу за лічильником, затрачений на її нагрівання, та розрахована за формулою (3) кількість теплоти, що йде на підігрівання води в місткості при спалюванні певного об'єму природного газу, наведена в табл. 1.

1. Визначення кількості теплоти, що йде на нагрівання 2 л води з температури t_1 до температури t_2 при спалюванні певного об'єму природного газу.

Температура води в місткості		Об'єм природного газу, м ³	Кількість теплоти, затрачена на нагрівання 2 л води з температури t_1 до t_2 , МДж/м ³
Початкова t_1	Кінцева t_2		
17,5	51,5	0,013	22,0
17,0	51,5	0,014	20,7
16,5	51,5	0,014	21,0

Середнє значення кількості теплоти, затраченої на нагрівання 2 л води з температури t_1 до t_2 , при спалюванні визначеного об'єму природного газу становить 21,2 МДж/м³. Отже, із 31,8 МДж/м³ теплоти згорання природного газу 21,2 МДж/м³ затрачається на

підігрівання води в місткості, а 10,6 МДж/м³ втрачається. Звідси можна визначити поправочний коефіцієнт К, що буде враховувати системну похибку, викликану втратами теплоти в навколишнє середовище:

$$K = \frac{31,8}{21,2} = 1,5.$$

З врахуванням визначеного поправочного коефіцієнта формули (2) і (3) набувають вигляду:

$$Q_n = \frac{K \cdot c_g \cdot V_g \cdot \rho_g \cdot (t_2 - t_1)}{V_{\text{біог}}} = 6300 \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{V_{\text{біог}}}. \quad (5)$$

Висновок. Отже, шляхом введення поправочного коефіцієнта, що враховує системну похибку вимірювання, запропонований експрес-метод дозволяє швидко визначати теплоту згорання біогазу.

Список літератури

1. *Поліщук В.М.* Сучасний стан світового та вітчизняного паливно-енергетичного комплексу / *В.М. Поліщук, Т.О. Білько* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 1. – С. 205–215.
2. *Енергобіотехнологія.* Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Енергобіотехнологія" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації зі спеціальності 6.092900 "Екобіотехнологія" / *М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук* та ін. – К.: Видавничий центр НАУ, 2010. – 28 с.
3. *Пат.* 2169361 Российская Федерация, МПК³ G01N25/22. Калориметрический способ прецизионного измерения теплоты сгорания природного газа и других видов газообразного топлива / *Александров Ю.И.; Беляков В.И.*; заявитель и патентообладатель: Государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева". – №99124710/28; заявл. 22.11.1999; опубл. 20.06.2001, Бюл. №23 (II. ч.).
4. *ГОСТ 5542-87.* Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия / [Действителен от 1988-01-01]. – М.: ИУС "Государственные стандарты", 1993. – № 2. – С. 16 – (Межгосударственный стандарт).

Проанализированы способы определения тепловой ценности газообразного топлива. Предложен экспресс-метод определения теплоты сгорания биогаза.

Биогаз, природный газ, теплота сгорания, тепловая ценность, калориметрическая бомба.

The different methods to determine heating value of gaseous fuels. Propose rapid method for determining heat of combustion of biogas.

Biogas, natural gas, heating value, thermal value, calorimeters bomb.