

DOI 10.31891/2307-5732-2020-289-5-7-13

УДК 631.576.331.2:535

Н.М. ЗАЩЕПКИНА, В.І. АРТЕМЧУК

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КОНТРОЛЬ ВИХОДУ МЕТАНУ У БІОЕНЕРГЕТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Біоенергетика є однією з найперспективніших складових відновлювальної енергетики України. Вона заснована на використанні енергії біомаси – вуглецевмістких органічних речовин рослинного та тваринного походження. Біомаса, на відміну від інших відновлюваних джерел енергії, є універсальним джерелом енергії, яке може використовуватися як для виробництва електричної та теплової енергії, так і для отримання біопалива на транспортні потреби. На сьогодні скорочення використання природного газу – одна з найактуальніших тем для економіки України, тому пошук альтернативних джерел енергії та впровадження енергозберігаючих технологій є актуальною задачею, оскільки дозволяє зменшити її залежність від імпортованих енергоносіїв та підвищити енергетичну безпеку. Енергетичні ресурси в наш час потрібні для різних галузей промисловості та забезпечення індивідуальних потреб людей. Виробництво та використання біогазу у якості джерела енергії є одним із важливих напрямків розвитку «зеленої енергетики» у аспекті створення нових відновлюваних джерел енергії. За останні роки значно зростає актуальність процесів виробництва біогазу та раціонального використання відходів сільськогосподарського виробництва. Особливе місце посідає в нетрадиційній енергетиці переробка біомаси (органічних, сільськогосподарських і побутових відходів) метановим шумуванням з одержанням біомаси та твердого залишку, яке використовують як найякісніше добриво. Це проявляється не тільки у збільшенні кількості нових біогазових установок, але і в зацікавленості в Україні цим напрямком все більшого числа фермерів, комунальних господарств, приватних господарств та державних контролюючих органів.

Метою роботи є контроль виходу метану у біоенергетичному виробництві. Вибрано інфрачервоний абсорбційний метод аналізу метану для розроблення вимірювання первинного перетворювача розроблена схема комбінована структура первинно вимірювального перетворювача газоаналізатора. Використовуваний метод та засіб завдяки високій чутливості та вибірковості та достатній точності вимірювання концентрацій метану в широкому діапазоні є актуальним. Виробництво біогазу відповідає умовам «зеленої енергетики» та дозволяє підвищити енергетичну незалежність точкових споживачів зрідженого газу, а також, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема тваринництва, що покращує екологічну ситуацію.

Ключові слова: біомаса, енергія, біогаз, метанове бродиння, оптико-абсорбційний аналізатор.

N. ZASHCHEPKINA, V. ARTEMCHUK,

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

METHANE YIELD CONTROL IN BIOENERGY PRODUCTION

Bioenergy is one of the most promising components of renewable energy in Ukraine. It is based on the use of biomass energy - carbon-containing organic matter of plant and animal origin. Biomass, unlike other renewable energy sources, is a universal energy source that can be used for the production of electricity and heat, as well as for the production of biofuels for transportation. Today, reducing the use of natural gas is one of the most pressing issues for Ukraine's economy, so the search for alternative energy sources and the introduction of energy-saving technologies is an urgent task. The use of renewable energy sources, primarily biomass, is relevant for Ukraine, as it reduces its dependence on imported matter and increases energy security. Energy resources are now needed for various industries and to meet the individual needs of people. Production and use of biogas as an energy source is one of the important areas of development of "green energy" in terms of creating new renewable energy sources. In recent years, the relevance of biogas production processes and the rational use of agricultural waste has increased significantly. A special place in non-traditional energy is the processing of biomass (organic, agricultural and household waste) by methane sludge to obtain biomass and solid residue, which is used as the highest quality fertilizer. This is manifested not only in the increase in the number of new biogas plants, but also in the interest in Ukraine in this area of an increasing number of farmers, utilities, private farms and state regulatory authorities. The aim of the work is to control the methane yield in bioenergy production. The infrared absorption method of methane analysis is chosen to develop the measurement of the primary converter, the scheme of the combined structure of the primary measuring converter of the gas analyzer is developed. The method and tool used, due to the high sensitivity and selectivity, and sufficient accuracy of measuring methane concentrations in a wide range is relevant. Biogas production meets the conditions of "green energy" and allows to increase the energy independence of point consumers of liquefied gas, as well as to solve the problems of waste disposal, including livestock, which improves the environmental situation.

Key words: biomass, energy, biogas, methane fermentation, optical absorption analyzer.

Вступ

Екологічна безпека є важливою частиною національної безпеки всіх країн. Вона складається із взаємопов'язаних компонентів а саме: природної та техногенної безпеки. Згідно з останніми дослідженнями, вже до кінця ХХІ століття може виникнути проблема вичерпання основних видобувних енергоносіїв, таким чином, енергія із відновлювальних ресурсів набуває все більшої актуальності в усьому світі.

Сучасна енергетика має переломний період зросту та водночас очікування неминучих якісних змін. Стрімке зростання енергоспоживання відбувається в умовах виснаження та удорожчання основного світового енергетичного ресурсу, що забезпечує майже 40% світового енергоспоживання – нафти, і складності пошуку адекватної їй заміни. Великий вплив на збільшення парникового ефекту впливають викиди вуглекислого газу.

У більшості розвинених країн масштаби використання «зеленої енергетики» стрімко зростають та отримують всебічне сприяння та підтримку на держаному рівні: податкові послаблення, спрощений режим ввозу необхідного для роботи «зеленої енергетики» обладнання, пільгові умови продажу підприємствами галузі виробленого продукту, довготермінові контракти із державними профільними агентствами.

Поновлювальні або альтернативні джерела енергії – це джерела енергії природного походження, які постійно поповнюються. До них відносяться:

- біопалива (біодизель, біогаз, генераторний газ, брикети і гранули з відходів деревини, соломи, лузги та інших);
- енергія сонця (сонячні колектори);
- енергія вітру (вітрогенератори);
- енергія води (гідроелектростанції);
- геотермальна енергія;
- енергія біомаси.

Слід зазначити, що цінність окремих технологій відновлюваної енергетики визначається тим, яку кількість традиційних енергоресурсів вони можуть замінити. ГЕС, вітроелектричні станції, фотоелектричні установки можуть виробити майже втричі більше електроенергії, ніж отримують за рахунок спалювання викопного палива. Це відбувається шляхом прямого перетворення механічної в електричну енергію без додаткового використання теплової енергії за рахунок спалювання енергоносіїв.

Біоенергетика є однією з найперспективніших складових відновлюваної енергетики України. Вона заснована на використанні енергії біомаси вуглецевмісних органічних речовин рослинного та тваринного походження (деревина, солома, рослинні залишки сільськогосподарського виробництва, гній тощо). В той же час, виробництво енергії з біомаси потребує створення систем контролю виробництва для адитивного використання біоресурсів та оптимізації технологічного процесу.

Постановка проблеми

Широке коло альтернативних джерел енергії є перспективними у точковому виробництві енергії, а саме отримання енергії із біомаси, біогазу із органічних відходів, біогазу що утворюється при роботі каналізаційно-очисних станцій. Все більшого розповсюдження набуває використання вторинних енергетичних ресурсів, до яких належать доменний та коксівний гази, газ метан що утворюється при дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [1–3].

Найбільшими споживачами паливно-енергетичних ресурсів є аграрні підприємства, тому гострою необхідністю є впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій, зорієнтованих на виробництво біологічних видів палива [1]. Виготовлення біогазу є ефективною та інвестиційно привабливою технологією, що зумовлюється наявністю значного сировинного потенціалу, сприятливими природнокліматичними умовами та низьким рівнем собівартості даного виду енергії.

Вихідною речовиною для виробництва біогазу є біомаса – органічна речовина рослинного або тваринного походження, яка може використовуватися в якості альтернативного джерела енергії. Стандартними біомасами є: деревина, солома, осад стічних вод, комунальні відходи. Велика кількість біомаси утворюється при виробництві і переробці продукції. Біогаз, що утворюється із відходів тваринного походження, отримують шляхом ферментації тваринного посліду. Видобувати, біогаз можна з відстоїв органічних стоків, органічних відходів зі сміттєзвалищ. Біомасою є також піролізний газ, що використовується для роботи двигунів внутрішнього згорання. За статистикою, світові ресурси біомаси є джерелом приблизно 44 ЕДж енергії на рік. Підтверджені ресурси біомаси у світі становлять близько 276 ЕДж за рік [4].

Метанову бродінню піддається сировина, яку можна поділити на три категорії:

- сільськогосподарську: гній, енергетичні культури, гноївка, залишки біомаси та ін.;
- промислову: відходи скотобоєнь, молочних і цукрових заводів, крохмаль, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості та ін.;
- господарську: органічні відходи, комунальні стоки та ін.

Ферментаційний матеріал можна також розділити на основний (ферментація якого може протікати самостійно, без додавання інших речовин) та допоміжний [1].

Головним ферментаційним матеріалом є гній, гноївка, молода трава, а допоміжним – відходи від переробки фруктів, органічні відходи, залишки їжі, жири, меляса, органічні продукти, що розкладаються природно (біологічним шляхом), господарські стоки тощо [1].

Один із способів виробництва енергії з біомаси – отримання біогазу шляхом анаеробного ферментативного бродіння. Утворений газ являє собою суміш що містить 65% метану, 30% вуглекислого газу, 1% сірководню і незначну кількість азоту і водню.

Зважаючи на структуру енергетичних ресурсів України і обсяги виробництва та використання енергії, переваги біогазу, що містить метан, перед природним газом є вагомими. Тому актуальним є контроль технологічних процесів його виробництва і застосування в промисловості та побуті.

Виклад основного матеріалу

Біогаз – це газ, який виробляється із органічних відходів в процесі ферментації або піролізу і має склад, подібний до природного газу: до 98% метану, а також містить сірководень, вуглекислий газ, воду тощо [2].

В природі Землі метан досить поширений. Горючі природні гази складаються на 90–97 % з метану. Під назвою «рудниковий газ» метан нагромаджується у вугільних шахтах, внаслідок виділення з пластів вугілля і супутніх порід, в яких знаходиться у вільному та зв'язаному вигляді.

З повітрям метан утворює вибухові суміші. При вмісті в повітрі до 5-6 % метан горить біля джерела тепла (т-ра запалення 650–750 °С), при вмісті 5–15,2(16)% – вибухає, понад 16 % – може горіти при припливі кисню, зниження при цьому концентрації метану вибухонебезпечне.

Основний компонент природних 77–99 %, супутніх нафтових 31–90 %, рудникового та болотного газів. Є парниковим газом. Метан має слабку наркотичну дію. ГДК 300 мг/ м³. Фізико-хімічні властивості метану CH₄ наведені в таблиці 1 [2].

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості метану CH₄ як продукту біоенергетичного виробництва.

Брутто-формула (система Хилла)	CH ₄
Молекулярна маса (в а.е.м.)	16,04
Температура плавлення (в °С)	-182,48
Температура кипіння (в °С)	-161,49
Показник дисоціації	pKa (1) = 40 (20 С, вода)
Діелектрична проникність	1,7 (-173°С)
Дипольний момент молекули (у дебаях):	0 (20°С)
Бруто-формула (система Хилла)	CH ₄
Питома теплоємність при постійному тиску (у Дж/г·К)	2,22 (°С)
Стандартна ентальпія утворення ΔH (298 ДО, кДж/моль)	-74,85 (г)
Стандартна енергія Гіббса утворення G (298 ДО, кДж/моль)	-50,79 (г)
Стандартна ентропія утворення S (298 ДО, Дж/моль·К)	186,19 (г)
Стандартна мольна теплоємність Ср (298 ДО, Дж/моль·К)	35,71 (г)
Ентальпія плавлення ΔH пл (кДж/моль)	0,94
Ентальпія кипіння ΔH кип (кДж/моль)	8,178
Температура самоzapалювання на повітрі (°С)	537
Теплота згоряння Qp (кДж/моль)	882
Критична температура (в °С)	-82,3
Критичний тиск (у Мпа)	4,71
Критична щільність (у г/см ³)	0,162
Теплопровідність (10 ⁻⁷ кал/см-1- с-1град-1)	721

Переваги біогазу що містить метан, порівняно із природним газом, полягають в наступному:

– Біогаз видобувається із біологічної сировини, тобто його виробництво і спалювання є частиною природного циклу вуглецю, що не приводить до накопичення природного газу в атмосфері і парникового ефекту. Природний газ добувається з глибини землі, він не є частиною атмосфери, отже, при його спалюванні відбувається накопичення вуглекислого газу.

– Біогаз є відновлювальним джерелом енергії, це означає що він ніколи не вичерпається. Так як запасів природного газу і нафти при стрімкому використанні вистачить не більше, ніж на 70–100 років.

– Сировина для біогазу знаходиться поблизу споживача й неподалік від заводів. Відпадає необхідність перевезення газу на великі відстані.

Серед наведеного переліку технологічних рішень використання альтернативних джерел енергії, найбільш актуальними по критерію «затрати – отриманий результат» є саме методи виробництва енергії із біомаси: газифікація біомаси (деревини); переробка відходів життєдіяльності тварин і компосту у рослинництві; метод прямої конверсії біомаси в паливо; метод хімічної обробки рослинного масла або тваринних жирів; метод вирощування і переробки водоростей.

Аналізуючи методи виробництва енергії із біомаси можна необхідно звертати увагу на технологічні умови. В першу чергу, це температура та тиск проходження процесів, кількісний та якісний контроль складу продукту, що отримують на виході технологічних установок.

Процес енергетичного виробництва з біомаси повинен включати максимально автоматизовану систему контролю параметрів технологічного процесу, основні показники яких зазначено на таблиці 2.

Таблиця 2

Методи виробництва та обґрунтування показників системи контролю виходу метану в біоенергетичному виробництві.

Методи визначення енергії	Характеристика і умови	Продукти що утворюються
Газифікація (деревини)	Піроліз деревини Температура 200С до 900С	CH ₄ 50 – 70% CO ₂ 30 – 40% CO, H ₂
Виробництво біогазу з сільсько-господарських продуктів (солончаки)	Ферментація мікроорганізмами метаногенами	CH ₄ 50 – 70% CO ₂ 30 – 40%

Методи визначення енергії	Характеристика і умови	Продукти що утворюються
зернових, хлібів, стебла кукурудзи, гичка цукрових буряків, картопляне бадилля)	(процес метаногенезу) Температура 800С	H ₂ , NH ₃ , NO NO ₂ – 0,2 – 0,4%, H ₂ S – 6 г/100 м ³
Пряма конверсія біомаси (целюлози)	Селективний каталітичний піроліз на целолітному каталізаторі Температура 600С	CO, CO ₂ і вода (H ₂ O)
Хімічна обробка рослинного та тваринного жиру	Біодизельно паливо Температура 200С до 900С	CO, CO ₂ , SO ₂ та CH ₄
Вирощування і переробка водоростей	Бродіння в спирт або метан Температура 700С	Спирт та метан

Методи вимірювання концентрації метану можна розділити на механічні, акустичні, теплові, магнітні, оптичні, іонізаційні, мас-спектрометричні, електрохімічні, напівпровідникові.

В оптичних методах вимірюють оптичну щільність (абсорбційні методи), інтенсивність випромінювання (емісійні методи), коефіцієнт заломлення (рефрактометрія).

Широко використовується оптико-акустичний метод, заснований на пульсації тиску газу в приймачеві випромінювання при поглинанні переривчастого потоку випромінювання, що пройшов через аналізований газ. Метод дозволяє визначати CO, CO₂, CH₄, NH₃, SO₂, ряд органічних сполук.

Абсорбційні методи, засновані на вимірі селективного поглинання ІК, УФ або видимого випромінювання контрольованим компонентом, застосовують для вибіркового визначення NO₂, O₃, H₂S, SO₂, CS₂, формальдегіду, фосгену, Cl₂, парів Hg, Na, Pb та інших. Метод оптично-абсорбційного аналізу сполук метану використовується також для моніторингу вмісту сполук відпрацьованих газів ДВЗ, особливо їхніх токсичних компонентів [3].

У більшості абсорбційних методів у якості джерела випромінювання застосовуються лампи розжарювання, ртутні, водневі, ртутно-кадмієві, кадмієві, ніхромові спіралі.

Однак, у даний час більшість ІЧ аналізаторів працюють, в основному, у ближній, та частково, у середній області ІЧ спектра, а використання більш довгохвильової частини спектра обмежена відсутністю надійних джерел та приймачів випромінювання, дешевих та загальнодоступних оптичних матеріалів та ін. Усе це знижує надійність аналізаторів при експлуатації, а в окремих випадках виключає їхнє застосування зовсім.

Тому однією з основних задач ІЧ аналізу є розробка спеціальних фільтрів ІЧ випромінювання, що дозволяє виділити вузькі ділянки спектра властиві певній газовій компоненті, при цьому володіючи мінімальним коефіцієнтом поглинання ІЧ-випромінювання. Вимірювачі повинні володіти великою потужністю випромінювання джерел світла та приймачами випромінювання з високою чутливістю в області довжин хвиль до 20 мкм.

В той же час, широкі аналітичні можливості ІЧ методу, висока вибірковість, заснована на використанні характерних для речовин смуг поглинання ІЧ енергії та висока селективна чутливість виділяє його серед інших фізичних та фізико-хімічних методів (кулонометрії, кондуктометрії та т.д.) та робить цей метод найбільш широко застосованим у різних галузях промисловості [4–10].

Метод оптично-абсорбційного аналізу сполук метану має ряд переваг, порівняно з іншими методами. Перевагами абсорбційного методу аналізу в ІЧ області спектру є:

- висока швидкість;
- висока селективність;
- можливість автоматизації процесу вимірювання, а також сполучення з ЕОМ;
- широкий діапазон вимірювання концентрацій окису вуглецю та вуглеводнів;
- висока точність вимірювання.

Визначення сполук речовин інфрачервоним методом, вирішують багато задач у різних галузях промисловості, таких як хімічна, металургійна, нафтова і інше [3].

Інфрачервоний метод має широке застосування для визначення різних речовин та, у першу чергу, органічних сполук при малих та великих концентраціях їх у газових сумішах.

ІЧ метод аналізу базується на основному законі поглинання електромагнітного випромінювання – законі Бугера-Ламберта-Бера [7]:

$$\Phi = \Phi_0 e^{-z_y \lambda c l} = \Phi_0 e^{-D} \quad (1)$$

де Φ_0 – інтенсивність світлового потоку; Φ – інтенсивність світлового потоку після проходження шару речовини; z_y – коефіцієнт поглинання; c – концентрація; l – товщина шару; D – оптична густина речовини.

Враховуючи можливості ІЧ техніки, основним діапазоном аналізу складу речовин рахують область ІЧ спектра до 15 мкм. Тому розбивши цей діапазон на три під діапазони: до 5 мкм, 5-10 мкм; 10-15 мкм, можна класифікувати аналізовані речовини, у залежності від розміру поглинання ІЧ енергії, узявши за основу три групи по величині поглинання: I – 70-100 %; II – 40-70%; III – до 40%.

Основою задачею ІЧ методу є найбільш повне забезпечення аналізу складу речовин І групи з максимальною точністю та хоча б часткове груп ІІ та ІІІ, для речовин, що не ввійшли у групу І.

За попередніми даними, що в деяких випадках, особливо в піддіапазонах до 5 мкм та від 5 до 10 мкм, відбувається перекриття областей поглинання (або дуже близьке їхнє розташування) ІЧ енергії різними речовинами (наприклад: окис та двоокис вуглецю та окису азоту та ін.), що в більш довгохвильовому діапазоні майже не спостерігається. Тому потрібне використання спектральних фільтрів ІЧ-випромінювання, що дозволяє виділити вузькі ділянки спектру властиві вибраному газовому компоненту, при цьому володіючи мінімальним коефіцієнтом поглинання [4].

Розглянувши промислові зразки доступних в Україні вимірювачів сполук C_xH_y , та можна зробити висновок, що всі вони містять в собі випромінювач, світлофільтр, вимірювальну кювету, об'єктив та підсилювач. Було враховано використання стабілізації нульових показів газоаналізатора (ГА) за рахунок автоматичної корекції напруги джерела ІЧ-випромінювання, схемні рішення багатоканального ІЧ газоаналізатора, газоаналізатору з подвійним ходом променя.

Отже, для проектування газоаналізатору контролю виходу метану у біоенергетичному виробництві було вибрано 2-канальну різницеву схему порівняння сигналів вимірювальної інформації на виході зразкового та основного вимірювального каналів.

Схема комбінована структурна інфрачервоного аналізатору контролю концентрації CH_4 у виході біоенергетичного виробництва наведена на рисунку 1.

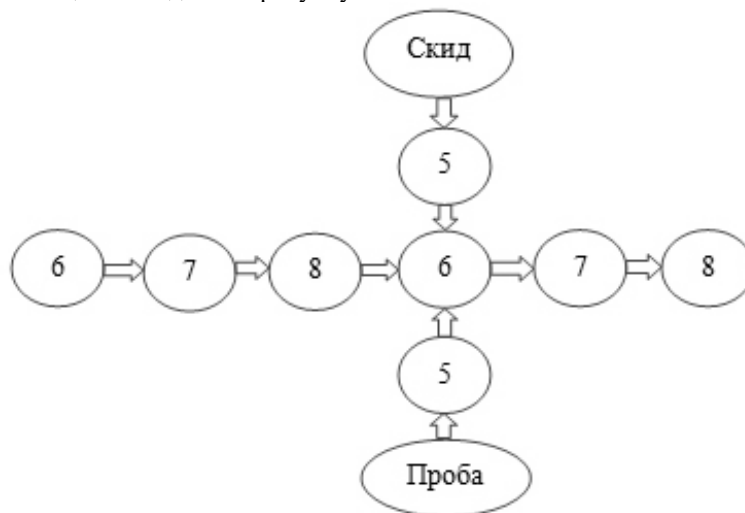


Рис. 1. Схема комбінована структурна оптико-абсорбційного аналізатора CH_4 : 1 – джерело випромінювання; 2 – оптична система випромінювача; 3 – модулятор з світлофільтрами; 4 – система підготовки проби; 5 – система утилізації проби; фотоприймальний пристрій; 6 – попередній підсилювач

На початку вимірювань проба від пробовідбірника потрапляє в систему підготовки проби, там вона фільтрується від мікрочастинок бруду та пилу. Наступний етап включає внесення аналізованої суміші у вимірювальну кювету, потім в систему утилізації проби, де відбувається фільтрація газоповітряної суміші від шкідливих речовин для подальшого скиду газу в оточуюче середовище.

Потік ІЧ-випромінювання проходить через вимірювальну кювету, де його частина поглинається аналізованим газом. Потім, випромінювання потрапляє на робочий та порівнювальний світлофільтри, які вбудовані у модулятор. Робочий світлофільтр пропускає довжину хвилі, яка поглинається вимірювальним газом CH_4 , а порівнювальний світлофільтр пропускає довжину хвилі, яка буде відповідати нульовому газу. Після інтерференційних фільтрів модульоване випромінювання, по черзі із вимірювального та порівняльного каналів поступає на фотоприймач, де здійснюється перетворення його в електричний сигнал. Далі за допомогою оптопарі відбувається синхронізація даних двох сигналів – різницеве зрівняння.

Після обробки у фотоприймачі, аналоговий сигнал вимірювальної інформації потрапляє на попередній підсилювач, де він підсилюється до необхідного значення по струму чи напрузі. Підсилений сигнал потрапляє на вторинний вимірювальний перетворювач.

У якості джерела інфрачервоного випромінювання в аналізаторі використовуються відкриті або ізольовані від навколишнього середовища провідники, що нагріваються електричним струмом, з металів, що мало окислюються, і сплавів, таких як ніхром, платина та ін. Тому, вибираємо ніхромову спіраль у вигляді циліндричного тіла розжарювання з поперечним перерізом 0,3 мм. Споживана потужність тіла розжарювання складає 4 Вт, опір – приблизно 1 Ом. Вибір обґрунтовано дешевизною та простотою конструкції.

Розрахована потужність випромінювача з умов економічності напруги та умов розроблення такого елемента ПВП, в якому розміри і маса будуть мінімальні, буде складати:

$$P = I^2 R = 4 \cdot 1 = 4 \text{ [Вт]}, \quad (2)$$

де P – споживана потужність випромінювача; $I = 2$ А, сила постійного струму в колі первинного вимірювального перетворювача (ПВП); $R = 1$ Ом – опір ніхромового дроту;

$$R = \frac{\rho l}{S} \quad (3)$$

де $\rho = 0,06$ Ом/мм – питомий опір провідника; l – довжина провідника; $d = 0,3$ мм, – діаметр провідника.

Розрахована довжина ніхромового дроту, необхідна для виготовлення нагрівального елемента випромінювача буде складати:

$$l = \frac{Rd}{\rho} = \frac{1 \cdot 0,3}{0,06} = 50 \text{ [мм]}. \quad (4)$$

Для отримання максимального потоку випромінювання нагрівальний елемент необхідно розташувати у фокусі увігнутого віддзеркалювача, діаметр якого дорівнює діаметру кювети відповідно до структурної схеми рисунку 1.

Світлофільтр вибрано за такою характеристикою як коефіцієнт пропускання, що має бути максимальним. Найбільше поставленій умові відповідають смугові інтерференційні фільтри, які складаються з декількох діелектричних шарів накладених по чергово. Такі фільтри дозволяють отримати дуже вузькі смуги в інфрачервоній із найвищим коефіцієнтом пропускання 0,85.

У ІЧ-аналізаторах найчастіше використовуються піроелектричні приймачі ІЧ випромінювання їх перевагами є: велика швидкодія при високій пороговій чутливості; велике значення коефіцієнту перетворення; великий динамічний діапазон; не потребують джерел живлення.

Використано приймач оптичного випромінювання піроелектричний МГ-30, який призначений для реєстрації та вимірювання модульованого випромінювання в діапазоні $\lambda = 2 \dots 20$ мкм та перетворення енергії модульованого випромінювання в електричний сигнал.

Смуга пропускання фотоприймача визначається:

$$R \cdot \Delta f = k \Delta f, \quad (5)$$

де Δf – зміна частоти; k – коефіцієнт при квадратній формі імпульсу.

Функція перетворення первинного перетворювача має вигляд:

$$U_{\text{вих}} = K_{\text{вдв}} \cdot \tau_{\text{вік}}^2 \cdot \tau_{\text{кюв}} \cdot \tau_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{п}}, \quad (6)$$

де $U_{\text{вих}}$ – напруга на виході з приймача випромінювання; $K_{\text{вдв}}$ – коефіцієнт використання джерела випромінювання; $\tau_{\text{вік}}^2$ – коефіцієнт, що характеризує поглинання випромінювання віконцями кювети; $\tau_{\text{кюв}}$ – коефіцієнт пропускання кювети; $\tau_{\text{ф}}$ – коефіцієнт, що характеризує вплив світлофільтру на інтенсивність випромінювання; S – чутливість приймача випромінювання; $K_{\text{п}}$ – функція перетворення підсилювача.

Функція перетворення підсилювача – це його коефіцієнт підсилення має бути таким, щоб забезпечувати належне підсилення сигналу при мінімальній і максимальній концентрації CH_4 у всьому діапазоні [6]. Для приймача МГ-30 при чутливості $S = 1000$ В/Вт, коефіцієнт підсилення буде рівний: $K_{\text{п}}=10$.

За відсутності у кюветі аналізованого газу інтенсивність випромінювання, яка пройшла крізь робочий і опорний канали, однакова. Поява вимірюваного газу в кюветі послабить випромінювання в робочому каналі, а приймач випромінювання зареєструє модульоване різницеве випромінювання між робочим і опорним каналами, пропорційно концентрації вимірюваного газу. Далі сигнал потрапляє у блок відображення інформації, де ми маємо можливість візуально оцінити концентрацію вимірюваного компонента на цифровому або стрілочному табло.

Висновки

Виробництво біогазу дає можливість отримання енергозалежність споживачів, особливо точкових, створити нові робочі місця, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема тваринництва, покращити екологічну ситуацію. Біогаз є досить цінним серед поновлювальних джерел енергії, оскільки може застосовуватись в різних сферах електроенергетики, виробництва тепла та в якості пального, а також може вироблятися відповідно до потреб на основі наявної місцевої сировини.

Вибраний інфрачервоний метод вимірювання виходу метану у біоенергетичному виробництві є вдалим для вирішення задачі контролю його відносних концентрацій у технологічних процесах виробництва біогазу. Пропонований метод та засіб мають високу чутливість та вибірковість, достатню швидкодю, широкий діапазон вимірювання та прийнятну точність вимірювань, особливо у випадку поточної діагностики виходу метану із біомаси. ІЧ-метод забезпечує кількісне визначення сполук метану відносних концентрацій 0,1–99,9%.

Розглянута схема комбінована структурна аналізатору містить джерело інфрачервоного випромінювання на основі ніхромової нитки, кювету, інтерференційний світлофільтр, піроелектричний приймач випромінювання, модуляційний диск та попередній підсилювач. Оптично-абсорбційний аналізатор є особливо чутливим до молекул окису вуглецю та вуглеводів, що говорить про доцільність використання цього методу для визначення концентрації сполук виду CO_n та C_xH_y .

Література

1. Аналіз шляхів модернізації перемішуючого пристрою біогазової установки : навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream>
2. Альтернативні джерела енергії // Законодавство України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/TM050043.html
3. Штифорок Є.В. Інструментально-методичне забезпечення контролю викидів котелень : навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26967/1/Shtiforuk_magistr.pdf
4. Комплекс з виробництва електроенергії з біогазу, отриманого шляхом анаеробного збродження відходів сільського господарства та тваринництва : навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/3157/reports/9581285db9cfb73e2ce7364706a11e29.pdf>
5. Офіційний сайт Кабінету Міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.kmu.gov.ua
6. Академперіодика Стратегія енергозбереження в Україні : аналіт.-довід. матеріали за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – 2006. – Т.1. – 510 с.
7. Анисимова Г.М. Влияние условий загрязнения окружающей среды на репродукцию растений / Г.М. Анисимова, И.В. Лянгузова, И.И. Шамров // Эмбиология цветковых растений. Терминология и концепции / под ред. Батыгиной Т.Б. – СПб : Мир и семья, 2000. – С. 532–536.
8. Альтернативна енергетика : [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / [М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін.]. – К. : Аграр Медіа Груп, 2012. – 244 с.
9. Гелетуха Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні [Електронний ресурс] / Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. – Режим доступу : <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60547> 2010р.
10. Bookzone. Відновлювальні джерела [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bookzone.com.ua/books/31040-vidnovlyvalni-dzherela-energii>.

References

1. Analysis of ways to upgrade the mixing device of a biogas plant. Training materials online. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream> 2020.
2. Alternative energy sources. Legislation of Ukraine. URL: http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/TM050043.html 2008.
3. Shtyforuk E. V. Instrumental and methodological support for Boiler Room emission control. Training materials online. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26967/1/Shtiforuk_magistr.pdf
4. Complex for generating electricity from biogas obtained by anaerobic digestion of agricultural and livestock waste. Training materials online. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/3157/reports/9581285db9cfb73e2ce7364706a11e29.pdf>
5. Official Website of the Cabinet of Ministers of Ukraine. URL: www.kmu.gov.ua
6. KАkademperiodika strategy of energy saving in Ukraine : analytical and experimental materials edited by V. A. Zhovtyansky, M. M. Kulik, B. S. Stogniy. Moscow, 2006, Vol. 1, 510 p. (in Russian).
7. Anisimova G. M., Lyanguzova I. V., Shamrov I. I. influence of environmental pollution conditions on the reproduction of plants. Terminology and concepts. T. Z. ed.by Batygina T. B. St. Petersburg. Mir I Semya publ., 2000. P. 532-536.
8. Alternative Energy: textbook for students. higher educational institution. M. D. Melnichuk, V. O. Dubrovin, V. G. Mironenko and others. K.: Agrarian Media Group, 2012. 244 p.
9. Geletukha G.G., Zhelezna T.A. Current state and prospects of bioenergy development in Ukraine. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60547> 2010.
10. Bookzone. Renewable sources. URL: <https://bookzone.com.ua/books/31040-vidnovlyvalni-dzherela-energii>.

Надійшла / Paper received : 04.10.2020

Надрукована/Printed :27.11.2020