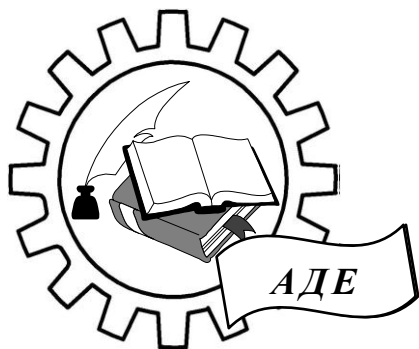


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Кафедра обладнання переробних і
харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Методичні вказівки до виконання практичної роботи
з дисципліни "Альтернативні джерела енергії"

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
ОС Бакалавр

**Мелітополь
2018**

Використання вторинних енергоресурсів. Методичні вказівки для студентів, що навчаються за спеціальністю 133 "Галузеве машинобудування" ОС Бакалавр - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018 - 20 с.

Розробники: к.т.н., доцент кафедри ОПХВ ім Ф. Ю. Ялпачика
Самойчук К.О.
асистент кафедри ОПХВ ім Ф. Ю. Ялпачика
Ковальов О.О.

Рецензент: к.т.н., доц. каф.
Електротехнології і теплові
процеси

Вороновський І. Б.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ
Протокол № від 2018 р.

Методичні вказівки затверджені методичною радою факультету ІКТ
Протокол № від 2018 р

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: Розрахунок основних параметрів біогазових установок

Мета: Засвоєння студентами методики розрахунку основних параметрів біогазових установок, вивчення конструкції перспективних біогазових установок

Час: 2 год.

1.1 Порядок виконання роботи

- представити викладачу виконане завдання для самопідготовки.

Умову завдання наведено у п. 1.2;

- проробити практичну частину;

- 1) Визначити вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу.
- 2) Визначити об'єм рідкої гнойової маси.
- 3) Визначити розрахунковий об'єм біогазогенератора (метантенку) при разовій і безперервній заправці реактора.
- 4) Визначити добову продуктивність БГУ.
- 5) Розрахувати теплоту згоряння біогазу.
- 6) Визначити еквівалент бензину до отриманого біогазу.
- 7) Заслуховування і обговорення студентських рефератів по розробці і використанню біогазових установок в агропромисловому комплексі.

- виконати домашнє завдання.

1.2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент в обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

а) вивчити конспект лекцій;

б) опрацювати рекомендовану літературу;

в) занести у зошит для практичних робіт такі матеріали:

- 1) Які види біопалива Вам відомі? Яке з них найбільш перспективні?
- 2) Наведіть рівняння хімічної реакції згорання метану.
- 3) Надайте загальну схему отримання біогазу.

1.3 Практична частина

1.3.1 Теоретичні відомості

Біогаз – це газ, який близько на 60% складається з метану (CH_4) і на 40% – із вуглекислого газу (CO_2). Синонімами для біогазу є такі слова, як “каналізаційний газ”, “шахтний газ”, “болотний газ”, “газ-метан” тощо. Різноманітні мікроорганізми внаслідок обмінних процесів синтезують вуглець з органічних субстратів у безкисневих умовах (анаеробно). Цей процес так званого гниття або безкисневого бродіння, йде в ланцюзі харчування. Маса, що перебродила, – це готові екологічно чисті рідкі або тверді біодобрива без нітратів, насіння бур’янів, патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів, специфічних запахів. Використання таких збалансованих біодобрив підвищує урожайність на 30-50%. Якість цих добрив вища, ніж звичайних, а їх собівартість менша.

Кількість і склад отримуваного біогазу при переробці різних видів біомаси наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Вихід біогазу з різної сировини

Вид біовідходів	Вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, л/кг	Вміст метану в газі, %
Трава	630	70
Стебла помідорів, картоплиння	420	60
Стебла кукурудзи	420	53
Гній ВРХ	300-350	60
Домашні відходи	600	50

Біогаз посідає четверте місце в світі серед інших енергоносіїв після нафти, природного газу та вугілля. Він заміщує нині близько 1250 млн т у.п., або близько 15% загальних світових потреб в енергії. Частка біогазу у загальному споживанні первинних енергоносіїв становить 3,2% у США, 8,3 - у Данії, 12 - в Австрії, 18 - у Швеції, 23% - у Фінляндії. Перевагою біогазу як палива є його відновлювальний характер, локальність розміщення та доступність, нейтральність вуглекислого газу та мала концентрація сірки.

1.3.2 Установки для спалювання біопалива

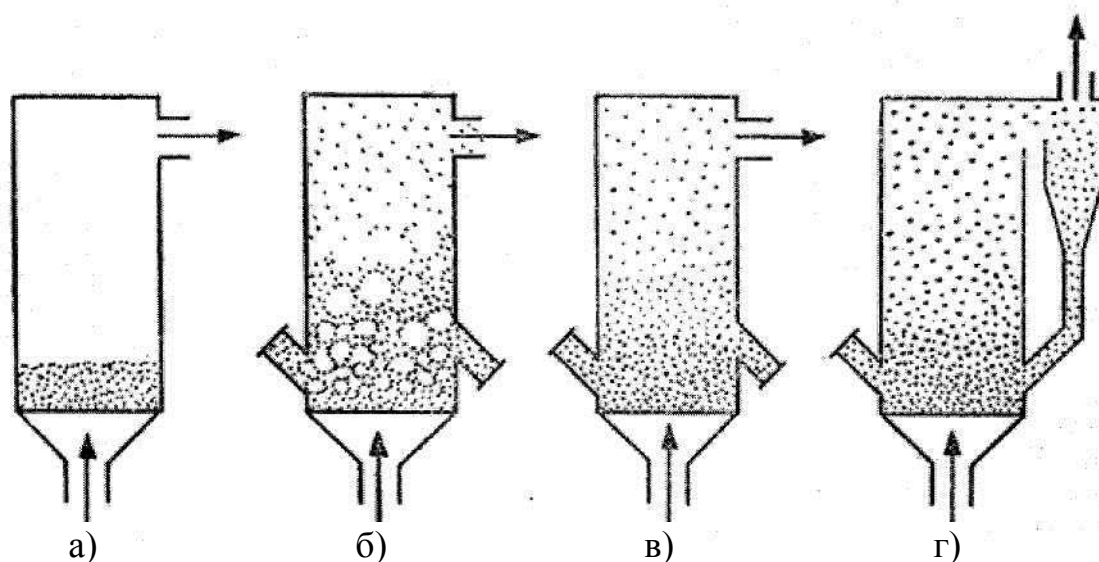
Казани з киплячим шаром

При спалюванні палива в топках з високою температурою утворюється велика кількість діоксиду азоту NO_2 . Це високотоксичний газ бурого кольору із задушливим запахом. При зниженні температури в топці до 1000°C і нижче діоксид азоту майже не утворюється. Це досягається спалюванням твердого палива (кам'яного і бурого вугілля, сланцю, деревних відходів, побутового сміття і так далі) в киплячому (псевдозрідженому) шарі.

Дрібнозернистий горючий матеріал, розміщений на ґратах топки, продувається знизу повітрям з швидкістю, що перевищує межу стійкості щільного шару. «Швидкість зрідження» залежить від щільності горючого матеріалу і від великої часток, зазвичай вона знаходиться в межах $0,9...2,3$ м/с. Можливі стани системи «газ - частки палива» показані на рисунку 1.

При швидкості продування менше критичної (рисунок 1 а) частки палива лежать в щільному шарі. Це - звичайна шарова топка. У топку з киплячим шаром (рисунок 1 б) первинне повітря подається знизу, подрібнене паливо вводиться через патрубок зліва. Якщо перевищена швидкість зрідження, в шарі відбувається інтенсивна циркуляція часток, що нагадує бульбашкове кипіння рідини. Частина повітря проходить через такий шар у вигляді міхурів, які ще сильніше перемішують горючий матеріал. Частки циркулюють в об'ємі шару до повного їх вигорання. Для спалювання винесених з шару часток через правий патрубок вводиться вторинне повітря.

З подальшим збільшенням швидкості продування (рисунок 1 в) вся більша кількість дрібних часток виноситься з киплячого шару, відбувається перехід до режиму пневмотранспорту. В цьому випадку доцільно застосовувати сепарацію незгорілого палива (зазвичай в циклонних апаратах газоочистки) з поверненням відсепарованих часток в киплячий шар (рисунок 1 г). Такий режим роботи топки називають «циркулюючим киплячим шаром». Усередині шару розміщуються труби з теплоносієм, що нагрівається, який відводить теплоту, що виділяється. Контакт з рухомими частками, що горять, палива наводить до значної інтенсифікації теплообміну. Завдяки порівняно низькій температурі горіння в топках з киплячим шаром не відбувається розплавлення золи, і тому вона не налипає на поверхні теплообміну казана. В результаті скорочуються витрати на очищення поверхонь теплообміну.



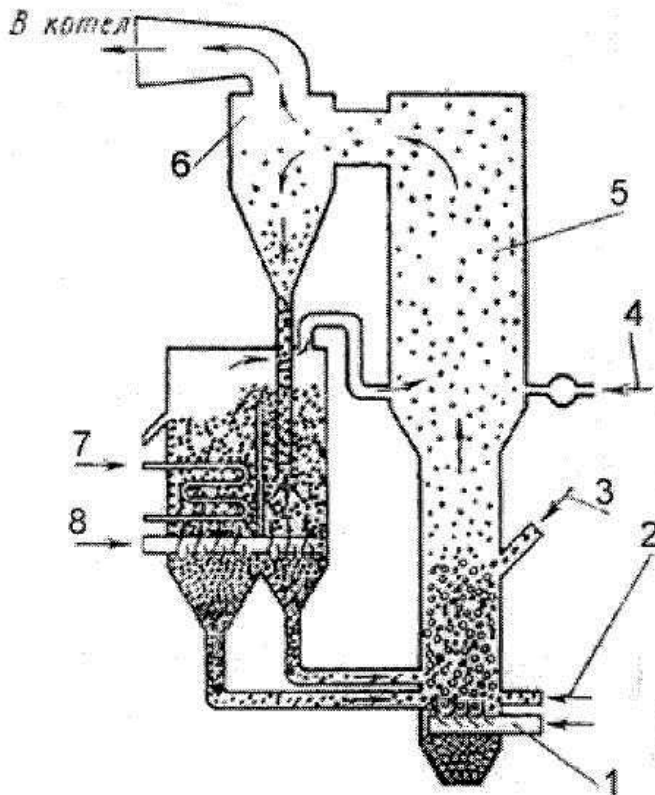
а) шарове спалювання; б) киплячий шар з міхурами; в) перехід до пневмотранспорту; г) циркулюючий киплячий шар.

Рисунок 1 – Топки з киплячим шаром

Киплячий шар на 90% і більш складається з часток золи або інертного матеріалу, що спеціально додається (вапняку, доломіту, шамотної крихти). Тому в киплячому шарі можна спалювати матеріали з дуже високою зольністю. Введення вапняку дозволяє різко понизити викиди діоксиду сірки SO_2 - цей токсичний газ переходить в нешкідливий гіпс CaSO_4 , що видаляється з топки разом із золою. Збільшення концентрації палива в шарі наводило б до появи в продуктах згорання водню і оксиду вуглецю.

Топки з киплячим шаром широко використовуються в промисловості для випалення різних руд, колчеданів в сірчаноокислотному виробництві і тому подібне. У Фінляндії, Швеції казани з киплячим шаром широко застосовуються для утилізації відходів лісової промисловості (тріски, кора, тирса) і для спалювання фрезерного і кускового торфу. У США, Англії, Франції казани з киплячим шаром все ширше застосовуються на ТЕС. У США потужність котельних установок з киплячим шаром досягла 200 МВт. На рисунку 2 показана схема топки з циркулюючим киплячим шаром фірми ВБС (США). У патрубок 1 подається первинне повітря, через шнековий живильник 2 – подрібнений вапняк, через патрубок 3 - паливо. У об'ємі 5 продовжується горіння зважених часток палива. У циклоні 6 відбувається очищення газів, що виходять. Уловлені частки догорають в бункері, в якому розміщені змієвикові теплообмінники, що гріють живильну воду казана.

Додаткове повітря для допалювання твердого віднесення подається через патрубок 8.



1 - первинне повітря; 2- вапняку; 3 - паливо; 4 - вторинне повітря; 5 - камера топки; 6-циклон; 7-подача води; 8- повітря.

Рисунок 2 – Топка з киплячим шаром фірми ЕЮС

Вживання топок з киплячим шаром дозволяє утилізувати величезну кількість вугільних відходів, накопичених в териконах біля вугільних шахт і збагачувальних фабрик. У відвальній порожній породі міститься значна кількість невикористаного твердого палива, самозагорання якого наводить до забруднення атмосфери димом, оксидами сірки і азоту.

Подрібнені деревні відходи (кора, тріска, тирса) мають теплоту згорання сухої маси 18...20 МДж/кг. Після механічного обезводнення у віджимних апаратах вони мають вологість 55...60% і теплоту згорання близько 6 МДж/кг. Відходи зазвичай спалюються в казанах-утилізаторах, обладнаних шаровими топками з похилими колосниковими ґратами. Під ґрати подається нагріте повітря. На похилих ґратах за рахунок променистої теплоти, що сприймається від топкових газів, відбувається нагрів, підсушування і займання відходів, а потім виділення і згорання легких речовин і вуглеводнів. Коксовий залишок допалюється на рухомих механічних ланцюгових ґратах.

Для розтоплення казана і забезпечення стійкого горіння використовуються мазутні або газові пальники. Димові гази, що вирушають з казана, використовуються для сушки відходів. При зниженні вологості відходів до 40% підвищуються ККД і стабільність роботи казана, знижується витрата мазуту або газу

Спалювання деревних відходів

На целюлозно-паперових комбінатах разом з виробництвом целюлози застосовується технологія термохімічної обробки деревних відходів для здобуття цукрів і смол, на основі яких виробляються кормові дріжджі і технічні спирти. Побічним продуктом цього виробництва є лігнін, що включає полісахариди, фенольні групи, смоли. Вихідний лігнін є вологою масою, що містить до 65% води, 21% вуглецю, 2% водню, 1,4% сірки. Теплота згорання сухої маси близько 20 МДж/кг.

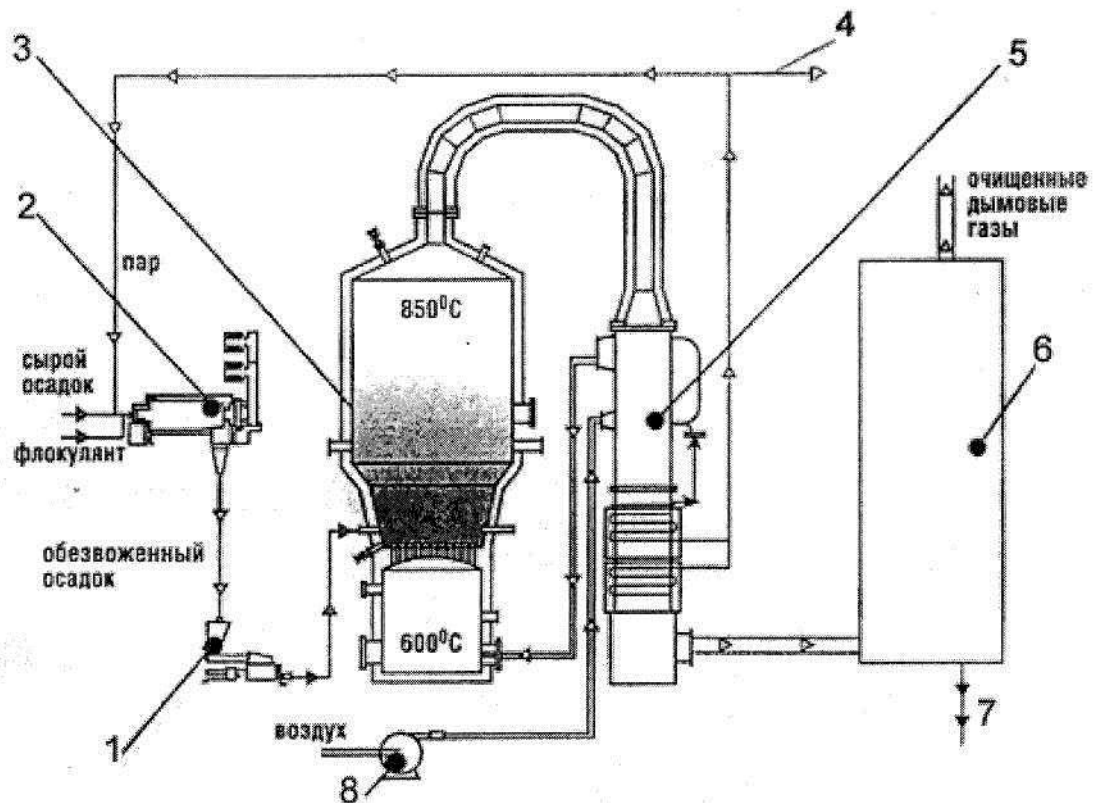
Лігнін спалюють в камерних топках парових казанів, обладнаних млинами-вентиляторами. Попереднє паливо підсушують нагрітим повітрям і газами казана, що відходять.

Близькі до лігніну властивості має чорний щелок, що містить близько 60% органічних речовин. Сухий щелок має теплоту згорання близько 16 МДж/кг. Щелок розпиляли механічними форсунками грубого распилювання в камерних топках казанів. Після випару з крапель вологи дрібнодисперсні частки злипаються в ооксовані гранули, звані в експлуатації огарком. Огарок випадає на під топки, тому згорання відбувається частково в шарі і частково - в об'ємі топки. Відповідно застосовується двоступінчата подача повітря в топку: первинне повітря подається на шар огарка, вторинний, - в області розташування форсунок. Витрата первинного повітря складає 50...60% від загальної витрати. Теплота, що виділяється, частково витрачається на реакцію розкладання щелока (піроліз).

Казани для спалювання опадів мула

Осідання мула спалюють в спеціалізованих казанах-рекуператорах з киплячим шаром. Гази, що відходять, в таких казанах мають температуру 850...900°C. Їх теплота використовується для нагрівання дутьєвого повітря, що подається в казан. Крім того, виробляється пара низьких параметрів для цілей опалювання і гарячого водопостачання.

На рисунку 3 показана широко вживана в Західній Європі установка для спалювання опадів мула, що випускається французькою фірмою «Пірофлуїд». Така установка введена ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» і експлуатується на очисних спорудах «Острів Білий».



1 - поршневый насос; 2 - центрифуга; 3 - пекти; 4 - пара до потребителя; 5 - казан; 6- системы очищения газов, что выходят; 7- выведения зволоженной золи; 8 – повітродувка.

Рисунок 3 – Схема установки для спалювання опадів мула

Сирий осад мула, в якому вміст сухої речовини складає близько 4%, підсушується за рахунок теплоти пари, що виробляється казаном, до нього додається флокулянт, сприяючий утворенню грудок. На центрифугах 2, що випускаються за участю АОЗТ «Кировенергомаш», відділяється рідка фаза. Зневоднений осад з вмістом сухої речовини близько 30% подається поршневим насосом 1 з тиском до 8 МПа в піч 3, яка працює за типом топки з киплячим шаром. Череневі грати печі завантажуються шаром гравію. Під грати подається повітря, що закачується повітродувкою 7 і нагрітий в регенеративних теплообмінниках парового казана до 600°C. Осідання спалюються в киплячому шарі, продукти згорання з температурою 850°C прямують в казан-утилізатор 5. Пара, що виробляється в казані, витрачається

на потреби теплофікації підприємства і частково - на підсушування сирого осаду. Вирушаючі гази проходять очищення від золи і токсичних газових домішок в скрубєрі 6 і перед викидом в атмосферу додатково підігріваються в теплообміннику.

Продуктивність установки складає 62 тонни сухої речовини в добу. Для розтоплення казана використовуються газові пальники. Установка високо автоматизована, управління параметрами технологічного процесу повністю здійснюється обчислювальним комплексом, що управляє. Введення в експлуатацію установки дозволило різко скоротити складування осаду стічних вод на полігонах довкола міста, транспортування через місто сотень тонн смердючого продукту. димові гази, що пройшли очищення відповідають вимогам найжорсткіших сучасних європейських нормативів. Стали чистішими повітря і вода в регіоні. Відходи установки спалювання — дрібнодисперсна мінеральна зола, яка може використовуватися для виробництва цеглини, бетону, облицювальних матеріалів.

Установки для спалювання твердих відходів

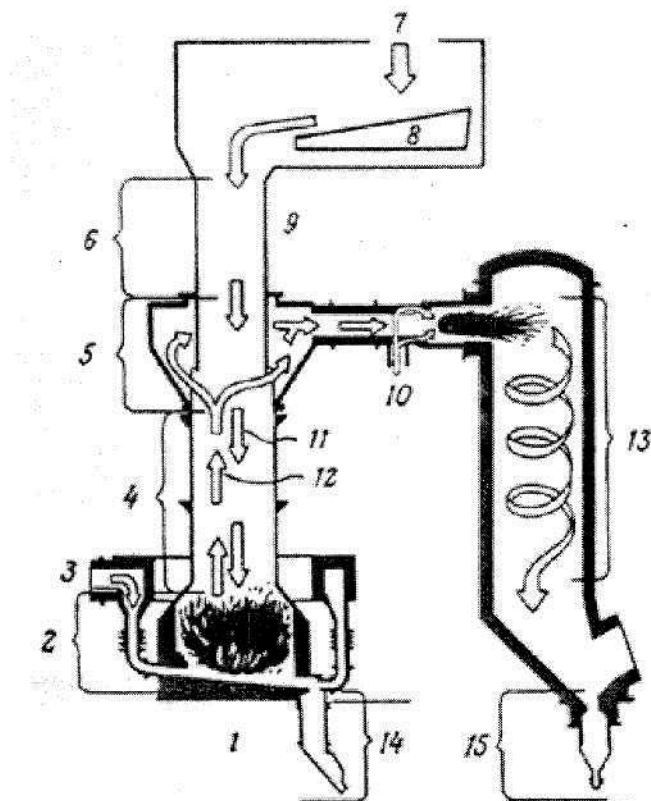
Тверді промислові і побутові відходи міст містять макулатуру, відходи пакувального матеріалу, деревину, тканини, харчові відходи, скло і так далі. Полігони-звалища для їх розміщення займають великі площі, є джерелами токсичних і смердючих газів, пожежонебезпечні. У Києві на полігонах розміщується близько 4 млн. м³ твердих відходів в рік. Відходи містять різні шкідливі речовини: миш'як, ртуть, кадмій, свинець, органічні токсини, діоксин і так далі. Ці забрудники з дощовою водою потрапляють в ґрунтові води.

У ряді країн розроблені установки для спалювання твердих відходів. У Японії їх спалюють до 80%, в Швеції - близько 60%. Теплота згорання твердих міських відходів міняється в межах 7...12МДж/кг.

Розглянемо розроблену в США установку для спалювання відходів без попереднього сортування і подрібнення, з максимальним розміром окремих предметів до 1 м (рисунок 4). Вміст вологи у відходах складає в середньому 23%, інертних речовин і золи - 20%. У відходи можуть додаватися відпрацьовані масла, пластмаси, відходи хімлабораторій, нерозрізані покриття і інші гумотехнічні вироби, осідання мула міських стічних вод.

У газифікатор 1 тверді відходи подаються завантажувальним пристроєм 8 через бункер 7. Рівень відходів в апараті підтримується

постійним. Шар відходів 6 просувається під дією власної ваги в зону осушення 5 і далі в зону піролізу (термічного розкладання) 4. Підігрітий до температури біля 1000°C повітря для горіння підводиться в нижню частину газифікатора через патрубок 3. В зоні спалювання коксового осаду і плавлення негорючих компонентів 2 утворюється рідкий шлак, який безперервно виводиться з апарату через гідрозасув в охолоджуваний приймач 14.



1 - газифікатор; 2 - зона первинного горіння; 3 - подача повітря; 4 - зона піролізу; 5 - зона сушки; 6 - подача відходів; 7 - введення відходів; 8 - завантажувальний пристрій; 9 — газовідвід; 10 - подача вторинного повітря;

11 - просування підсушених відходів; 12 - просування горючих летких газів; 13 - зона догорання паливних летких; 14 - злив розплавлених шлаків; 15 - відведення залишкових шлаків.

Рисунок 4 – Схема установки для спалювання твердих відходів

Газовий потік, що виходить з газифікатора, відносить до 90% теплоти від спалювання твердих відходів. Основні компоненти газового потоку – CO , CO_2 , H_2 , вуглеводні і водяна пара. Теплота згорання цих газів на рівні $5\ldots 7 \text{ МДж/м}^3$. Гази спалюються в камері вторинного горіння 13, повітря для горіння подається через патрубок 10. У камері вторинного горіння

підтримується температура 1150... 1300°C. Зважені негорючі частки газового потоку при цьому плавляться, утворюючи рідкий шлак, що відводиться через зливну систему 15.

Для підігрівання повітря, що подається в апарат, застосовані регенеративні підігрівачі, що використовують до 15% об'ємної витрати газів, що відходять. Останні 85% прямують в котельню, що виробляє насичену пару з тиском до 6 МПа. Вирушаючі гази з котельної і системи регенеративного підігрівання повітря мають температуру 260°C. Вони поступають в систему газоочистки, що включає електрофільтри і скрубери. Після очищення вирушаючі гази містять близько 70% H₂, 10% CO₂, 5% O₂ і 15% водяної пари. Шлаки є скловидною чорною масою, що включає токсичні речовини. Вони мають об'єм приблизно в 10 разів менше вихідного об'єму твердих відходів, можуть бути використані для дорожнього будівництва.

Перша установка подібного типу пущена в США в 70-і роки. Вона переробляла в добу 68 т твердих відходів. Подібні установки введені пізніше в Люксембурзі, Франції, ФРН. Термічне розкладання і шлакування твердих відходів, окрім використання додаткових енергоресурсів, вирішує також екологічно важливе завдання скорочення площ під міські звалища і забруднення ними атмосферного повітря і ґрунтових вод.

1.3.3 Послідовність розрахунку

Вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу визначають за формулою

$$m_{\tilde{n},\tilde{\alpha}} = n \cdot m_{i,1}, \quad (1)$$

де n – кількість тварин;

$m_{i,1}$ – вихід сухого гною на 1 тварину за добу (дня свиней $m_{i,1} = 0,5$ кг/добу, для корів 2 кг/добу).

Об'єм рідкої гнійної маси визначають за формулою

$$V_{\tilde{\alpha}} = \frac{m_{c,\tilde{\alpha}}}{\rho_{c,\tilde{\alpha}}}, \quad (2)$$

де $\rho_{c,\tilde{\alpha}}$ – густина сухого гною, розподіленого в гнійній масі.

Розрахунковий об'єм біогазогенератора (метантенку) при разовій заправці реактора визначають за формулою

$$V_{\tilde{a}}' = t_{\tilde{a}} \cdot V_{\tilde{a}}, \quad (3)$$

де $t_{\tilde{a}}$ – час перебування чергової порції гнійної маси в генераторі (від 8 до 20 діб).

Розрахунковий об'єм біогазогенератора при безперервній технології виробництва біогазу дорівнює

$$V_{\tilde{a}}' = V_{\tilde{a}}$$

Добову продуктивність БГУ визначають за рівнянням

$$V_{\tilde{a}\tilde{a}\tilde{o}} = \tilde{N}_1 \cdot m_{c.\tilde{a}}, \quad (4)$$

де $\tilde{N}_1$ – вихід біогазу з 1 кг сухої маси (від 0,2 до 0,4 м³/кг в залежності від виду тварин: для свиней більше, для корів менше);

$m_{c.\tilde{a}}$ – кількість сухого гною в реакторі, кг.

Розрахункову теплоту згоряння біогазу визначають за формулою

$$E = H_i \cdot f_i \cdot V_{\tilde{a}\tilde{a}\tilde{o}}, \quad (5)$$

де H_i – питома теплота згоряння метану, 28 МДж/м³;

f_i – частка метану в біогазі, $f_i = 0,6 \dots 0,8$.

Еквівалент бензину визначають за формулою

$$V_{\tilde{a}} = \frac{E}{E_o \cdot \rho_{\tilde{a}}}, \quad (6)$$

де E_o – теплотворність бензину, $E_o = 45$ МДж/кг;

$\rho_{\tilde{a}}$ – густина бензину, $\rho_{\tilde{a}} = 0,7$ кг/л.

Робота, що витрачається на стиснення газу, визначають як

$$\dot{A} = PV, \quad (7)$$

де P і V відповідно тиск і об'єм газу, що стискується.

Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодний час до оптимальної температури (30-35 °С) визначається за рівнянням

$$Q = m_{\tilde{a}} C_2 (t_i - t_1), \quad (8)$$

де $m_{\tilde{a}}$ – маса гнійної маси в реакторі, кг

$$m_{\tilde{\alpha}} = V_{\tilde{\alpha}} \cdot \rho_{\tilde{\alpha}}$$

де $V_{\tilde{\alpha}}$ – об'єм гнійної маси;

$\rho_{\tilde{\alpha}}$ – густина гнійної маси (можна прийняти $\rho_{\tilde{\alpha}} = 1000 \text{ кг/м}^3$).

1.3.4 Завдання для практичного заняття

Фермер, що має $n=100$ голів худоби свиней має намір використати їх гній для отримання біогазу як паливо для обігріву свого будинку і частково як паливо для ДВЗ своєї електростанції і автомобіля. Визначте продуктивність БГУ.

Варіанти завдань наведені в таблиці А.1 додатку А.

1.3.5 Приклад рішення

1) Вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу визначаємо за формулою (1)

$$m_{\tilde{n},\tilde{\alpha}} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ кг/добу.}$$

2) Об'єм рідкої гнійної маси розраховуємо за рівнянням (2). Приймаємо $\rho_{\tilde{n},\tilde{\alpha}} = 50 \text{ кг/м}^3$ - густина сухої речовини, розподіленої в масі

$$V_{\tilde{\alpha}} = 50/50 = 1 \text{ м}^3.$$

3) Розрахунковий об'єм біогазогенератора при разовій заправці реактора (час перебування порції гнійної маси в генераторі приймаємо 14 діб) за виразом (3) становить

$$V_{\tilde{\alpha}} = 14 \cdot 1 = 14 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий об'єм біогазогенератора при безперервній технології виробництва біогазу становить

$$V'_{\tilde{\alpha}} = V_{\tilde{\alpha}}$$

Тому

$$V'_{\tilde{\alpha}} = 1 \text{ м}^3.$$

Приймаємо безперервну технологію виробництва біогазу з подвійним запасом об'єму біогазогенератора, тобто

$$V_{\tilde{\alpha}} = 2 \cdot V'_{\tilde{\alpha}}$$

$$V_{\tilde{\alpha}} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ м}^3.$$

4) Добова продуктивність БГУ визначається за формулою (4)

$$V_{\text{ААО}} = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ м}^3.$$

5) Розрахункова теплота згоряння біогазу за рівнянням (5) дорівнює

$$E = 28 \cdot 0,8 \cdot 20 = 448 \text{ МДж},$$

що еквівалентне $448/3,6 = 124 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, тобто еквівалентне безперервно ввімкненій потужності $P = 124/24 = 5 \text{ кВт}$ протягом доби.

6) Еквівалент бензину визначиться за виразом (6)

$$V_a = 448/(45 \cdot 0,7) = 448/31,5 = 14 \text{ л бензину}.$$

7) Робота, що затрачується на стиснення газу (якщо необхідно розрахувати насос для відкачування біогазу)

$$A = PV,$$

де P і V - відповідно тиск і об'єм газу, що стискається.

8) Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодний час до оптимальної температури ($30\text{-}35^\circ\text{C}$) визначається рівнянням

$$Q = V_a \cdot \rho_a C_2 (t_i - t_1)$$

де V_a – об'єм гнійної маси в реакторі;

ρ_a – густина гнійної маси (приймаємо рівній густині води 1000 кг/м^3).

C_2 – питома теплоємність гнійної маси води (приймаємо

$$C_2 = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C};$$

t_i і t_1 – відповідно оптимальна і фактична температура гною, що поступає.

$$Q = 1 \cdot 10^3 \cdot 4190 \cdot (35 - 20) = 65000000 \text{ Дж} = 65 \text{ МДж},$$

що еквівалентно $18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. електроенергії.

9) Необхідна потужність нагрівача для розігрівання ректора протягом $t = 6 \text{ год}$ становить

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = 18/6 = 3 \text{ кВт}.$$

1.4 Контрольні питання

- 1) З якого матеріалу отримують біогаз?
- 2) Від яких тварин вихід біогазу на 1 кг сухої речовини більший?
- 3) З яких основних частин складається БГУ?
- 4) Що таке газгольдер та його призначення?
- 5) Що таке метантенк та його призначення?
- 6) Які основні складові частини біогазу Ви знаєте?

- 7) Які хімічні процеси протікають в БГУ?
- 8) Які умови треба підтримувати для нормального протікання процесу зброджування?
- 9) Як розрахувати об'єм рідкої гнійної маси, що виділяють тварини за добу?
- 10) Чому дорівнює розрахунковий об'єм біогазогенератора при разовій заправці реактора?
- 11) Як визначити добову продуктивність БГУ?
- 12) Як знайти розрахункову теплоту згоряння біогазу?
- 13) Чому дорівнює еквівалент бензину, теплота згоряння якого еквівалентна розрахунковій теплоті згоряння біогазу?
- 14) Як визначити необхідну потужність нагрівача?
- 15) Який принцип дії топки з киплячим шаром фірми ЕЮС?
- 16) Який принцип дії установки для спалювання опадів мула?
- 17) Який принцип дії установки для спалювання твердих відходів?

Рекомендована література

1. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии/ Дж.Твайделл, А.Уэйр / Пер. с англ.-М.: Энергоатомиздат, 1990-С. 105-242.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі/ М.Корчемний, В.Федорейко, В.Щербань. - Тернопіль; Підручники і посібники 2001 -С.410-449.
3. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве/ А.И.Кирюшатов. - М.: Агропромиздат 1991.- 96 с.

Додаток А
(обов'язковий)

Таблиця А1 – Вихідні дані для розрахунку біогазових установок

№ варіанту	Вид тварин	Кількість голів	Час перебування порції гною в генераторі, t_a , діб	Температура гною, що поступає t_1 , °С
1.	корови	5	8	15
2.	корови	10	9	16
3.	корови	15	10	17
4.	корови	20	11	18
5.	корови	25	12	19
6.	корови	30	13	20
7.	корови	35	14	21
8.	корови	40	15	22
9.	корови	45	16	15
10.	корови	50	17	16
11.	корови	22	18	17
12.	корови	28	19	18
13.	корови	33	20	19
14.	свині	50	8	20
15.	свині	100	9	21
16.	свині	150	10	22
17.	свині	200	11	15
18.	свині	250	12	16
19.	свині	300	13	17
20.	свині	350	14	18
21.	свині	400	15	19
22.	свині	450	16	20
23.	свині	500	17	21
24.	свині	330	18	22
25.	свині	220	19	15
26.	свині	440	20	16