

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ – НОВА РИНКОВА НІША ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОРЕНТАБЕЛЬНОГО БІЗНЕСУ, СКЛАДОВА РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

На підставі аналізу наукових видань та інших джерел, висвітлюється гострота проблеми енергозабезпечення та широкомасштабного освоєння енергії нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в Україні, а також робляться спроби знайти шляхи її вирішення. Особлива увага приділяється розвитку технологій отримання біогазу (в тому числі авторській), який утворюється при утилізації відходів життєдіяльності людини і сільськогосподарських підприємств, що є одним з найважливіших напрямків в енергетичній стратегії багатьох країн світу.

Ключові слова: біогаз, альтернативні та відновлювані джерела енергії, енергозабезпечення, енергоефективність.

The importance of the problem of energy providing and widespread mastering of energy of unconventional and refurbishable energy sources in Ukraine has been determined on the basis of analysis of scientific editions and other sources, and also attempts to find the ways of its decision have been done. The special attention has been spared to development receipt technologies (including authorial) of biogas that forms during utilization of wastes of human and agricultural activity. This is one of major directions in power strategy in many countries of the world.

Keywords: biogas, alternative and renewable energy, energy, energy efficiency.

Постановка проблеми. Проблеми зміни клімату на Землі і прогнозований дефіцит органічних видів палива стимулюють розвиток альтернативних джерел енергії. Експерти, які досліджують ринок електроенергетики, прогнозують, що до 2030 року потреба в електроенергії подвоїться. Сучасна енергетика вже не може базуватись тільки на традиційних джерелах енергії, запаси яких є вкрай обмеженими. Європейський Парламент та Рада Європейського Союзу прийняли Директиву від 27 вересня 2001 року № 2001/77/ЄС про створення сприятливих умов продажу електроенергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів. На внутрішньому ринку електричної енергії це окреслюється в "Білій Книзі" про відновлювані джерела енергії з причин забезпечення надійності та диверсифікації енергопостачання, захисту довкілля та соціально-економічної єдності і має високий пріоритет у Співтоваристві.

Заплановано, що 12 % від валового національного енергоспоживання в Співтоваристві до 2015 року буде вироблено з відновлюваних енергоресурсів загального енергоспоживання.

Для створення сприятливих умов використання електричної енергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів, в Україні нещодавно прийнято розроблений Держкоменергозбереження Закон "Про альтернативні джерела енергії".

Збільшення споживання електричної енергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів, становить важливу частину пакета заходів, потрібних для дотримання Кіотського Протоколу до Рамкової Конвенції ООН про кліматичні зміни.

На виконання Указу Президента України "Про невідкладні заходи щодо забезпечення України енергоносіями та їх раціонального використання в Україні" вперше розроблено та відповідною постановою Кабінету Міністрів України схвалено Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики (Програму НВДЕ), якою було окреслено напрямки збільшення обсягів залучення до паливно-енергетичної бази України нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та характерних для кожного регіону альтернативних видів палива. Крім того, метою Програми є також створення та забезпечення необхідних умов для розробки і впровадження ефективних технологій та устаткування.

На поточний момент, за рахунок впровадження заходів з використання нетрадиційної енергетики та альтернативних видів палива, що передбачені Програмою НВДЕ та здійснюються в більшості областей України, за період 2001– 2012 р. вже видобуто та заміщено традиційних енергоносіїв на рівні 0,44 млн т у. п. (у 2009 році цей показник досягнув рівня 0,98 млн т у. п., у 2011 році – 0,108 млн т у. п., у 2012 – 0,94 млн т у. п.) які отримано за рахунок виробництва та споживання штучних горючих газів та використання вторинних енергоресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність розвитку альтернативної енергетики для України підтверджує те, що навколо цього питання об'єднують зусилля українські науковці та промисловці. Вже в восьме в Україні проводиться конференція «Енергія з біомаси» та 4-й міжнародний форум з відновлювальної енергетики і енергоефективності.

Розвитку альтернативної енергетики, та виробництва біогазу зокрема, присвячено наукові праці таких вчених, як Долінський А.А., Гелетуха Г.Г., Кернасюк Ю.В., Васькін Р.О., Калетнік Г.М., Демчак І.М., Лісничий В.М., Коненченков А.Є., Кузнецова А.В та інших.

Незважаючи на велику кількість різнопланових і масштабних досліджень, вітчизняних і зарубіжних науковців з питань виробництва біогазу, подальшого та докладнішого вивчення потребують питання еколого-економічних та технологічних аспектів отримання біогазу.

Мета дослідження – вивчення та розробка рекомендацій щодо вдосконалення технології та обладнання для отримання біогазу, акцентування уваги на еколого-економічних аспектах цього питання.

Виклад основного матеріалу. В Україні щорічно накопичується велика кількість органічних відходів, що потребують ефективної та екологічно безпечної переробки. Для багатьох компаній, що виробляють відходи птахівництва, тваринництва, рослинництва, стічні води, а також відходи переробки деревини, утилізація даних ресурсів є сьогодні проблемою № 1. Як позбутися від "багажу" відходів, не просто заощадивши на штрафах, а перетворивши утилізацію ресурсів у високоліквідний бізнес-проект?

Найбільш ефективним способом перетворення відходів у стабільний дохід є виробництво електричної та теплової енергії з біогазу. Економічно доцільний потенціал біомаси в Україні становить близько 30 млн т у.п./рік (до 15 % загального енергоспоживання). За рахунок його використання реально замінити близько 6 млрд м³ природного газу в рік вже до 2020 року. Зараз в Україні для виробництва енергії використовується до 1 млн т у.п. біомаси в рік (близько 0,5 % загального енергоспоживання). Фактори, які стимулюють розвиток біоенергетики, наведені нижче.

Продовження зростання ціни на природний газ на внутрішньому ринку України. У бюджеті 2012 закладено найвищу за всі минулі роки ціну природного газу на кордоні країни – 416 \$/1000 м³. Цьому також сприяє ряд фундаментальних довгострокових проблем в російському газовому секторі: скорочення російського газовидобування на 25 млрд м³ на рік через виснаження основних родовищ, збільшення вартості видобутку газу через збільшення частки дорогих в розробці родовищ. У підсумку природний газ буде на внутрішньому ринку неухильно дорожчати, що підвищує економічну привабливість виробництва біогазу.

Резерв потужності в електроенергетиці неухильно знижується, і мережеві компанії змушені обмежувати технологічне приєднання споживачів, що робить альтернативні варіанти електропостачання (когенерацію на основі біогазу) порівнянними за розміром капітальних витрат з мережевим електропостачанням.

Сьогодні тільки 37 % великих і середніх сільгоспвиробників мають доступ до газорозподільних мереж та 20 % – до мереж теплопостачання. На цьому тлі реалізація концепції біогазових кластерів, що дозволяють створити локальне джерело електричної і теплової енергії, є економічно привабливими проектами. Економічні переваги при застосуванні газових установок на біогазових станціях очевидні.

Поряд з виробництвом тепла газові установки пропонують можливість виробництва електроенергії, яка може бути використана для власних потреб, заводу, м'ясокомбінату, ферми, або може продаватися в загальну розподільну мережу. Виробництво електроенергії для власних потреб значно дешевше в порівнянні з покупкою її з мережі, а у разі її продажу можна скористатися вигідними тарифами для електроенергії, виробленої з альтернативних джерел енергії. Оскільки біогаз є супровідним продуктом при переробці органічних відходів, витрати з експлуатації установки будуть пов'язані тільки з відрахуваннями на обладнання і на сервісне обслуговування. Доходи будуть складатися з зекономлених коштів на тепло, електроенергію, за рахунок продажу електрики в загальну мережу і продажу добрив.

Відходи агропромислового комплексу сьогодні утилізуються менш ніж на 20 %. Це призводить до проблем окислення ґрунтів, відчуження сільськогосподарських земель (зайняті під зберігання гною), забруднення ґрунтових вод і викидів в атмосферу метану – парникового газу. Переробка відходів АПК в біогаз і добрива вирішує цю проблему. Біогазові установки можуть також встановлюватися як очисні споруди на фермах, птахофабриках, спиртових заводах, цукрових заводах, м'ясокомбінатах, тим самим підвищуючи санітарно-гігієнічний стан підприємств.

Біогазовий комплекс – джерело дешевих, екологічно чистих органічних добрив, порівнянних за органічною цінністю, з комплексними добривами. Добрива, що одержують у вигляді перебродженої маси – це екологічно чисті, рідкі добрива, позбавлені нітритів, насіння бур'яна, хвороботворної мікрофлори, специфічних запахів. Витрати цих добрив складають 1–5 т замість 60 т необробленого гною для обробки 1 га землі. В отримане добриво можуть додаватися фосфорні, калійні або інші добрива, залежно від культури, під які будуть використовуватися добрива. Випробування показують ще й збільшення урожайності в 2–4 рази. Допоміжним чинником зростання інтересу до "біогазового" органічного добрива стане подорожчання мінеральних добрив на тлі зростання цін на природний газ.

В рамках розробленої системи державної підтримки розвитку відновлюваної енергетики в Україні діє "зелений" тариф на електроенергію, вироблену з твердої біомаси (12,39 євроцентів / кВт • рік). Зелений тариф – один з найвищих в Європі, і гарантований державою України до 2030 року. Ця система в майбутньому може стимулювати розвиток мережевої генерації, продажу виробленої з біогазу електроенергії на оптовому і роздрібному ринках.

Кабмін працює в напрямку зміни енергетичної стратегії, згідно з якою до 2030 р. частка відновлюваної енергетики в загальному енергобалансі (з електрики) повинна скласти 30 %.

Для зменшення концентрації у водоймищах органічної речовини проводять механічну очистку водоймищ від водної біомаси, ці заходи, як правило, носять витратний характер. Для підвищення економічної ефективності очистки водойм необхідно навчитися використовувати виловлену біомасу у корисних цілях й отримувати з цього прибутки. В вітчизняній та міжнародній практиці водорості використовували для кормових цілей, як сировину для парфумерної промисловості, в якості добрива та ін. Одним з перспективних й рентабельних заходів є біоконверсія водної біомаси в біогаз.

Для невеликих ферм оперування з виробленими аграрними відходами та особливо з гноєм багато в

чому визначається лише їх власними силами, і фермер сам оптимізує процес утилізації залежно від конкретної ситуації у своєму господарстві. Однак з великими господарствами справа йде складніше. Сучасна тенденція розвитку дохідного тваринництва і птахівництва орієнтується на створення великих ферм (мегаферми). Власники цих ферм іноді економлять на закупівлі спеціалізованого обладнання для оперування з гноєм (послідом), сподіваючись відправляти його на тимчасове складування і природну біодеградацію в легенях, або просто вивозять на поля, часто не чекаючи необхідного витримування в спецсховищах. Досвід експлуатації подібних господарств показав, що вони починають потерпати від надлишку гною. Сусідство з такими фермами викликає нарікання жителів на стійкий неприємний запах навкруги. Все це вимагало посилення в останні роки санітарно-ветеринарних норм оперування з гноєм, покращання контролю і введення підвищених штрафів за порушення.

У сформованій ситуації у потенційних інвесторів проявився інтерес до інвестування коштів в обладнання з переробки гною на взаємовигідних умовах з фермерськими господарствами. При виборі устаткування важливий правильний вибір критеріїв оцінки його ефективності. До них слід, в першу чергу, віднести:

- отримання доходу від утилізації;
- досягнення максимального екологічного ефекту;
- вирішення комплексу технічних завдань для виробництв;
- розв'язання комплексу соціальних задач та ін.

В принципі всі вони можуть бути виражені в грошовому еквіваленті, якщо правильно оцінити, скільки треба вкласти коштів, щоб досягти такого ж ефекту по даному параметру з використанням інших методів, технологій, рішень. Тоді критерій буде всього один – досягнення максимального фінансового доходу (сумарного) від утилізації відходів.

Економічність полягає в тому, що немає потреби попереднього збору відходів, організації та керування їх подачею; при цьому відомо, скільки і коли буде отримано відходів. Одержання біогазу можливе в установках, призначених для різних галузей, особливо ефективно на агропромислових комплексах, де існує можливість повного екологічного циклу. Біогаз використовують для освітлення, опалення, приготування їжі, для приведення в дію механізмів, електрогенераторів.

Біогазові технології, що базуються на анаеробному зброджуванні вихідного продукту, найбільш активно використовуються в Європі для вироблення електроенергії з аграрних і тваринницьких відходів, відходів харчової промисловості, відсортованих побутових відходів (харчова, паперова та ін. біомаса), з енергетичних трав'янистих рослин (кукурудза, різнотрав'я і т.д.).

При анаеробній ферментації відбувається розпад органічної речовини, який проходить в два етапи.

На першому етапі з вуглеводів, жирів та білків утворюються основні продукти розпаду – жирні кислоти, водень, вуглекислий газ, спирти, амінокислоти, аміак. Бактерії, які здійснюють зброджування осаду, є факультативними анаеробами типу маслянокислих, протеїнових, бутилових та інших кислот.

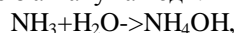
На другому етапі відбувається руйнування кислот, що виділяються на першому етапі з утворенням вуглекислоти, метану, водню і окису вуглецю в невеликих кількостях. Бродіння здійснюється метановими бактеріями.

В основі їх життєдіяльності лежить здатність відновлювати вуглекислоту за реакцією:



Найбільш важливими є реакції розпаду, що обумовлюють нормальне протікання процесу, який наведено нижче.

Реакція утворення гідрату окису амонію з аміаку та води:



яка після нейтралізації кислих продуктів першого етапу забезпечує характерне для метанового зброджування слаболужне середовище ($\text{pH} = 7,2 \dots 7,6$).

Реакція утворення вуглекислоти (NH_4CO_3) та двовуглекислого амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) з аміаку та вуглекислоти забезпечує такі важливі фактори бродіння, як лужність середовища, а також вміст мулової рідини амонійного азоту. При цьому водень має стимулюючу дію на процес метаногенезу.

В результаті виділяється біогаз, який складається з 65– 70 % CH_4 (метан) та 30– 35 % CO_2 (вуглекислий газ). Теплотворна здатність біогазу – 5500– 6000 кКал/м³. Біогаз може використовуватись в домашньому господарстві як паливо. Так, для приготування їжі для сім'ї з 4-х чоловік необхідно 1 куб. м біогазу на добу, а для опалення приміщення (50 кв. м) взимку – 4 куб. м біогазу на добу. Для отримання 1 куб. м біогазу достатньо гною від 1 корови або 4– 5 свиней. Загальні моменти для різних біогазових технологій

Сучасні біогазові установки підрозділяються на два види за технологією підготовки і бродіння сировини: «мокра» технологія (вологість бродильної пульпи порядку 85– 95 %) і «суха» (вологість пульпи близько 50– 60 %). Візуально перша має за в'язкістю пульпу близьку до кефіру, а друга – до густої суміші сиру зі сметаною. Усіх їх об'єднує те, що для оптимізації процесу зброджування в ЄС застосовуються суміші відходів з енергетичними рослинами (переважно кукурудзяний силос). Процентний склад завантажуваних сумішей варіюється залежно від типу відходів.

В установках кожного типу може використовуватися як мезофільне (температура пульпи близько 35 °С), так і термофільне (температура порядку 50– 55 °С) зброджування сировини. Установки останнього типу

відрізняє хоча і дещо більш складна конструкція метантенка і можливі великі теплові втрати з нього, але зате майже на чверть менший час зброджування.

Принципи роботи мокрих технологій добре відомі. Вони полягають в безперервному введенні невеликими порціями вихідної сировинної суміші в метантенк, де підтримується задана вологість і температура. Подача здійснюється зазвичай знизу метантенка. Одночасно з майже такою же витратою суміш бродіння виводиться з біотенка (зазвичай з його верхньої частини). Спеціальні мішалки забезпечують рівномірне розмішування присутньої суміші з основною масою. При всьому цьому важливо відзначити, що через рівномірне перемішування в виведеній пульпі завжди присутня невелика частка і свіжої сировини (обернено пропорційна обсягу метантенка).

Головним критерієм сухих технологій є низька вологість пульпи в метантенку. Вона близька до природної вологості завантажуваних сировинних продуктів (до 60 %). Завдяки цьому істотно (в 1,5– 2 рази) зменшуються габарити метантенка і, відповідно, площі, займані установкою в цілому. Також спрощується технологія оперування з більш густою пульпою і знижуються витрати на логістичні операції з нею.

Собівартість «сухої» біогазової установки в цілому нижче, ніж «мокрої». Однак ринкова вартість таких установок поки вище нового продукту на ринку біогазу.

На відміну від своїх попередників сучасні промислові біогазові установки в європейських країнах не робляться великими і зазвичай розраховані на потужність вироблюваної електроенергії до 0,5– 2 МВт. Це обумовлено, головним чином, причинами скорочення логістичних витрат і внутрішньою державною енергетичною політикою: підвищення регіональної енергобезпеки завдяки розосередженню енергоустановок.

На нашу думку, в Україні з її аграрною орієнтацією практично по всій території є перспективним створення та використання невеликих установок для отримання біогазу безпосередньо в фермерських господарствах та сільських подвір'ях з використанням порівняно невеликих об'ємів органічних відходів. Такі установки здатні повністю задовольнити потреби в енергії цих господарств. В даному випадку анаеробний розклад відходів проходить в порівняно невеликому реакторі, що відповідає об'ємам біовідходів певного господарства. Тому нами обрано напрямок вивчення розробки і створення саме **модульного** обладнання для отримання біогазу, та створення типорозмірного ряду таких біогазових установок, які б могли легко компонуватись з модулів залежно від необхідної потужності певного господарства. Також важливим моментом є створення простого в експлуатації та недорогого обладнання. Такий шлях впровадження і розповсюдження біогазової енергетики для України, на наш погляд, є найбільш швидким та дешевим, що дозволить помітно покращити якість життя в сільських місцевостях віддалених від мереж природного газу. Зокрема для (АПК) та українського села в цілому необхідність використання альтернативних джерел енергії диктується незадовільним рівнем централізованого енергопостачання. Об'єкти (АПК) та інші сільські енергоспоживачі розосереджені на великих територіях і саме тому їхнім потребам відповідає децентралізована енергетика та її комбінація з централізованою. Забезпечення природним газом з центральної мережі газопроводів складає на сьогоднішній день лише 12– 14 % сільського населення та об'єктів (АПК). Дослідження з розробки модульних біогазових установок ведуться і в Хмельницькому національному університеті, на кафедрі екології розробляються конструкції біогазових установок. На рис. 1 зображена біогазова установка продуктивністю 2 куб. м біогазу на добу. Працює вона таким чином. Органічні відходи завантажують через горловину 2, яка має запобіжну мембрану, що запобігає випадку біогазу в атмосферу. Органічні відходи перемішуються за допомогою мішалки 3, яка приводиться в рух від мотор-редуктора 1 через клинопасову передачу 11. Перемішування відбувається 5– 6 разів на день по 5– 10 хвилин. Контроль заповнення камери зброджування 5 здійснюється за допомогою оглядового отвору 7. Масу, що зброджується, необхідно підігрівати до температури 28...32°C за допомогою зміювика 9, теплоносієм для якого служить гаряча вода, що підігрівається біогазом. Зброджувана біомаса виводиться через шланговий затвор 10 і використовується як органічне добриво.

Контроль температури процесу бродіння здійснюється за допомогою термометра 12, який розташований у захисному кожуху. Контроль тиску біогазу, який виділяється, відбувається за допомогою манометра 4. Для попередження підвищення тиску біогазу більше допустимого значення установка містить запобіжний клапан 6, який спрацьовує при перевищенні заданого тиску.

Крім біогазової установки з продуктивністю 2 куб. м на добу, на кафедрі розроблені біогазові установки з продуктивністю 5 та 10 куб. м на добу, які дозволяють отримувати кількість біогазу, достатню для опалення приміщень, фермерських господарств різної потужності.

Висновки. В Україні тільки на великих свинарських і птахівницьких підприємствах щорічно утворюється більше 3 млн т органічних відходів сухою речовиною, перероблення яких дозволить одержати близько 1 млн т у.п. у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд кВтг електроенергії. Крім того, в Україні є близько 2 млн не газифікованих сімейних господарств. Досвід країн, не забезпечених природним газом (наприклад, КНР), показує, що віддалені сільські місцевості доцільно газифікувати за допомогою малих біоустановок, що працюють на органічних відходах сімейних господарств. Так, впровадження 2 млн установок в Україні дозволило б одержати близько 2 млрд м³ біогазу на рік, що еквівалентно 13 млрд кВтг енергії. Таким чином на сьогоднішній день економічна ситуація в державі має наукове підґрунтя, яке акумулює досвід як закордонних, так і наших вітчизняних науковців, а також інтерес, який стає більш потужним у наших фермерів та створює всі передумови до того, щоб біогазові технології знайшли своє

місце в сьгоднішньому житті і дали поштовх нашій промисловості для початку масового виробництва біореакторів для сільського господарства, а також є прикладом саме еколого-економічного шляху вирішення проблем суспільства, що має стати пріоритетом в суспільно-економічному житті XXI століття.

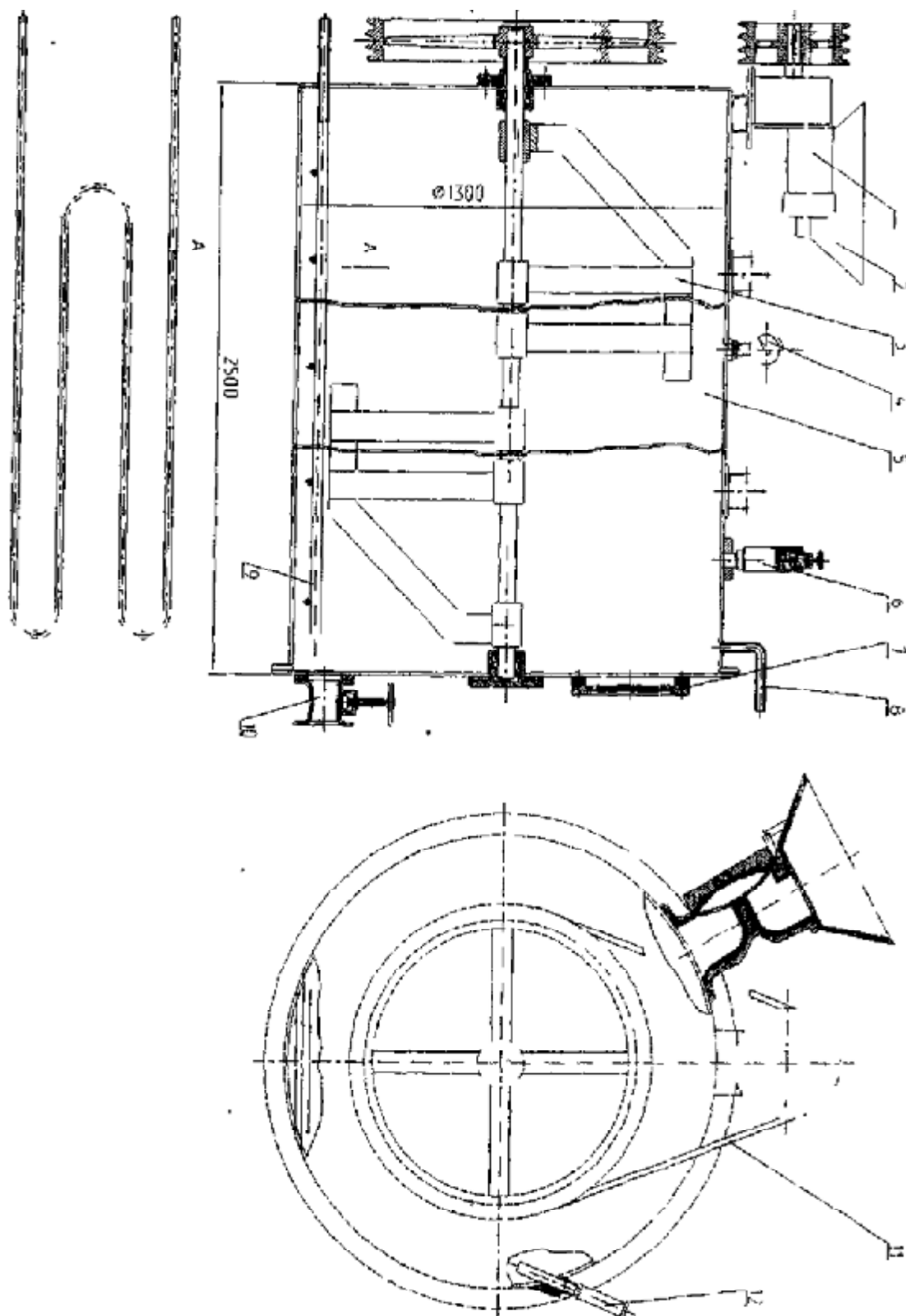


Рис. 1. Біогазова установка

Література

1. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України [Електронний ресурс] / [Г.Г. Гелетуха, Т.А. Желізна, Г.М. Голубовська-Онiсімова, А.С. Коненченко]. – К. : Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2006. – 58 с. – Режим доступу :

[http://www.ier.com.ua/files//Konsult_Work_Ukr/AgPP %2006_Ukr.pdf](http://www.ier.com.ua/files//Konsult_Work_Ukr/AgPP%2006_Ukr.pdf).

2. Лісничий В. М. Сучасний стан та перспективи розвитку отримання біогазу в Україні / В.М. Лісничий, Ю. О. Цаплін // Матеріали Четвертої міжнар. конф. [„Енергія із біомаси”], (Київ, 22– 24 вересня 2008 р.). – К. : ІТТФ НАНУ, 2008. – С. 299– 300.

3. Гуменюк О.Б. Еколого-економічні аспекти впровадження біогазових технологій в Україні / О.Б. Гуменюк, Н.В. Семенюк // Українські енциклопедичні знання : праці міжнародного енергоекологічного конгресу [„Енергетика. Екологія. Людина”], 30 березня – 2 квітня. – К., 2004. – С. 50– 57.

4. Виклики для енергетичної безпеки України: сучасний стан – 2010 / [керівник проекту І. Жовква]. – К. : Міжнародний центр перспективних досліджень, 2010. – 50 с.

5. Комплексна державна програма енергозбереження України на 1996– 2010 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.kmu.gov.ua/document/28040307/Energozberezhennya.doc.

6. Маттиас Шен. Компогаз – метод броження биоотходов / Маттиас Шен // Метроном. – № 1– 2. – 1994. – С. 41.

7. <http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/ngsubst.pdf>

8. <http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/ngsubst.pdf>

Надійшла 27.11.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Скиба М.Є.