

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет (НИ) Конструювання та дизайну

УДК 631.333.92

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХІСТУ
Завідувач кафедри
тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів
(назва кафедри)

д.т.н., професор Калінін Є.І.

(підпис) (ПІБ)

“ ” 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему «Обґрунтування параметрів біогазового реактора переробки
органічних відходів»

Спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машин та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Новицький А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:
д.т.н., професор Голуб Г.А.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав:

Довгий О.В.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ - 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ)

Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
(назва кафедри)

д.т.н., професор

Калінін Є.І.

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Довгий Олександр Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машин та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Обґрунтування параметрів біогазового
реактора переробки органічних відходів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 04 лютого 2022р.

№ 203 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2022.10.01

(рік, місяць, число)

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виконати аналіз існуючих технологічних процесів виробництва біогазу в залежності від режимів;
2. Проаналізувати конструкційні особливості горизонтальних та вертикальних установок для виробництва біогазу;
3. Провести аналіз відомих теоретичних досліджень процесу перемішування біомаси в горизонтальних циліндричних пристроях;
4. Виконати техніко-економічну оцінку ефективності удосконаленого горизонтального біогазового реактора.

Дата видачі завдання “4” лютого 2022 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

Годуб Г.А.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

Довгий О.В.

(підпис)

(ПІБ)

РЕФЕРАТ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ.....	8
1.1. Технологічні особливості виробництва біогазу.....	8
1.2. Рідкофазне та твердофазне метанове зброджування органічної маси.....	15
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ.....	19
2.1. Визначення технологічних особливостей реакторів для виробництва біогазу.....	19
2.2. Аналіз конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для виробництва біогазу.....	23
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ.....	29
3.1. Аналіз теоретичних досліджень, що стосують процесів в біогазових реакторах.....	29
3.2. Фізико-механічні властивості біомаси для біогазового зброджування.....	34
РОЗДІЛ 4. ОПИС ТА РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО БІОГАЗОВОГО РЕАКТОРА.....	36
4.1. Обґрунтування вибору удосконалення конструкційних параметрів біогазового реактора.....	36
4.2. Розрахунки параметрів удосконаленого біогазового реактора.....	38
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ.....	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ.....	63

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 72 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 89 формул, 5 таблиць, 16 рисунків, списку використаної літератури 51 найменувань.

Мета роботи – підвищення ефективності виробництва біогазу, шляхом удосконалення біогазового реактора.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва біогазу та процес перемішування біомаси в біогазовому реакторі.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструкційно-технологічних параметрів біогазового реактора та якісних показників його роботи.

1. В першому розділі було розглянуто основну теорію та методи видобування біогазу. Був проведений аналіз сучасних методів переробки та утилізації відходів сільськогосподарського

2. В другому розділі було проаналізовано будову сучасних біогазових установок. В розділі порівняно конструкцію декількох біогазових установок

3. В третьому розділі було проаналізовано рух матеріальної частинки по лопаті перемішуючого пристрою біогазової установки

4. В четвертому розділі було запропоновано модернізовану конструкцію біогазової установки що має нову будову мішалки з вбудованим електронагрівачем. Також було проведено розрахунки урухомника мішалки.

5. В п'ятому розділі було проведено розрахунок капітальних затрат на будівництво біогазової установки, період окупності установки та її економічну ефективність.

БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, БІОГАЗ, МІШАЛКА, ТЕХНОЛОГІЯ БІОГАЗОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ, БІОМАСА.

ВСТУП

В багатьох розвинених країнах, енергетика на біомасі стає ефективною та прибутковою галуззю сільського господарства, конкурентноспроможною по відношенню до енергетики на викопних джерелах енергії. В наш час, наприклад, у Данії на частку біомаси припадає майже 8% всієї виробленої енергії в країні, в Австрії вона складає 14%, в Швеції – 22%, Фінляндії – 24%. В цілому, в країнах Європейського Союзу в середньому близько 15% загальної енергії отримано з біомаси, а у всьому світі даний показник рівний 16%. Ці цифри з кожним роком ростуть.

Біомасу використовували і раніше, але зараз її популярність різко виростає, так як при її використанні можна суттєво зекономити, враховуючи нестримний ріст цін на енергоресурси. Крім того біомаса є поновлюваним ресурсом енергії та нерідко використовується як побічний продукт виробництва, що іноді, навіть, полегшує сам процес виробництва. Використання біомаси також може знизити викиди CO₂, так як рослини поглинають приблизно стільки ж CO₂, під час їхнього росту, скільки виділяється при їх згоранні.

Одним із найбільш перспективних напрямків енергетичного використання біомаси є виробництво біогазу, що складається на 50-80 % із метану та 20-50% вуглекислоти. Виробництво біогазу з органічних відходів дає можливість вирішувати одночасно три задачі: енергетичну, агрохімічну (добрива) та екологічну.

Виготовляючи з біомаси біогаз з'являється можливість використовувати його на потреби виробництва. Так, наприклад, з 1 м³ біогазу, в залежності від вмісту метану, можна отримати від 1,5 до 2,2 kW електроенергії. При виробництві електроенергії виділяється і теплова енергія, яку також можна використовувати в цілях підприємства.

В процесі зброжування ми отримуємо не лише біогаз, а й висококонтроване, позбавлене нітратів, зерен бур'яну, хвороботворної мікрофлори органічне добриво. Дослиди показують, що використання такого добрива підвищують урожайність у 2-4 рази.

Виготовлення біогазу також запобігає викидам метану в атмосферу, знижує використання хімічних добрив, зменшує навантаження на ґрунтові води.

Китай уже має більше 7 млн біогазових установок з об'ємом реакторів 8-10 м³.

Це забезпечує теплом близько 30 млн селян. Індія має приблизно 500 тис малих (сімейних) установок. В країнах ЄС близько 600 установок, 18 з яких

переробляють в біогаз міські тверді відходи. В США в більшості працюють

великі біогазові установки по переробці міського твердого сміття з продуктивністю до 100 млн м³ газу в рік. В теперішній час біогазові установки,

що переробляють переважно відходи тваринницьких ферм розміщені в

Німеччині, Фінляндії, Франції, Бельгії, Швеції, Італії.

Потенціал України по розвитку виробництва біогазу великий. Наша держава

має чудово розвинене сільське господарство, відходи якого дають відмінну сировинну базу. За даними державного агенства по енергоефективності та

енергозбереженню, переробка тільки 37% відходів від роботи тваринницьких

та рослинницьких ферм дозволить отримати до 10 млрд м³ газу.

Зважаючи на те що економіка в значній мірі залежить від викопних ресурсів,

а також відповідно до міжнародних директив, в 2014 році був розроблений

Національний план робіт по відновлюваній енергетиці на період до 2022 року.

В свою чергу, Енергетична стратегія України на період до 2035 року

передбачає до 25% енергії виробленої з відновлюваних джерел енергії в тому числі і біогазу. Для реалізації цієї стратегії було введено «зелені тарифи», які

роблять вигідним виробництво електроенергії з біогазу. Правильно

розроблений біогазовий комплекс з врахуванням всіх особливостей та

конкретних умов, здатний не тільки відбити затрати на своє будівництво, а і в

майбутньому приносити прибуток завдяки продажу електроенергії по зеленому тарифу.

Відновлювана енергетика здатна демонструвати приріст щорічно на 1% і в перспективі зайняти більшу частину ринку. Крім екологічного впливу в вигляді зменшення викидів вуглекислого газу та утилізації тваринництва та рослинництва розвиток ринку біогазу дозволить:

- Зменшити залежність від викопних ресурсів;
- Створити нові робочі місця;
- Розвивати біотехнології та машинобудування;
- Згладжувати пікові навантаження в електромережі шляхом підключення додаткових когенераційних потужностей.

Враховуючи те, що ціна викопних джерел росте а їх кількість невпинно зменшується, розвиток альтернативної енергетики неминує. До цього підштовхує не лише погіршення екологічної ситуації а й міркування про економічну ефективність. Кожен новий біогазовий комплекс знижує залежність від покупного палива, та в кінці кінців впливає на економіку країни.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

1.1 Технологічні особливості виробництва біогазу

Біогаз – це насамперед суміш метану та вуглекислого газу, що утворюються бактеріями-метаногенами під час розкладання органічних сполук за анаеробних умов. Залежно від сировини, біогаз зазвичай містить 50-70% метану, 30-40% вуглекислого газу та сліди інших складових, таких як сірководень, водень та азот.

Біомаса, придатна для отримання біогазу, охоплює широкий спектр. В основному для збродження застосовуються рідкі відходи, із завислими твердими речовинами або без них, такі як гній, побутові стоки, промислові стічні води та шлам від біологічної або фізико-хімічної обробки стічних вод.

У таблиці 1.1 наведено перелік різних сировинних ресурсів для виробництва біогазу з комунальних, сільськогосподарських та промислових джерел. [1]

Вважається, що у сільському господарстві, відходи ВРХ є найбільшими джерелами викидів метану, в той час як свиноферми і плахоферми продукують у великій кількості аміак, сірководень і ряд інших токсичних летких сполук.

Основна небезпека відходів тваринництва для довкілля полягає у тому, що фосфор та азот, які входять до їх складу у високих концентраціях, спричиняють забруднення ґрунтових вод, а отже в подальшому і водою та джерел. Також, велику небезпеку представляє патогенна флора, що зазвичай міститься в таких відходах і може потрапити в ґрунт, а звідти – у харчові продукти.

При виборі біомаси для отримання біогазу важливим показником є загальний вміст сухої речовини (сухий залишок) – відсоткова частка твердої речовини в суміші. Із загального вмісту сухої речовини виділяють ще суху частку органічної речовини. Органічна суха речовина є параметром, який зазвичай використовується у характеристиці органічних відходів для виробництва біогазу. Загалом, вміст органічної сухої речовини в придатній для переробки сировини має становити від 70% до понад 95% від загального вмісту сухої

речовини. Продукти з вмістом органічної сухої речовини менше 60% рідко вважаються цінними субстратами для анаеробного бродіння.

Також на якість біогазу впливає ряд факторів, таких як тип і склад субстрату, температура та режим перемішування. Найпоширеніший показник

продуктивності – біологічний потенціал метаноутворення, який описує максимально можливий вихід метану, який може бути отриманий на одиницю маси твердої речовини в суміші. Оптимальне значення виходу метану знаходиться в межах 0,36 – 0,53 м³/кг органічної сухої речовини. Значення

біологічного потенціалу метаноутворення для деякої сировини Біогаз утворюється за рахунок анаеробного бродіння. Процес анаеробного бродіння

умовно поділяють на чотири фази, за типом процесів що відбуваються. Це фаза гідролізу, ацидогенезу та метаногенезу. Під час кожної фази працює свій

тип бактерій. При цьому кількість бактерій що приймають участь в кожній фазі рахується сотнями.

При фазі гідролізу, шляхом біохімічного розщеплення спочатку проходить розпад високомолекулярних сполук (вуглеводів, жирів, білків) на низькомолекулярні органічні сполуки.

На фазі ацидогенезу за участі кислотоутворюючих бактерій проходить подальший розклад з утворенням органічних кислот та їх солей а також спиртів CO₂ та H₂ а потім H₂S та NH₃.

І на фазі метаногенезу утворюється кінцеве бактеріальне перетворення органічних речовин в CO₂ та CH₄. Крім того CO₂ та H₂ утворюють в подальшому додаткову кількість CO₂ та CH₄.

Ці реакції протікають одночасно, при тому метаноутворюючі бактерії висувають набагато більше вимог до умов свого існування на відміну від кислотоутворюючих. Так вони потребують абсолютно анаеробного середовища та більше часу для відтворення. Швидкість та масштаб

анаеробного бродіння метаноутворюючих бактерій залежить від їх метаболічної активності.

Процес анаеробного зброджування розрізняють також за температурою при якому він відбувається. Існує три температурних діапазони при яких спостерігаються локальні максимуми інтенсивності процесу зброджування.

Основним показником цієї інтенсивності є об'єм виділеного газу за одиницю часу.

Перший температурний інтервал при якому відбувається зброджування називається психофільним. Психофільне зброджування проходить за температури 15°-25°С. Другий режим називається мезофільним та проходить за температури 30°-40°С. Третім температурним інтервал називається термофільним та проходить при температурі 50°-60°С.

В кожному більш теплом температурному режимі метаболізм бактерій проходить приблизно в двічі швидше ніж в попередньому. Відповідно біогаз виділяються в двічі швидше. Але вищий температурний режим більш не стабільний та більш примхливий ніж попередній. Через це найбільш прості біогазові установки працюють при психофільному режимі.

Доречи, бактерії які працюють в перших двох фазах функціонують набагато ефективніше при психофільному режимі. Через це існує технологія двохстадійного анаеробного зброджування коли реакція проходить в двох послідовно з'єднаних ємкостях. В першій ємкості проходять перші дві фази анаеробного бродіння при температурі до 25°С. У другій ємкості третя та четверта фази за температури 37°-38°С. Таке рішення дозволяє оптимізувати та стабілізувати протікання процесу для певних видів сировини [1].

Якщо взяти будь-яку органічну сировину та завантажити її в підходящу герметичну ємкість з газовідводом та забезпечити постійну температуру відповідного режиму та періодичне перемішування то ми отримаємо лабораторну установку з одноразовим завантаженням. Графік залежності виділення газу від часу буде виглядати як плавний горб. Це пояснюється тим, що кількість органічної сировини в ємкості обмежена, речовина розкладається і кількість нерозкладеної органіки зменшується і вихід газу також. З часом вихід газу взагалі припиняється. Це пояснюється тим що вся сировина

розклалася до неорганічних солей. Процес повного розкладання навіть при термофільному режимі займає дуже багато часу. В мезофільному режимі цей час вимірюється місяцями. Однак якщо прийняти до уваги тільки значення виділеного біогазу близького до максимального то цей час буде знаходитися в

діапазоні від двох до чотирьох тижнів для мезофільного режиму. Час цей залежить від складу вихідної сировини та називається тривалістю циклу анаеробного зброджування. Звичайно якщо зупинити зброджування в кінці цього циклу в реакторі залишиться частково не розкладена органіка. Зазвичай

глибина розкладання органіки в кінці циклу складає 40-60%. На таке «недоброджування» ідуть усвідомлено з метою отримання максимальної швидкості виходу біогазу та зменшення розмірів біогазової установки [1].

Звичайні біогазові установки не працюють так як лабораторні. В них відразу закладають повну порцію сировини, щоб заповнити реактор. Потім коли

реакція починається та стабілізується, сировину додають регулярно та невеликими порціями, одночасно зливаючи переброджену масу. Через це вираз «тривалість циклу» для них замінюється виразом «час гідравлічного перебування» в реакторі. Це умовна величина що характеризує середній час перебування порції субстрату в реакторі .

В силу вище перерахованих властивості техпроцесу біогазової установки не можливо абсолютно точно вирахувати наперед такі вихідні параметри, як конкретний набір хімічних реакцій, глибину розкладання біомаси, сумарний вихід біогазу та його склад .

Кількість «зовнішніх» факторів, що впливають на техпроцес сильно обмежено. Зазвичай це – температура, градієнт температури та швидкість зміни температури всередині реактора, ступінь герметичності реактора, частота подачі в реактор та розмір нової порції сировини, частота спускання шламу, частота та тривалість перемішування субстрату в реакторі.

Розрахувати це все практично не можливо, тому через це при проектуванні біогазових установок використовують експериментальні результати, отримані на лабораторних установках, моделюючих потрібний процес в мініатюрі.

Також збирається статистика діючих БГУ. Статистичні дані оброблюються, групуються та в результаті створюється таблиця рекомендованих параметрів техпроцесу та приблизні вихідні параметри при використанні різного виду сировини, але неточність даних таблиць може сягати до 50% [1].

Для підвищення точності розрахунків до декількох відсотків потрібно провести лабораторні дослідження та відповідні заміри. Тим не менше елементарні розрахунки зможуть допомогти оцінити границі виходу біогазу особливо верхню.

До «внутрішніх» факторів належать: склад кислот, інгібітори, живильне середовище, склад газу та концентрація твердих частинок [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Склад кислот [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Так як метаболічна активність та рівень відтворення у метаноутворюючих бактерій нижчій ніж у кислотоутворюючих при підвищенні кількості перетворених органічних речовин, може утворитися надлишок летких кислот, які знижують активність метанових бактерій. Зазвичай величина рН завдяки буферним властивостям субстрату при нерівномірному утворенні кислот утримуються на постійному рівні. Ці властивості проявляються шляхом утворення карбонатів у кількостях що перевищують кількість утвореного при бродінні CO_2 .

В якості оптимальних значень можуть бути названі:

- Лужність 1500...5000мг на 1л субстрату;
- Наявність летких кислот 600... 1500мл на 1л субстрату;

Признаки порушення процесу анаеробного бродіння

- Зниження лужності
- Підвищення вмісту летких кислот
- Підвищення частки CO_2 у добутому газі
- Зниження виходу газу

Інгібітори [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

До речовин, які при великій концентрації заважають життєдіяльності мікроорганізмів, насамперед належать важкі метали та їх солі, лужні метали, лужноземельні метали, аміак, нітрати, сульфиди, детергенти, органічні розчинники, антибіотики.

В таблиці 1 для деяких речовин наведено значення концентрації, які ведуть до значного зниження метаноутворення. Для детергентів, органічних розчинників та антибіотиків не має точних даних про критичні значення концентрації. В літературі вказано що навіть малі їх дози перешкоджають процесу бродіння.

Значення концентрацій, які ведуть до значного зниження метаноутворення в деяких речовинах

Речовини	Концентрація, мг на 1л субстрату
Мідь	10
Кальцій	8000
Натрій	8000
Магній	3000
Аміак	1500
Сульфід	200
Нітрати	50

Живильне середовище [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Одною з основних умов для безперешкодного розмноження бактерій є наявність живильного середовища яке містить як вуглекислий газ так і кисень для забезпечення цього процесу енергією, водень, азот, сірку та фосфор – для утворення білка, так і лужні метали, залізо та мікроелементи.

При цьому активність мікробної реакції в значній мірі визначається відношенням вуглецю та азоту. Найкращими є умови при відношенні C/N = 10...16.

Якщо у вихідному субстраті вуглеводів більше ніж білкових речовин то утворюється мала кількість амонійного азоту. Внаслідок цього виділяється менше CH_4 та більше H_2 та CO_2 що призводить до підвищення виходу кислот, тим самим зменшення pH та інтенсивності метанового бродіння. З іншої сторони надлишок білку та амінокислот призводить до підвищення значення pH більш ніж у 8 разів що також призводить до погіршення бродіння.

Склад газу [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Кількість та склад газу, утвореного внаслідок повного розкладання органічних елементів залежить від співвідношення C:H:O:N у вихідному матеріалі. З найважливіших з'єднань, що входять до складу органічних речовин жири дають найбільший вихід газу з високим вмістом CH_4 . Білкові речовини – трошки менший але також з високим вмістом CH_4 та вуглеводи – відносно мало газу з малим вмістом CH_4 .

Концентрація твердих частинок [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Передумовою високої інтенсивності реакції слугує безперешкодний обмін речовин на граничних поверхностях фаз, який повинен підтримуватися неперервним поновленням цих поверхонь за рахунок перемішування субстрату. Однак це можливо забезпечити лише в тому випадку, якщо в'язкість субстрату допускає свободу перемішування рідини та твердих частинок.

Верхня границя концентрації твердих частинок за якої можливе вільне перемішування субстрату в дрібнодисперсною суспензією твердих речовин відповідає 10-12%. При більших значеннях вихід газу суттєво знижується.

Особливості технології [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Практично досяжний в промисловій установці вихід газу залежить від багатьох факторів. Не правильно спроектована конструкція БГУ призводить до не повного розкладання субстрату, як наслідок до малого виходу газу.

додавання малих партій – до поганого використання робочого об'єму реактора.

Якщо реактор працюючий в дискретному режимі, заповняти надто швидко то порушується відношення між наявною кількістю активних бактерій та масою живильних речовин внаслідок чого обмін речовин не може протікати оптимальним чином, через це зменшується вихід газу за одиницю часу та на одиницю маси органічних речовин.

Технічний час збродження [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Потреба у часі необхідному для повного збродження маси, як правило дуже велика, як наслідок це приводить до використання реакторів великих розмірів.

Через це виходячи з економічних міркувань, зменшують час перебування маси в реакторі, свідомо йдучи на втрагу деякого об'єму газу.

Вибір тривалості перебування маси в реакторі залежить з одної сторони від швидкості реакції, з іншої сторони від заданого ступеню розкладу, що визначає вихід газу та послаблення інтенсивності запаху збродженої маси.

Крім того потрібно враховувати що при збільшенні часу зброджування підвищується вміст CH_4 в загальному об'ємі виділеного газу та одночасно зменшується вміст CO_2 це призводить до підвищення якості отриманого газу.

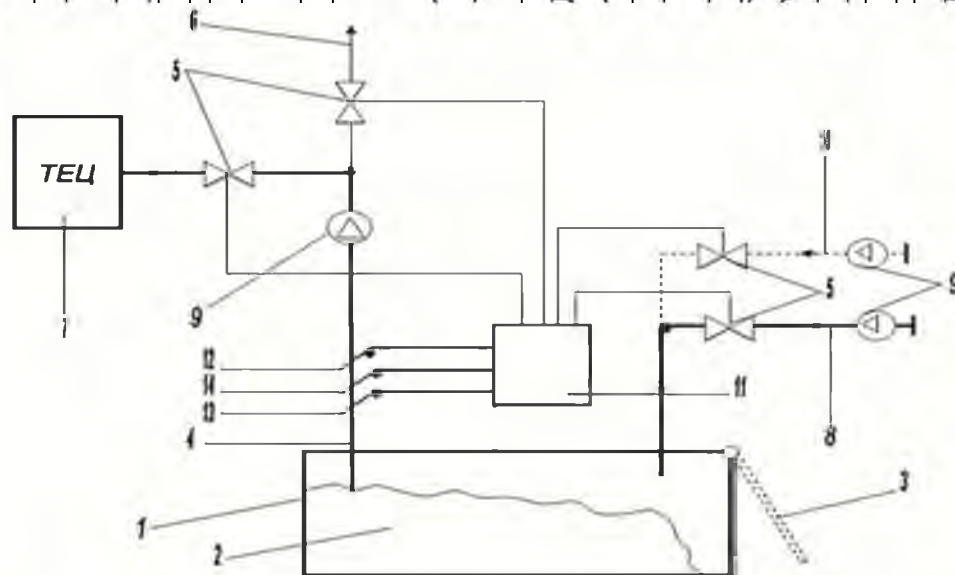
Інтенсивність перемішування [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Інтенсивним перемішуванням вмісту реактора досягається контакт бактерій із субстратом внаслідок постійної зміни орієнтації та поновленням граничних поверхностей окремих фаз, а також затрудняється накопичення проміжних та кінечних продуктів процесу розкладання. Перемішування також забезпечує рівномірний розподіл живильних речовин в об'ємі реактора. В цей же час воно перешкоджає утворенню осаду та плаваючої кірки та забезпечує перемішування маси в реакторі.

1.2 Рідкофазне та твердофазне метанове зброджування органічної маси

Сучасні біогазові установки розділяються на два види за технологією підготовки і бродіння сировини: рідкофазна (вологість зброджуваної органічної маси більше 85%) і твердофазна (вологість органічної маси менше 85%).

Твердофазне бродіння — серія послідовних операцій (рис. 1). Вихідна сировина, наприклад, біологічні відходи, гній, щлам, жири або зелена маса, поміщаються у герметично закритий ферментер і, як правило, нагріваються та перемішуються. При цьому внаслідок анаеробних процесів утворюється біогаз. Наразі він застосовується в основному для комбінованого виробництва електроенергії і тепла в блоках міні-ТЕЦ.



1 — ферментер; 2 — біомаса; 3 — завантажувально-розвантажувальний отвір; 4 — вихід біогазу; 5 — клапан; 6 — газопровід; 7 — блок ТЕЦ; 8 — лінія відпрацьованого газу ТЕЦ; 9 — вентилятор; 10 — лінія свіжого повітря; 11 — пульт управління; 12 — датчик метану; 13 — датчик концентрації вуглекислого газу; 14 — датчик для визначення об'ємної витрати біогазу.

Рисунок 1. Схема твердофазної біогазової установки

Газову суміш очищають від сірководню (H_2S) і подають до газопоршневого двигуна, який приводить в обертання генератор. Вироблений таким чином електричний струм надходить у мережу. Тепло із системи охолодження двигуна і тепло вихідних газів відводяться за допомогою теплоносія для подальшого використання. Частина цього тепла (15–30%) необхідна для

підігріву біосировини та підтримання вибраної температури ферментації, оскільки бактеріальні штами, що відповідають за розкладання біомаси, найбільш продуктивні в діапазоні температур від 37 °С (мезофільні) до 55 °С (термофільні). Надлишкове тепло може бути використане різними споживачами.

Найбільш ефективні установки з цілорічним використанням тепла. В деяких проектах біогаз збагачується і закачується у газопровід. Таким чином, зростають шанси для будівництва біогазової установки в тих зонах, де відсутні виробники тепла. Збагачений біогаз також може бути використаний як паливо

в автотранспорті. Після метанового зброджування залишковий субстрат практично не має неприємного запаху і застосовується як органічне добриво у сільськогосподарському виробництві.

З метою визначення впливу технологічних показників, які необхідні для вибору режимів ферментації гною та конструктивно-технологічних параметрів ферментера на вихід біогазу під час твердофазної ферментації органічної сировини в анаеробних умовах були проведені експериментальні дослідження. Свіжий підстилковий гній ВРХ завантажувався у ферментер дискретно чотири рази на добу через 6 годин відповідно до експозиції зброджування.

Основним критерієм оцінки роботи ферментера при проведенні експериментальних досліджень був показник питомого виходу біогазу з кілограма сухої речовини. Вихід біогазу контролювався щодобово газовим лічильником, показники якого заносились у журнал випробувань ферментера.

В результаті експериментальних досліджень отримано рівняння регресії, яке встановлює залежність питомого виходу біогазу від температури, експозиції зброджування і вологості гною ВРХ, котре має такий вигляд:

$$V = 94,2 - 2,235W - 0,6389T - 0,4358\tau + 0,0146W^2 + 0,0047T^2 + 0,0042\tau^2 + 0,0032WT + 0,0045W\tau - 0,0002T\tau$$

де: V — питомий вихід біогазу, л/кг сухої маси за добу;

W — вологість біомаси, %;

T — температура зброджування, °С;

τ — експозиція зброджування, діб.

Графічна інтерпретація рівняння (1) приведена на рис. 2. З цього видно, питомий вихід біогазу однозначно збільшується з підвищенням вологості гною та температури й експозиції зброджування. Так, при експозиції ферментації гною 15 діб та при вологості зброджуваної маси гною ВРХ $W=77\%$ і температурі зброджування $T=35^{\circ}\text{C}$ питомий вихід біогазу не перевищував 1 л/кг сухої маси за добу, а при вологості зброджуваної маси $W=87\%$ та температурі зброджування $T=53^{\circ}\text{C}$ питомий вихід біогазу перебував у межах 4–5 л/кг сухої маси за добу (рис. 2).

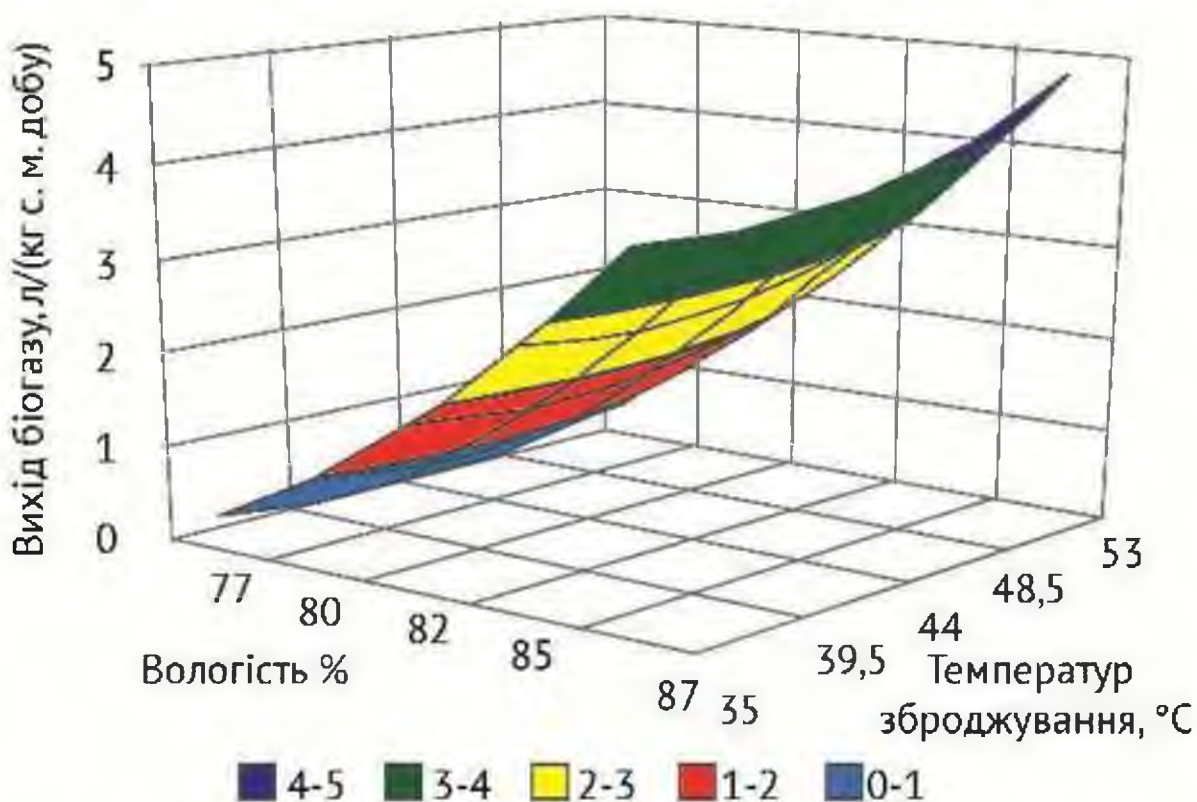


Рисунок 2. Залежність виходу біогазу від температури зброджування і вологості біомаси

За температури зброджування $T=44^{\circ}\text{C}$ та експозиції ферментації гною до 25 діб, вологості зброджуваної маси гною ВРХ $W=77\%$ питомий вихід біогазу не перевищує 1 л/кг сухої маси за добу. При тій же температурі зброджування вихід біогазу в межах 4–5 л/кг сухої маси за добу спостерігався при вологості гною $W=87\%$ і експозиції зброджування 20–25 діб.

За вологості гною $W=82\%$ збільшення виходу біогазу спостерігалось лише через 15 днів зброджування. При цьому виявлений неоднозначний вплив температури на питомий вихід біогазу. Найнижчий вихід біогазу спостерігався за температури зброджування у межах від 37 до 39 °С.

У питанні розвитку технологій твердофазного зброджування необхідно приділяти увагу удосконаленню мікробіологічних процесів ферментації біомаси та пошуку ефективних конструктивно-технологічних рішень ферментерів, особливо це стосується технологічних операцій завантаження біомаси, її безперервного перемішування і дотримання стабільного температурного режиму роботи ферментера.

Таким чином, низька ефективність процесу виділення метану під час твердофазного бродіння в наявних біореакторах обумовлена передусім відсутністю засобів для проведення належної гомогенізації реагуючої біомаси.

При твердофазному зброджуванні, залежно від фізичного стану сировини, а також потреб замовника, варіанти виконання біогазових установок можуть відрізнятися як технологіями переробки, так і устаткуванням. Кожен проект біогазової установки індивідуальний, але створений із застосуванням типових рішень, адаптованих до навколишніх умов.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

2.1. Визначення технологічних особливостей реакторів для виробництва біогазу

Слід сказати, що біогазові установки мають досить просту будову. Сучасні моделі таких установок мають достатній ступінь автоматизації та потребують мінімального контролю зі сторони людини.

Сучасна біогазова установка складається з:

- Перехідної ємності, в котру потрапляє сировина з самого початку переробки для підігрівання;
- Міксерів для подрібнення великих частин трави та гною;
- Ємності для газу (газгольдера), в якій зберігається отриманий газ. Газгольдер необхідний для підтримання запасів та тиску в системі;
- Біореактору, головної частини біогазової установки, в якій проходить процес бродіння та виробляється біогаз.
- Газової системи, набору труб та шлангів для подачі та відводу отриманого газу;
- Сепараторів, що сортують перероблену сировину на тверді та рідкі добрива
- Насосів для перекачки сировини та води;
- Вимірювальних пристроїв для контролю тиску в реакторі та температури нагрівачої рідини;
- Когенераційної станції, що слугує для розподілу отриманого газу.
- Аварійного пальника, для стравлювання надлишкового газу з реактора та газгольдера, необхідний для підтримання заданого тиску.

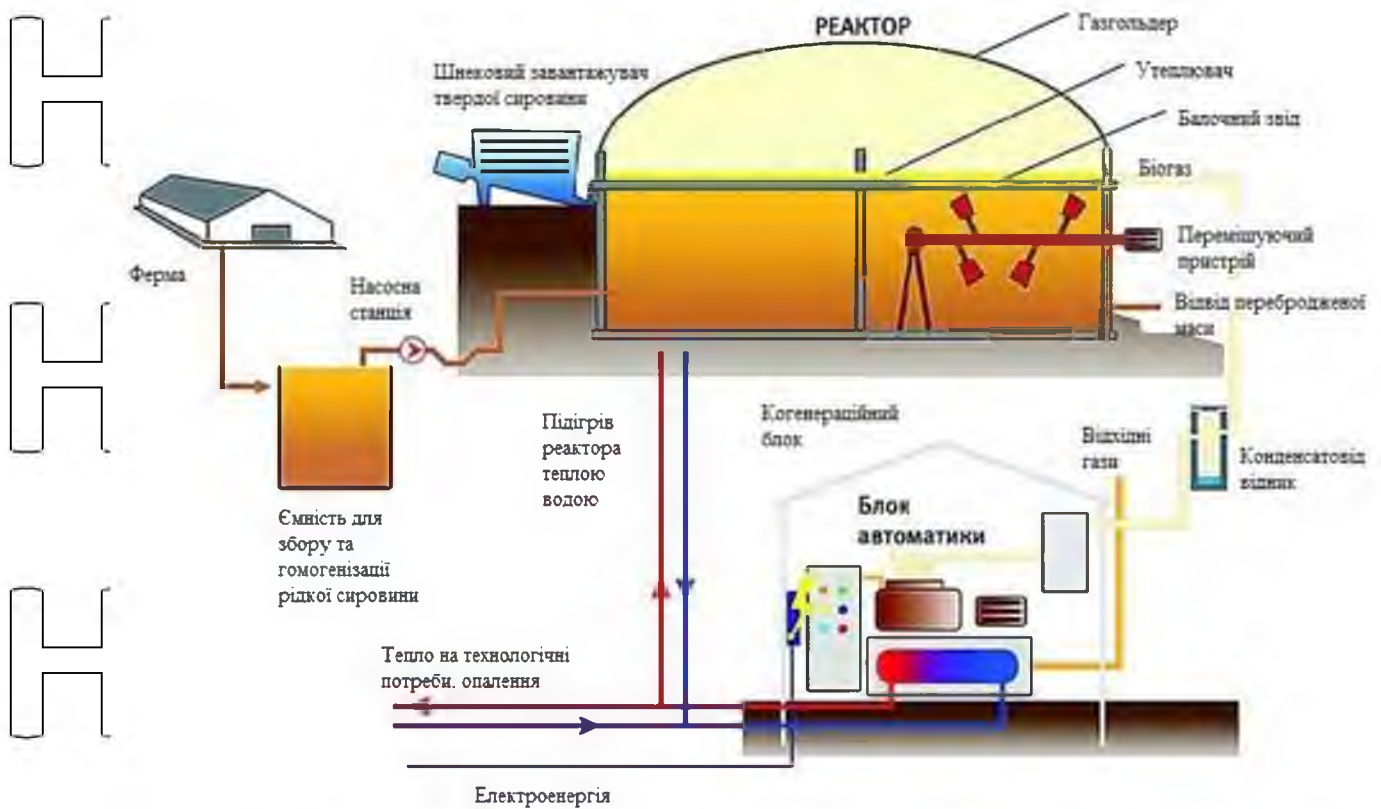


Рис. 2.1 Організація переробки відходів тваринництва та рослинництва в біогаз.

НУБІП України

На перший погляд здається, що будова біогазової установки занадто складна та заплутана, а до складу її входять дорогі агрегати та компоненти. Але насправді це не зовсім так.

НУБІП України

Більшість компонентів мають грізні назви, але в їх основі лежать звичайні повсякденні предмети. В будь-якому випадку схожі конструкції використовуються людьми по всьому світі, а отже з принципом роботи установки можна розібратися без всяких зусиль [4].

НУБІП України

НУБІП України

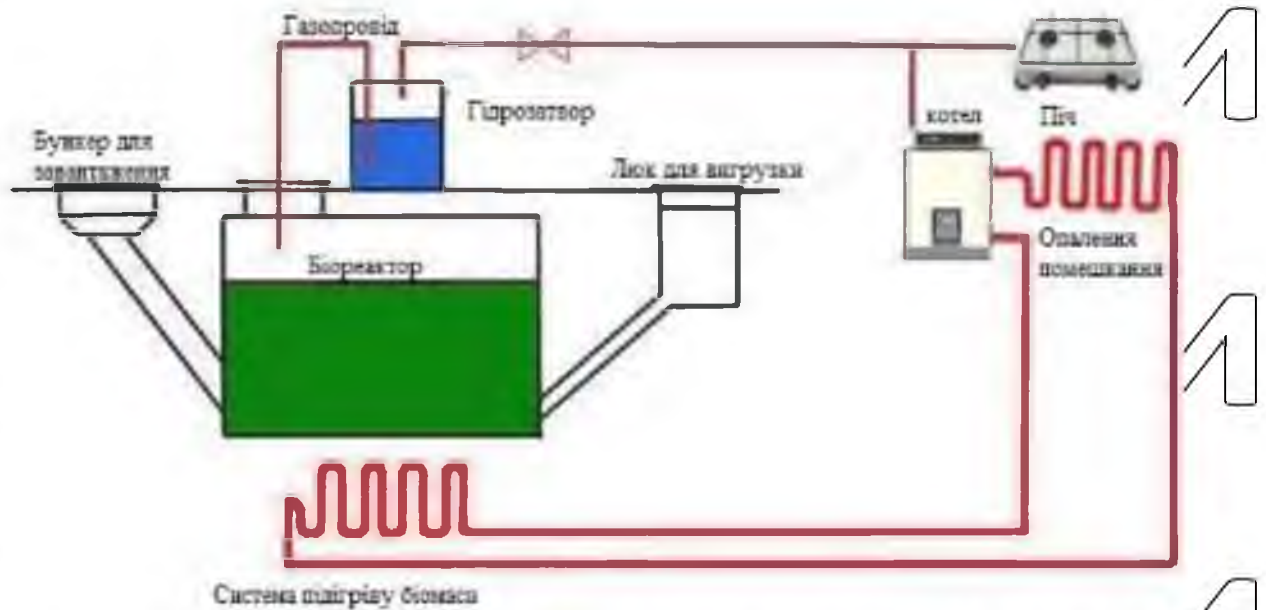


Рис 2.2-Схема установки для переробки знобу в біогаз

Автоматизована система більш дорога але потребує мінімум уваги при експлуатації.

Біогазова установка по типу розміщення може бути:

- Надземною
- Напівзаглибленою
- Заглибленою

Більших затрат потребує заглиблена установка, так як вимагає великий об'єм земельних робіт. Але експлуатувати їх в наших умовах простіше – легше зробити утеплення, менші затрати на підігрів субстрату.

Особливості конструкції біогазових реакторів

Дно має нахил від впускного вікна до вилускного вікна. Це забезпечує утворення безперервного рухливого потоку. На Рис.2.3. показано три типи конструкції біогазового реактора: тип А, тип В та тип С.

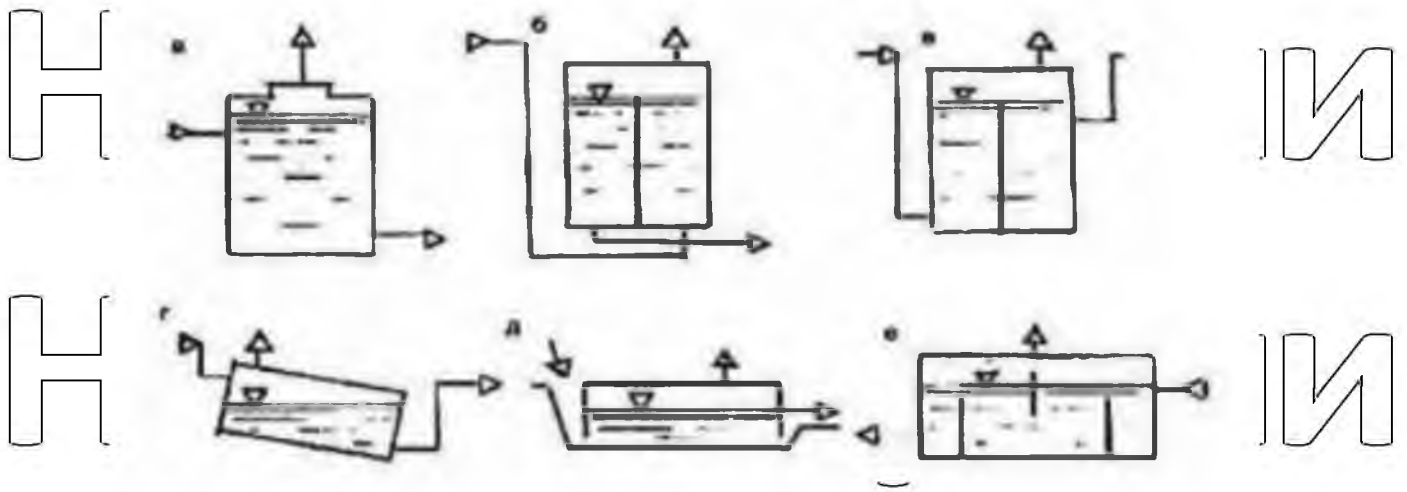


Рис.2.3 Форми біореакторів та варіанти розташування локів

завантаження та розвантаження реактора

а – циліндричний реактор з верхнім завантаженням, б – циліндричний реактор з нижнім завантаженням, в – циліндричний двосекційний реактор, г – похилий реактор; д – траншейний реактор з плаваючим покриттям; е – горизонтальний секційний реактор.

Біогазовий реактор типу А: Влаштований найпростіше. Видалення рідкої субстанції передбачено тільки через випускне вікно силою тиску біогазу в середині камери бродіння.

Біогазовий реактор типу В: Основний басейн обладнаний вертикальною трубою в центрі, через яку в процесі експлуатації можна проводити подачу або видалення рідкої субстанції в залежності від необхідності. Крім того для утворення потоку субстанції через вертикальну трубу цей тип реактора має дефлекторну перегородку на дні основного басейну.

Біогазовий реактор типу С: Має конструкцію схожу з реактором В. Але обладнаний ручним поршневым насосом простої конструкції, що встановлений в центральній вертикальній трубі, а також інші дефлекторні перегородки встановлені на дні основного басейну. Ці конструкторські особливості допомагають ефективно контролювати параметри основних технологічних процесів в основному басейні за рахунок простоти експрес

проб. В реакторі даної конструкції, більш повно проходить дифузія (перемішування) субстрату, що в свою чергу пришвидшує вихід газу.

Оптимальним режимом роботи біогазової установки є регулярне завантаження та вивантаження субстрату. Дана операція може проводитися один або два рази за добу. Гній або інші компоненти попередньо збираються в накопичуваних ємкостях, де доводяться до потрібної кондиції: подрібнюються, при необхідності зволожуються та перемішуються. Для зручності в даній ємкості може бути механічна мішалка.

Підготовлений субстрат виливається в завантажувальний люк. Якщо розташувати підготовчу ємність на сонці, субстрат буде попередньо нагріватися, що зменшить витрати на підтримання потрібної температури. Глибину установки приймального бункеру бажано розрахувати так, щоб відходи стікали в нього самопливом. Те саме стосується вивантаження в біореактор.

Найкращим варіантом є той коли підготовлений субстрат буде рухатися самопливом, а відгороджувати його на час підготовки буде заслінка [5].

2.2. Аналіз конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для виробництва біогазу

В даному розділі проведено аналіз горизонтальних біогазових реакторів.

Наведені метантенки вважаються простішими за будовою та більш економічно вигідними ніж вертикальні біореактори. Але в свою чергу в них є декілька суттєвих недоліки, це погане перемішування субстрату та неефективне його прогрівання. [10].

Першою розглянемо біогазову установку з ручним завантаженням та без перемішування та підігрівання сировини. Дана установка призначена для невеликих фермерських господарств та розрахована на об'єм від 1 до 10 м³

Перевагою цієї установки є її проста будова, вона складається з: реактору, бункера завантаження, водяного затвору, люку для доступу в реактор, клапану для відводу біогазу, труби для вивантаження



Рис. 2/4 Схема елементарної біогазової установки з ручним завантаженням без перемішування та підігрівання субстрату.

На жаль, в даній установці багато недоліків. Через відсутнє перемішування утворюється осад та поверхнева кірка, що негативно впливає на швидкість та якість метанового збродження. Відсутність підігрівання субстрату робить процес збродження довготривалим та нестабільним.

Наступною розглянемо біогазову установку з газгольдером, пневматичним завантаженням та перемішуванням сировини реакторі.

Відмінною особливістю цієї біогазової установки, призначеної для середніх і великих сільських господарств, є наявність спеціальної ємності для підготовки сировини, звідки воно подається за допомогою компресора в бункер завантаження, а потім за допомогою стиснутого біогазу – в реактор установки. Для роботи системи обігріву використовується частина виробленого біогазу. Установка забезпечена автоматичним відбором біогазу і газгольдером для

його зберігання. Наявність системи обігріву дозволяє експлуатувати біогазову установку у всіх режими зброджування.

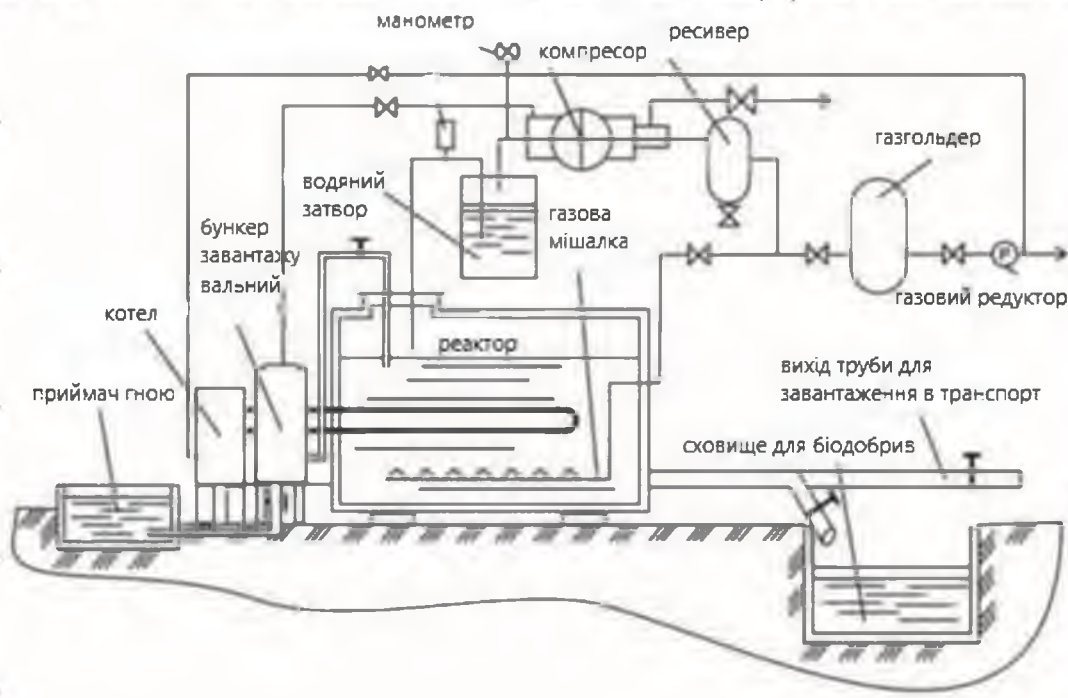


Рис. 2.4 Схеми біогазової установки з газгольдером, пневматичним завантаженням та перемішуванням сировини реакторі.

В даній установці залишилися ті ж самі мінуси що і в попередньої. Це нерівномірне перемішування та підігрівання, тим більше під час пневматичного завантаження та перемішування ми будемо зазнавати втрати біогазу.

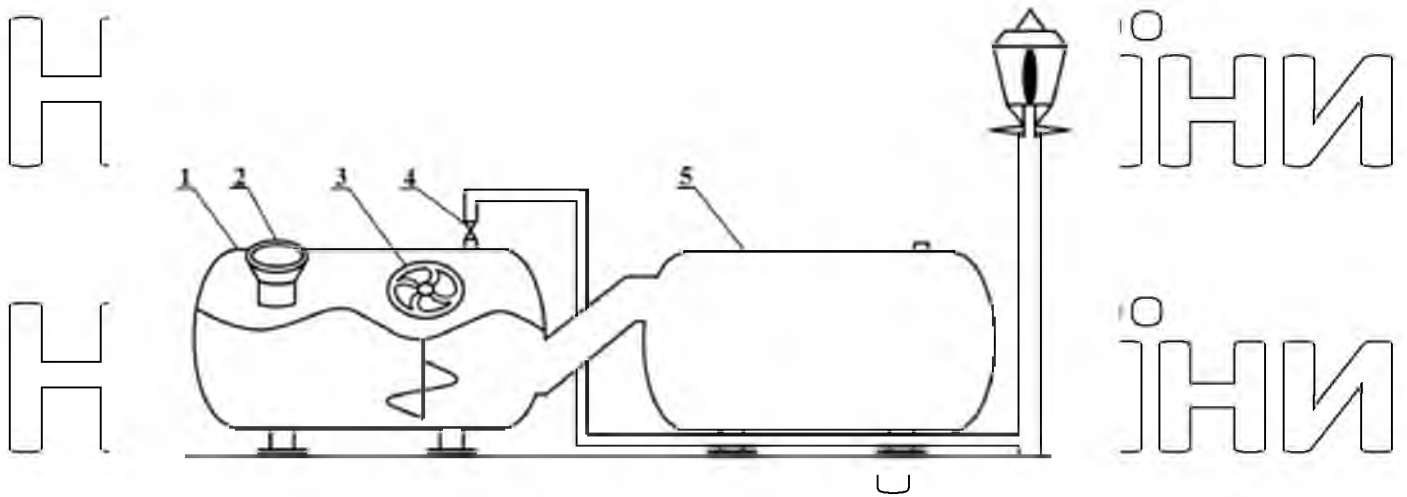


Рис. 2.5. [9] Біогазова установка:

1 – корпус циліндричного реактора; 2 – патрубок для завантаження біомаси; 3 – перемішувач; 4 – патрубок виводу біогазу; 5 – додаткова смітник для біомаси.

На рис. 7 наведена горизонтальна біогазові установка з поперечним перемішуванням.



Рис. 2.6. Двофазний ферментер:

1 – циліндричний реактор; 2 – калібратор для підготовки біосировини; 3 – зневоднювач біомаси.

Конструкція зображена на Рис. 7 має найбільш енергоефективну конструкцію, оскільки на протязі всього зброджування біомаси мікроорганізми осідають до низу то ефективне перемішування прискорює процес зброджування та

підвищує якість біогазу. Є лише один суттєвий недолік – потрібно застосовувати декілька електроприводів для перемішування, що негативно впливає на енерговитрати. В даному ферментаторі перша фаза застосовується для доведення біомаси до однорідної густини та встановлюється оптимальний рівень кислотності, під час другої фази відбувається вже сам процес бродіння.

Висновки

Після проведеного аналізу можна зробити висновок, що горизонтальні циліндричні реактори існують двох типів: обертові та з обертовою мішалкою.



Рис. 8. Схема існуючих горизонтальних циліндричних реакторів [10]

1. Основні вимоги до горизонтальних циліндричних реакторів

Тип реактора	Вимоги до параметрів реакторів:					
	завантаження біомаси	якісне видалення біомаси	підтримання заданих температурних режимів	рівень продуктивності	ефективне перемішування	
Обертвий	Плаваючі у рідині	+	-	+	-	+
	Плаваючі у біомасі	+	-	+	-	+
Обертвий	Стационарні із рухомими лопатками	+	-	+	-	-
	Стационарні із фіксованими лопатками	+	-	+	-	+
З обертвою мішалкою	Лопатеві із поперечним перемішуванням	+	+	-	+	+
	Лопатеві із повздовжнім перемішуванням	+	-	+	+	+
	Шнекові із поперечним перемішуванням	+	-	-	+	+
	Шнекові із повздовжнім перемішуванням	+	+	-	+	-

Обертвові реактори розрізняють за типом субстрату який в них знаходиться, це можуть бути ферментери плаваючі в рідині або в біомасі, вони можуть мати як рухомі так і фіксовані лопатки. Окремо можна виділити горизонтальні циліндричні реактори в середині яких знаходиться обертвий перемішувачий пристрій (мішалка). Їх в свою чергу можна поділити на реактори з лопатевим та шнековим органом, які в свою чергу виконують поперечне та повздовжнє змішування [10].

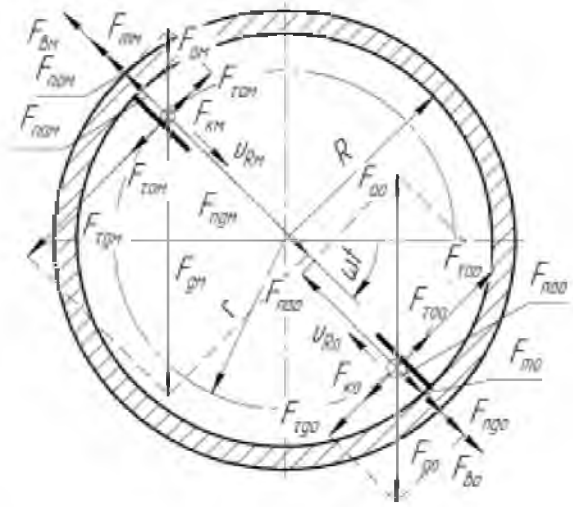
НУБІП УКРАЇНИ

3.1 Аналіз теоретичних досліджень, що описують процеси в біогазових реакторах

Для проведення розрахунків будь якої модульної установки для початку потрібно визначитися із значенням переміщення та відносної швидкості частинок біомаси що знаходяться на перемішувачих лопатках біогазового реактора.[11]

реактора.[11]

НУ
 НУ



ИИ
 ИИ

Рис. 3.1. Схема дії сил на мінеральну (м) та органічну (о) частинки субстрату що взаємодіють із перемішувачими лопатками:

F_g – сила тяжіння, Н; F_a – сила Архімеда, Н; F_t – сила тертя, Н; F_k – Коріолісова сила інерції, Н; F_v – відцентрова сила інерції, Н; F_p – сила опору субстрату, яка протидіє руху частинки у радіальному напрямку, Н; F_{to} – сила, що притискує частинку до лопатки завдяки опору субстрату, Н; r – поточний радіус положення частинки субстрату, м; u_R – відносна швидкість частинки під час руху по лопатці, м/с; R – внутрішній радіус реактора, м; ωt – кут повороту реактора, рад.

НУБІП УКРАЇНИ

Перед розрахунком також маємо на увазі те що матеріальні частинки мають більшу густину, а органічні – меншу ніж середня густина субстрату в реакторі. Визначивши за Рис. 1 які сили будуть діяти на частинку складаємо диференційне рівняння руху мінеральної та органічної частинки біомаси у вигляді матеріальної точки на лопатці мішалки біореактора. Рівняння має такий вигляд.

$$m \frac{dv_R}{dt} = F_{na} \pm F_b \pm F_m \pm F_{no} \pm F_{ng} \quad (3.1)$$

де F_b – відцентрова сила інерції частинки, Н;

F_f – сила тертя частинки, Н;

F_{na} – складова сили Архімеда, що діє вздовж лопатки на частинку, Н;

F_{no} – сила опору субстрату, яка протидіє руху частинки в радіальному напрямі,

Н;

F_{ng} – складова сили тяжіння частинки, що діє вздовж лопатки, Н;

v_R – відносна швидкість частинки під час руху по лопатці, м/с.

Сила тертя визначається силами, що притискують частинки до лопатки:

$$F_m = f (F_{to} + F_{tg} - F_{ta} - F_k) \quad (3.2)$$

де F_{to} – сила, що притискує частинку до лопатки завдяки опору субстрату, Н;

F_{tg} – складова сили тяжіння частинки, що діє перпендикулярно до лопатки,

Н; F_{ta} – складова сила Архімеда для частинки, що діє перпендикулярно до

лопатки, Н;

F_k – Коріолісова сила інерції частинки, Н;

Враховуючи що:

$$F_b = m_c \omega^2 r; \quad F_g = m_c g; \quad F_a = \rho_c g V_c; \quad F_k = 2 m_c \omega \frac{dr}{dt} \quad (3.3)$$

$$F_{no} = m_c k_1 \frac{dr}{dt}; \quad F_{to} = m_c k_1 r \omega \quad (3.4)$$

де m_c – маса частинки, кг;

ω – кутова швидкість обертання реактора, с-1;

r – поточний радіус положення частинки субстрату, м;

g – прискорення земного тяжіння, м/с²;

$V_{ч}$ – об'єм частинки, м³;

k_1 – коефіцієнт пропорційності при ламінарному обтіканні частинок

субстратом, с-1, $k_1 = 18\eta(\text{rad}\cdot\text{s}^{-1})^2$;

k_2 – коефіцієнт співвідношення густини субстрату і частинки, $k_2 = \rho_c / \rho_{ч}$;

ρ_c – густина субстрату, кг/м³;

$\rho_{ч}$ – густина частинки, кг/м³;

η – динамічна в'язкість субстрату, Па·с;

$d_{е}$ – еквівалентний діаметр частинки, м.

Із врахуванням формул 3 та 2 рівняння руху частинок субстрату по поверхні лопатки обертового реактора можна записати так:

$$\frac{d^2r}{dt^2} + (2f\omega - k_1) \frac{dr}{dt} - (\omega^2 + k_2\omega)r = g[f(\pm 1 \mp k_2)\cos(\omega t) + (\pm k_2 \mp 1)\sin(\omega t)] \quad (3.5)$$

Це рівняння є лінійним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами та правою частиною у вигляді тригонометричного поліному [12]. Відповідне до нього однорідне диференціальне рівняння буде мати вигляд

$$\frac{d^2r}{dt^2} + (2f\omega - k_1) \frac{dr}{dt} - (\omega^2 + k_2\omega)r = 0 \quad (3.6)$$

Характеристичне рівняння цього однорідного диференційного рівняння буде мати вигляд:

$$\lambda^2 + (2f\omega - k_1)\lambda - (\omega^2 + k_2\omega)r = 0 \quad (3.7)$$

Загальний розв'язок диференційного рівняння буде мати вигляд:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + r_{\text{пр}} \quad (3.8)$$

де C_1, C_2 – постійні величини диференційного рівняння. Частковий розв'язок

неоднорідного диференційного рівняння запишемо у вигляді

тригонометричного полінома

Рівняння 4 представляємо у вигляді:

$$[M \omega^2 \cos(\omega t) - N \omega^2 \sin(\omega t)] + (2f\omega - k_1) \times [-M \omega \sin(\omega t) + N \omega \cos(\omega t)] - (\omega^2 + k_1 \omega) \times [M \omega \cos(\omega t) - N \omega \sin(\omega t)] = g f (\pm 1 \mp k_2) \cos(\omega t) + g (\pm k_2 \mp 1) \sin(\omega t) \quad (3.9)$$

Для знаходження коефіцієнтів M і N використовуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (-2\omega^2 - f k_1 \omega) M + (2f\omega^2 - k_1 \omega) N = g f (\pm 1 \mp k_2) \\ (-2f\omega^2 + k_1 \omega) M + (-2\omega^2 - f k_1 \omega) N = g (\pm k_2 \mp 1). \end{cases} \quad (3.10)$$

Розв'язавши дану систему методом Крамера.

$$\begin{aligned} \Delta &= \begin{vmatrix} -2\omega^2 - f k_1 \omega & 2f\omega^2 - k_1 \omega \\ -2f\omega^2 + k_1 \omega & -2\omega^2 - f k_1 \omega \end{vmatrix} = \omega^2 [4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)]; \\ \Delta_M &= \begin{vmatrix} g f (\pm 1 \mp k_2) & 2f\omega^2 - k_1 \omega \\ g (\pm k_2 \mp 1) & -2\omega^2 - f k_1 \omega \end{vmatrix} = \omega g k_1 (f^2 + 1) (\pm k_2 \mp 1); \\ \Delta_N &= \begin{vmatrix} -2\omega^2 - f k_1 \omega & g f (\pm 1 \mp k_2) \\ -2f\omega^2 + k_1 \omega & g (\pm k_2 \mp 1) \end{vmatrix} = 2\omega^2 g (f^2 + 1) (\pm k_2 \mp 1). \end{aligned} \quad (3.11)$$

Стримаємо:

$$M = \frac{\Delta_M}{\Delta} = \frac{gk_1(f^2 + 1)(\pm k_2 \mp 1)}{\omega [4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)]},$$

$$N = \frac{\Delta_N}{\Delta} = \frac{2g(f^2 + 1)(\pm k_2 \mp 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)}.$$
(3.12)

Тоді частковий розв'язок неоднорідного диференційного рівняння руху частинки має вигляд:

$$r_{\text{ш}} = \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} \left(\pm \frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) + 2 \sin(\omega t) \right).$$
(3.13)

Повний розв'язок неоднорідного диференційного рівняння руху частинки як сума загального та часткового розв'язання 19 матиме вигляд:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) +$$

$$+ \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} \left(\pm \frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) + 2 \sin(\omega t) \right).$$
(3.14)

Відносна швидкість мінеральної частинки під час руху по лопатці складає:

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) +$$

$$+ \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} (2\omega \cos(\omega t) \mp k_1 \sin(\omega t)).$$
(3.15)

Для знаходження постійних диференціювання C_1 та C_2 запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = R \mp \frac{k_1 k_3}{\omega} \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 = -2\omega k_3. \end{cases} \quad (3.16)$$

Розв'яжемо дану систему методом Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 \end{vmatrix} = \lambda_2 - \lambda_1;$$

$$\Delta_{C_1} = \begin{vmatrix} R \mp \frac{k_1 k_3}{\omega} & 1 \\ -2\omega k_3 & \lambda_2 \end{vmatrix} = \lambda_2 \left(R \mp \frac{k_1 k_3}{\omega} \right) + 2\omega k_3;$$

$$\Delta_{C_2} = \begin{vmatrix} 1 & R \mp \frac{k_1 k_3}{\omega} \\ \lambda_1 & -2\omega k_3 \end{vmatrix} = -2\omega k_3 - \lambda_1 \left(R \mp \frac{k_1 k_3}{\omega} \right);$$

(3.17)

Знайшовши постійні інтегрування, ми можемо визначити відстань, що проходять частинки біомаси по поверхні лопатки перемішувального пристрою та встановити як змінюється їхня швидкість за вибраний проміжок часу [11].

3.2. Фізико-механічні властивості біомаси для біогазового зброджування
 Головною частиною біогазової установки є реактор для зброджування біомаси, тип якого та визначає їх принципову в дієвність. За цим принципом нами складена класифікація біогазових установок, призначених для анаеробного зброджування біомаси різного вигляду та складу, рис. 6.8.

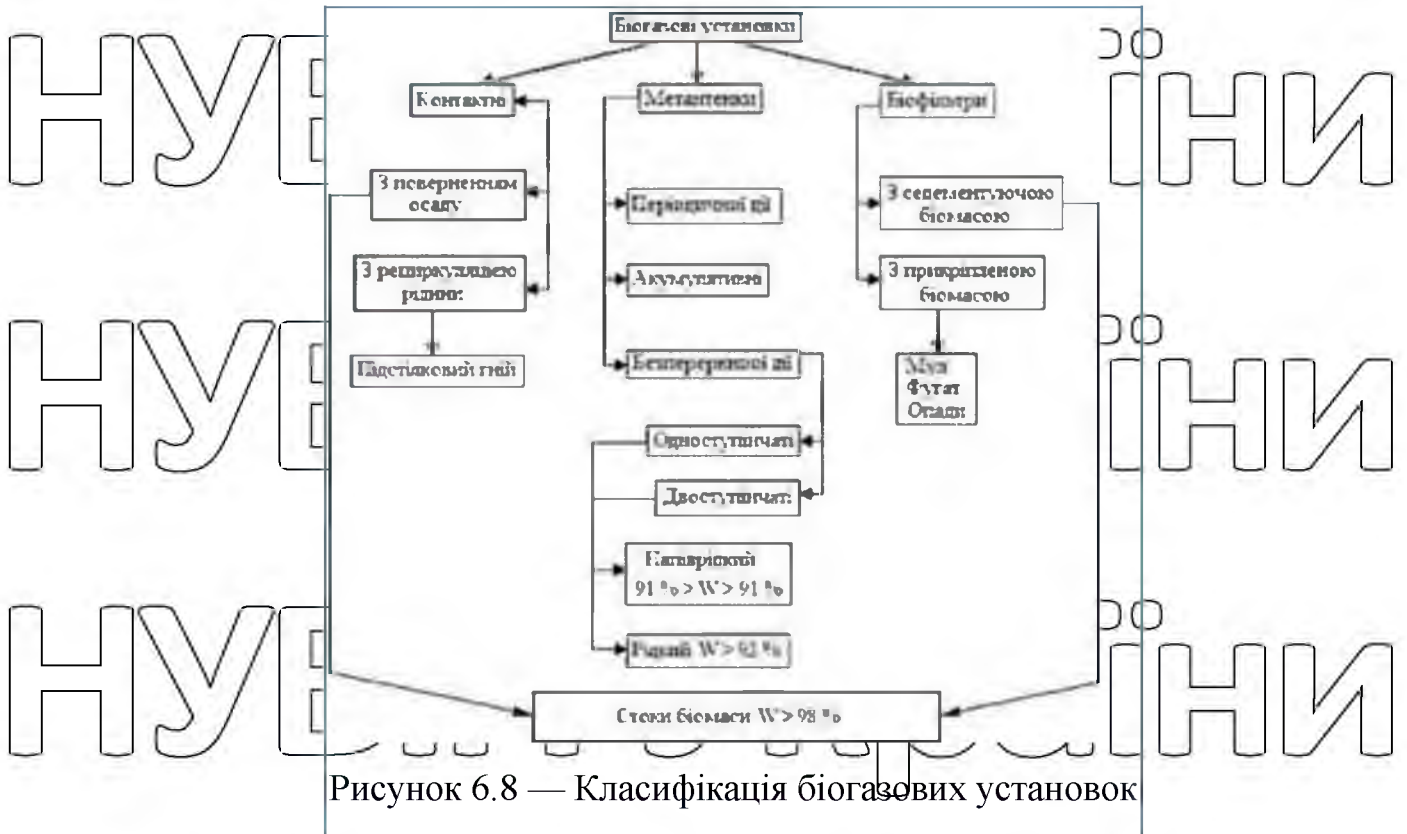


Рисунок 6.8 — Класифікація біогазових установок

Різні конструктивні та технологічні рішення відносяться головним чином до так званих реакторів першого покоління, традиційних метантенків. Ці метантенки (іноді) мають дві або більше секцій, де здійснюється часткове розділення стадій анаеробного зброджування.

Конструкції метантенків достатньо різноманітні, відрізняються головним чином гідравлічним режимом (проточні або періодичного наповнення) і способами завантаження (безперервний або періодичний). При безперервній (проточній) схемі біомаса завантажують безперервно або через (до 10 разів на добу) певні проміжки часу, видаляючи таку ж кількість зброженої маси. При дотриманні всіх умов зброджування така схема дозволяє одержати максимальний вихід біогазу. При періодичній схемі метантенки (їх звично два) завантажують по черзі.

При цьому свіжу біомасу змішують із залишками зброженого біомаси. Газ починає утворюватися після закінчення 5... 10 діб і при досягненні максимальної кількості поступово знижується до мінімуму. Потім зброжений біомаса вивантажується і метантенки знову завантажують свіжою біомасою.

Одним з варіантів традиційного метантенка можна рахувати анаеробні біомаса сховища. При цьому передбачається застосування синтетичних покриттів для збору біогазу, підтримка температури і рН, обережне перемішування, рециркуляція біомаси, що знаходиться в ньому. Перевагами анаеробних біомаса сховищ є простота їх споруди, низька чутливість до високого змісту зважених речовин. Недоліки — потреба у великих площах, великі втрати тепла в зимовий час

Аналіз конструктивних рішень біогазових установок показав, що більшість з них має одноступінчатий реактор проточного типу з повним перемішуванням.

їх загальне число складає 68 % від всіх типів реакторів, що знаходяться в експлуатації. Разом з цим досвід експлуатації вітчизняних і зарубіжних установок для анаеробного зброджування біомаси показує, що при використуванні одноступінчатих реакторів мають місце «проскакування» необробленої біомаси, що знижує їх ефективність при виробництві біогазу

Проточні метантенки вважаються найприйнятнішими для отримання біогазу з рідкого біомаси або напіврідкого вогкістю 91...96 %. Проте, для анаеробної обробки гнойових стоків, надмірного активного мула, фугату і опадів очисних споруд такі реактори неефективні. Річ у тому, що вказані відходи містять

незначну кількість органічних речовин (менш 2 %), з яких утворюється активна анаеробна біомаса, і що в метантенках відбувається постійне її витіснення. Тому для обробки таких стоків застосовуються конструкції

реакторів, що викорис — товують принцип утримання біомаси. У таких реакторах створюють плаваючі або фіксовані насадки, виробляють рециркуляцію біомаси, або роблять реактор таким, що складається з декількох секцій. Реактори з такими пристроями звичайно відносять до групи реакторів під назвою біофільтри. У практиці зброджування нізкоконцентрова — них відходів найбільше поширення набули біофільтри з прикріпленою біомасою.

У біофільтрі гнойові стоки обтікають поверхню завантажувального матеріалу, покритого біологічною плівкою, утвореною мікроорганізмами. Ці мікроорганізми при контакті з гнойовими стоками розкладають органічні

речовини, що знаходяться в них, з утворенням біогазу. Біофільтр з висхідним потоком, запропонований в 1967 р. Янгом і Маккарті, є першим анаеробним реактором з прикріпленою біомасою. У цій споруді стічна вода подається

через донну розподільну систему, проходить через шар завантажувального матеріалу і відводиться з верхньої частини реактора. У сучасних анаеробних

біофільтрах як завантаження застосовують площинні пластмасові вироби, а також, такі об'ємні матеріали, як гравій, щебінь, шлак і ін.

Біомаса в анаеробних біофільтрах утримується, в основному, у вигляді флокул і гранул, розташованих в пустках завантажувального матеріалу, а також у вигляді біоплівки, прикріпленої до його поверхні.

Досвід застосування подібних пристроїв для отримання біогазу в системах очищення гнойових стоків (фугау) незначний, а наявні відомості в науково-технічній літературі не дозволяють створити ефективні установки.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 4. ОПИС ТА РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО БІОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

4.1. Обґрунтування вибору удосконалення конструкційних параметрів біогазового реактора

При проектуванні біогазової установки потрібно визначитися з джерелами які будуть споживати біогаз. Отриманої енергії від біогазу вистачає не лише для утилізації гною а й для інших потреб сільського господарства. Через це ретельно побудований графік підключення окремих споживачів газу з врахуванням пори року є необхідним при конструюванні реактора.

На основі теоретичних досліджень був спроектований горизонтальний циліндричний біогазовий реактор (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Спроектований горизонтальний циліндричний біогазовий реактор

Горизонтальний циліндричний біогазовий реактор містить горизонтальний циліндричний корпус, лопатки для перемішування біомаси у вигляді рухомих пластин із можливістю радіального переміщення, гвинтові транспортери для завантаження біосировини та вивантаження зброженої біомаси з можливістю

її розділення на тверду та рідку фракції, патрубок для відводу біогазу, причому лопатки для перемішування біомаси у вигляді рухомих пластин із можливістю радіального переміщення, встановленні з можливістю переміщення вздовж внутрішньої поверхні горизонтального циліндричного корпусу і в

совокупності з центральним горизонтальним валом утворюють обертово-лопатевий механізм, у якому, по крайній мірі, на одній із торцевих поверхонь, по зовнішньому контуру закріплений кільцевий ланцюг, що охоплює привідну зірочку, яка закріплена з можливістю входження в зачеплення з кільцевим ланцюгом. На торцевих поверхнях горизонтального циліндричного корпусу

знаходяться люки. Розроблений біогазовий реактор горизонтального типу працює наступним чином. Подрібнена біосировина потрапляє до реактора. Перемішування біомаси здійснюється за рахунок роботи обертово-лопатевого механізму, який приводиться в дію від електроприводу. Одночасно з

наповненням реактора біомасою через пристрій для інокуляції біомаси подається інокулянт. Під дією анаеробних мікроорганізмів без доступу повітря проходить біохімічне збродження органічної біомаси з виділенням біогазу, який через патрубок видаляється з реактора. Органічна маса після

збродження вивантажується з реактора гвинтовим транспортером. При необхідності проведення дезінфекції реактора або його миття використовуються люки, що встановлені на торцевих поверхнях горизонтального циліндричного корпусу.

Біореактор являє собою 200 літрову металеву циліндричну ємкість, яка в робочому стані заповнюється на 2/3 об'єма. Корпус реактора ізолюваний мінеральною ватою.

Біореактор являє собою 200 літрову металеву циліндричну ємкість, яка в робочому стані заповнюється на 2/3 об'єма. Корпус реактора ізолюваний мінеральною ватою.

Біомаса (курячий попіл) подається в реактор при вологості маси 80-90%, де проходить анаеробне зброджування при термофільному режимі (при температурі 50-55°C). Зброджування проходить без доступу кисню.

Біомаса в реактор завантажується щодобово. При цьому завантажений субстрат становить 20% від вихідної маси. Переброджена маса самоплином витікає через вивантажувальний клапан.

4.2 Розрахунки параметрів удосконаленого біогазового реактора

Кінематичний розрахунок привода, вибір електродвигуна, та визначення вихідних даних для проєктування передач та вибору муфт.

Вихідні дані згідно завдання:

Потужність: $P_n = 2,3 \text{ кВт}$;

Кутова швидкість $\omega_b = 1 \text{ рад/с}$

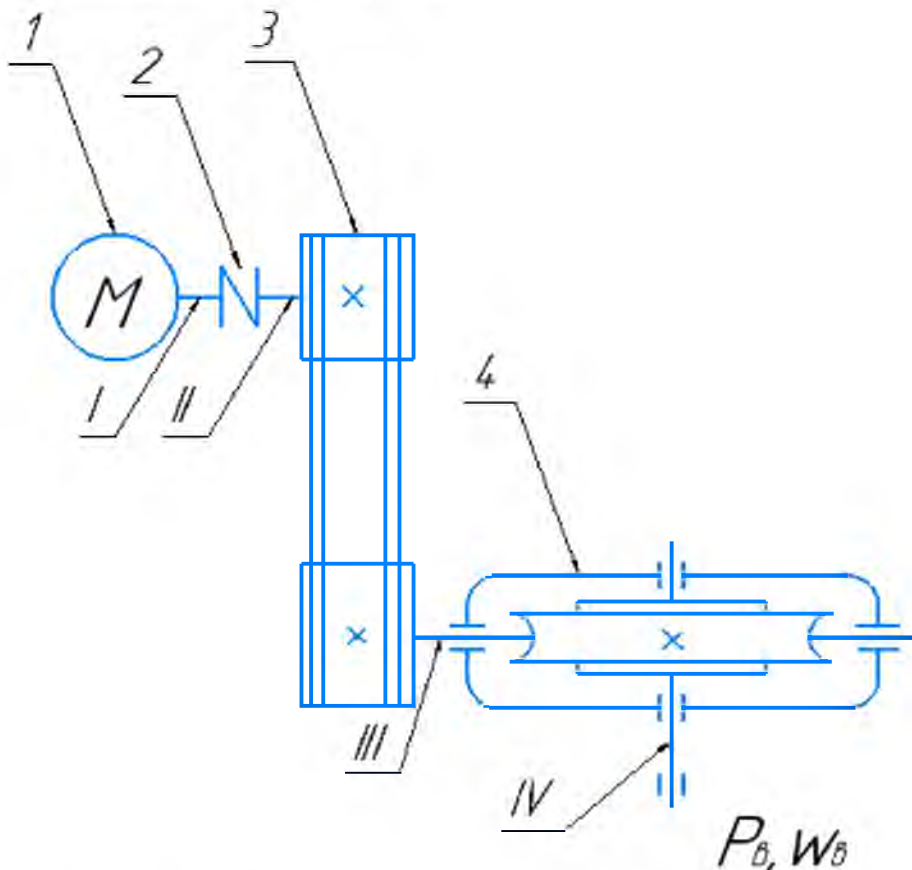


Рис. 4.2. Урухнювач мішалки біогазового реактора.

1 – електродвигун; 2 – пружня муфта; 3 – пасова передача; 4 – черв'ячний
одноступінчастий редуктор

НУБІП УКРАЇНИ

Визначаємо потрібну потужність електродвигуна

$$P_{дв.п.} = P_v / \eta_{заг} \dots \dots \dots (4.1.)$$

Де $\eta_{заг}$ – загальний ККД привода.

НУБІП УКРАЇНИ

$$\eta_{заг} = \eta_{муф.пруж} \cdot \eta_{пас} \cdot \eta_{черв.зак} \dots \dots \dots (4.2.)$$

Де $\eta_{муф.пруж} = 0,98$; $\eta_{пас} = 0,94$; $\eta_{черв.зак} = 0,65$.

Тоді

$$\eta_{заг} = 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,65 = 0,59 \dots \dots \dots (4.3.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Підставимо значення в формулу (5.1.1)

$$P_{дв.п.} = 2,3 / 0,59 = 3,89 \text{ кВт} \dots \dots \dots (4.4.)$$

Визначаємо границі кутової швидкості вала електродвигуна

НУБІП УКРАЇНИ

$$\omega_{дв.п.} = \omega_v (U_{заг.min} \dots U_{заг.max}) \dots \dots \dots (4.5.)$$

Де $U_{заг.min}$ та $U_{заг.max}$ відповідно мінімальне та максимальне загальні передаточні числа передач привода.

$$U_{заг.min} = U_{пас.min} \cdot U_{черв.min} \dots \dots \dots (4.6.)$$

$$U_{заг.min} = 2 \cdot 8 = 16$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$U_{заг.max} = U_{пас.max} \cdot U_{черв.max} \dots \dots \dots (4.7.)$$

$$U_{заг.max} = 4 \cdot 80 = 320$$

НУБІП УКРАЇНИ

Знайдемо границю кутової швидкості

$$\omega_{дв.п.} = 1 \cdot (16 \dots 320) = 16 \dots 320 \text{ рад/с}$$

НУБІП УКРАЇНИ

Вибираю електродвигун з номінальною потужністю $P_{\text{ном}} = 4 \text{ кВт}$, $\omega_c = 105 \text{ рад/с}$, та визначаю недовантаження електродвигуна за формулою

$$\Delta = \frac{P_{\text{ном}} - P_{\text{дв}}}{P_{\text{ном}}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (4.8.)$$

$$\Delta = \frac{4 - 3,89}{4} \cdot 100\% = 2,75\%$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження електродвигуна за формулою:

$$K_3 = \frac{P_{\text{дв}}}{P_{\text{ном}}} \dots\dots\dots (4.9.)$$

$$K_3 = \frac{3,89}{4} = 0,97$$

$0,7 \leq K_3 \leq 1$, де K_3 – коефіцієнт завантаження.

За даними розрахунку вибираємо асинхронний електродвигун загального призначення 4А132S8У3 в закритому, що обдувається корпусі, для якого частота обертання вала ротора становить $n_c = 950 \text{ об/хв}$, $P_c = 4 \text{ кВт}$; ковзання становить 5%; ККД 82%; $\cos \varphi = 0,83$; $T_{\text{max}}/T_{\text{min}} = 2,2$; $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}} = 7$. Виконання ІМ1081. Маса = 77 кг.

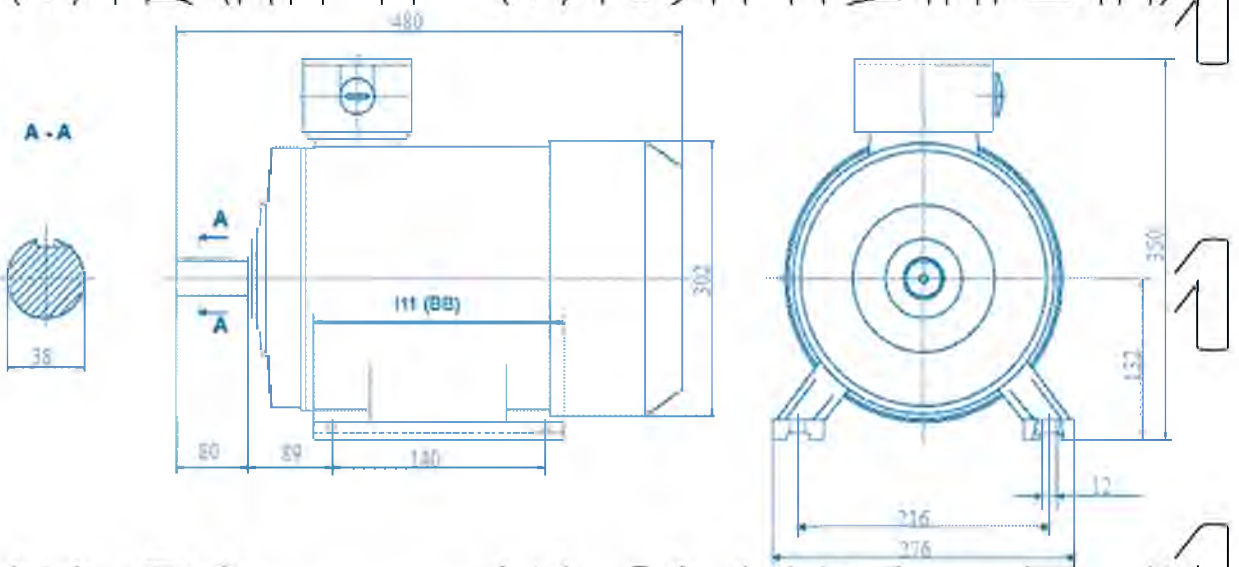


Рис. 4.3. Ескіз електричного двигуна типу 4А132S8У3

НУБІП УКРАЇНИ

Визначимо фактичне передаточне число приводу та розділимо його за ступенями використовуючи таку залежність:

$$U_{\text{заг.фак}} = \frac{\omega_{\text{ном}}}{\omega_{\text{в}}} \dots \dots \dots (4.10.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Звідки $\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 950}{30} = 99,4 \text{ рад/с}$

$$U_{\text{заг.фак}} = \frac{99,4}{1} = 99,4$$

НУБІП УКРАЇНИ

З ряду стандартних передаточних відношень приймаємо $U_p = 40$ тоді

$$U_{\text{пас.}} = \frac{U_{\text{заг.фак}}}{U_p} \dots \dots \dots (4.11.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$U_{\text{пас.}} = \frac{99,4}{40} = 2,4$$

Визначаємо вихідні дані для розрахунку передачі, вибору редуктора та муфт.

I Вал

$$P_I = P_{\text{дв.п}} = 3,89 \text{ кВт}$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$T_I = \frac{P_I}{\omega_I} \cdot 10^3 = \frac{3,89}{99,4} \cdot 10^3 = 39,13 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,39 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

II Вал

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_{\text{пруж.муф}} = 3,89 \cdot 0,985 = 3,83 \text{ кВт}$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$T_{II} = \frac{P_{II}}{\omega_{II}} \cdot 10^3 = \frac{3,83}{99,4} \cdot 10^3 = 38,5 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,38 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

III Вал,

НУБІП УКРАЇНИ

$$P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{\text{пас}} = 3,83 \cdot 0,94 = 3,6 \text{ кВт}$$

$$\omega_{III} = \frac{\omega_{\text{ном}}}{U_{\text{пас}}} = \frac{99,4}{2,4} = 41,4 \text{ рад/с}$$

$$T_{III} = \frac{P_{III}}{\omega_{III}} \cdot 10^3 = \frac{3,6}{41,4} \cdot 10^3 = 86,95 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,87 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

III Вал,

$$P_{VI} = P_{III} \cdot \eta_p = 3,6 \cdot 0,65 = 2,34 \text{ кВт}$$

$$\omega_{VI} = \frac{\omega_{III}}{U_p} = \frac{41,4}{40} = 1,035 \text{ рад/с}$$

$$T_{III} = \frac{P_{VI}}{\omega_{VI}} \cdot 10^3 = \frac{2,34}{1,035} \cdot 10^3 = 2261 \text{ Н} \cdot \text{м} = 22,26 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Згідно з даними передаточного числа $U_p = 40$ та номінальним обертальним моментом на вихідному валу редуктора $T_{вих} = 2261 \text{ Н} \cdot \text{м}$ вибираю одноступінчастий черв'ячний редуктор Ч-160

Таблиця 2

Основні параметри редуктора

Типорозмір редуктора	Передаточне число U_p	Крутний момент вихідного вала $T \text{ Н} \cdot \text{м}$	КПД
Ч-160	40	2500	0,76

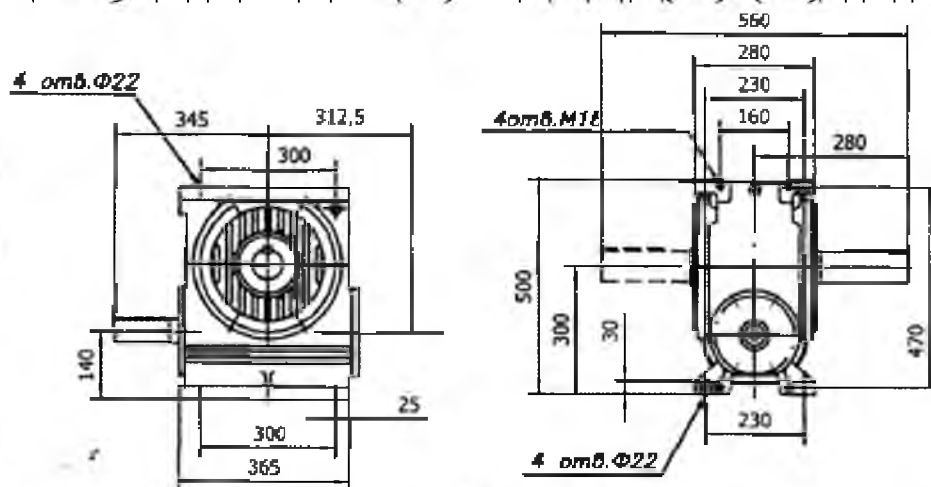


Рис. 4.4. Ескіз черв'ячного редуктора Ч-160

НУБІП України

Таблиця 3

Основні параметри муфти					
Назва передачі, муфт	Потужність ведучого вала, кВт	Кутлова швидкість ведучого вала, ω , рад/с	Крутний момент ведучого вала Т, Н·м	Передаточне відношення	Діаметри валів d
Муфта пружня	3,83	99,4	38,5	--	d = 38
Пасова передача	3,6	41,4	86,95	2,4	32
Черв'ячний редуктор	2,34	1,035	2261	40	32

Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані:

$$P_1 = 4,43 \text{ кВт};$$

$$\omega_1 = 149,75 \text{ с}^{-1};$$

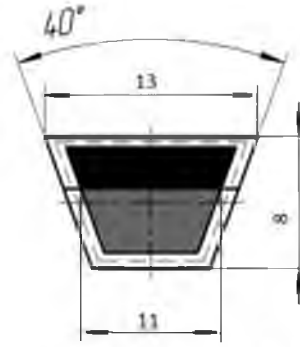
$$T_1 = 29,58 \text{ Нм};$$

$$T_{II} = 68,05 \text{ Нм}$$

$$U_{пас} = 2,4$$

Враховуючи потужність що передається та кутову швидкість, обираємо з рис переріз паса типу А.

НУБІГ



аїни

НУБІГ

Рис. 4.5. Різкіз перерізу пасу.

України

Приймаємо діаметр ведучого шківа $d_1=100$ мм.

Діаметр ведучого шківа знаходимо за формулою:

НУБІП України

$$d_2 \in d_1 \cdot U_{\text{пас}} \cdot (1 - \varepsilon) = 100 \cdot 2,4 \cdot (1 - 0,02) = 235,2 \text{ мм} \quad (4.12.)$$

Приймаємо $d_2 = 224$ мм

Уточнюємо передаточне число:

НУБІП України

$$U = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{224}{100 \cdot (1 - 0,02)} = 2,286 \quad (4.13.)$$

Визначаємо розбіжність отриману в передаточному числі.

НУБІП України

$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{пас}}}{U_{\text{пас}}} \cdot 100\% = \frac{2,286 - 2,4}{2,4} \cdot 100\% = -4,75\% \quad (4.14.)$$

Визначаємо міжосьову відстань

НУБІП України

$$a = 2,25 \cdot d_1 + d_2 = 2,25 \cdot 100 + 224 = 449 \text{ мм}$$

Приймаємо $a = 729$ мм.

Визначаємо довжину пасу:

НУБІП України

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} = 2 \cdot 729 + \frac{\pi}{2} \cdot 100 + 224 + \frac{(224 - 100)^2}{4 \cdot 729} = 1971,952 \quad (4.15.)$$

Приймаємо $L_p = 2000$ мм

Визначаємо остаточно міжосьову відстань.

$$a = 0,25 \cdot L_p - b_1 + \frac{(L_p - b_1)^2 - 8 \cdot b_2}{4} = 0,25 \cdot 2000 - 508,68 + \frac{(2000 - 508,68)^2 - 8 \cdot 4030}{4} = 742,947$$

Приймаємо $a = 743$ мм.

$$b_1 = \pi \cdot \frac{d_1 - d_2}{2} = 3,14 \cdot \frac{100 - 224}{2} = 508,68 \quad (4.16.)$$

$$b_2 = \frac{d_2 - d_1}{2} = \left(\frac{224 - 100}{2} \right) = 3844 \quad (4.17.)$$

Визначаємо кут обхвату пасом ведучого шків

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{224 - 100}{729} = 170,3 \quad (4.18.)$$

Визначаємо число пасів z у передавачі для забезпечення середнього ресурсу експлуатації (2000 год.).

$$z = \frac{P_0 \cdot C_p}{P_0 \cdot C_a \cdot C_L \cdot C_z} = \frac{3,89 \cdot 1,2}{1,48 \cdot 0,98 \cdot 1,03 \cdot 0,95} = 3,4 \quad (4.19.)$$

Приймаємо $z = 4$

Коефіцієнти.

$P_0 = 1,48$ кВт – номінальна потужність, що передається одним пасом.

$C_a = 0,98$ – коефіцієнт кута обхвату ведучого шків.

$C_L = 1,03$ – коефіцієнт, що враховує довжину паса.

$C_z = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує число пасів у передавачі.

$C_p = 1,2$ – коефіцієнт тривалості і режиму роботи.

Сили, що діють у пасовому передавачі.

Швидкість паса V визначають за такою залежністю:

$$V = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{2 \cdot 10^3} = \frac{100 \cdot 99,4}{2 \cdot 10^3} = 4,97 \text{ c}^{-1} \dots \dots \dots (4.20.)$$

Попередній натяг F_0 визначаємо для одного паса.

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_v}{2 \cdot V \cdot C_a} + \theta \cdot V^2 = \frac{850 \cdot 3,89 \cdot 1,2 \cdot 0,96}{4 \cdot 4,97 \cdot 0,98} + (0,10 \cdot 24,7) = 197,5 \text{ Н} (4.21.)$$

Вираховуємо зусилля у вітках передавача під час його роботи. Визначаємо колове зусилля.

$$F_t = 10^3 \frac{P_1}{V} = 10^3 \frac{3,89}{4,97} = 782,7 \text{ Н} \dots \dots \dots (4.22.)$$

Зусилля на ведучій вітці.

$$F_1 = 4 \cdot F_0 + \frac{F_t}{2} = 4 \cdot 197,5 + \frac{782,7}{2} = 1181 \text{ Н} \dots \dots \dots (4.23.)$$

Зусилля на веденій вітці.

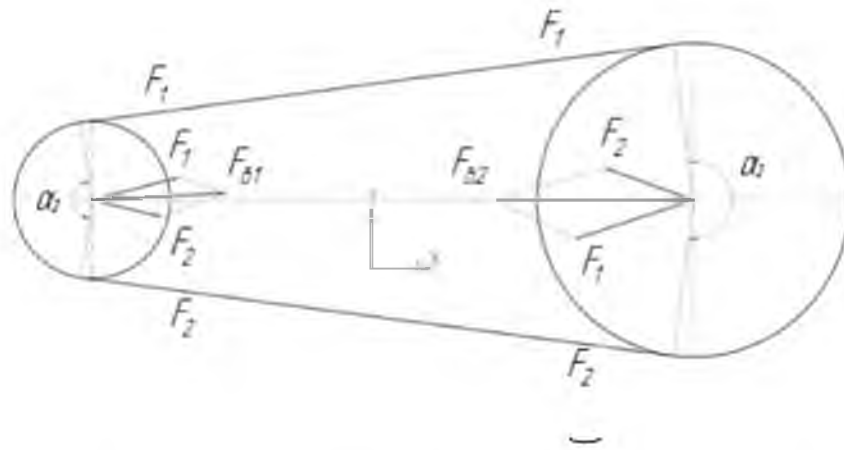
$$F_2 = 4 \cdot F_0 - \frac{F_t}{2} = 4 \cdot 197,5 - \frac{782,7}{2} = 398,5 \text{ Н} \dots \dots \dots (4.24.)$$

Визначаємо кут обхвату пасом ведучого шківів.

$$\alpha_2 = 180^\circ + 57^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ + 57^\circ \cdot \frac{224 - 100}{729} = 170,3 \dots \dots \dots (4.25.)$$

НУ

НУ



ИИ

ИИ

Рис. 4.6. Схема сил, що діють у відкритій клинопасовій передачі

НУБІП УКРАЇНИ

Визначаємо зовнішні діаметри шківів:

$$d_{1a} = d_1 + 2b = 100 + 2 \cdot 3,3 = 106,6 \text{ мм} \dots \dots \dots (4.26.)$$

$$d_{2a} = d_2 + 2b = 224 + 2 \cdot 3,3 = 230,6 \text{ мм} \dots \dots \dots (4.27.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Визначаємо внутрішній діаметр:

$$d_{вн1} = d_1 - 2h = 100 - 2 \cdot 8,7 = 82,6 \text{ мм} \dots \dots \dots (4.28.)$$

$$d_{вн2} = d_2 - 2h = 224 - 2 \cdot 8,7 = 206,6 \text{ мм} \dots \dots \dots (4.29.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Визначаємо ширину шківа.

$$M = (z - 1) \cdot e + 2 \cdot f = (4 - 1) \cdot 15 + 2 \cdot 10 = 65 \text{ мм} \dots \dots \dots (4.30.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Визначаємо діаметр вала під моточину.

$$d_{ш} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \cdot 20}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{39,13}{0,2 \cdot 20}} = 30,97 \dots \dots \dots (4.31.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Приймаємо діаметр вала \$d_{b1}\$, рівним діаметру вала електродвигуна \$d_{b1} = 32 \text{ мм}\$.

$$d_{b2} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot 20}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{38,5}{0,2 \cdot 20}} = 25,71 \quad (4.32.)$$

Приймаємо діаметр вала $d_{b2} = 26$ мм.

Визначаємо зовнішній діаметр та довжину маточин: для сталевих маточин

$$d_{м.ст.1} = 1,5 \cdot d_{b1} + 10 = 1,5 \cdot 32 + 10 = 58 \text{ мм.} \quad (4.33.)$$

$$d_{м.ст.2} = 1,5 \cdot d_{b2} + 10 = 1,5 \cdot 26 + 10 = 49 \text{ мм.} \quad (4.34.)$$

$$l_{m1} = 1,3 \cdot d_{b1} = 1,3 \cdot 32 = 41,6 \text{ мм.} \quad (4.35.)$$

Приймаємо довжину маточин 41,6 мм

$$l_{m2} = 1,3 \cdot d_{b2} = 1,3 \cdot 26 = 33,8 \text{ мм.} \quad (4.36.)$$

Приймаємо довжину маточин 33,8 мм

Вибираємо ведучий та ведений шків за ГОСТ 20892-80 (рис.б) та ГОСТ 70880-80 (рис.б).

Визначаємо товщину обода:

$$\delta = 0,5 \cdot d + 5 = 0,5 \cdot 100 + 5 = 5,5 \text{ мм.} \quad (4.37.)$$

$$\delta_{нав} = 0,70 \cdot e = 0,70 \cdot 15 = 10,5 \text{ мм.} \quad (4.38.)$$

Визначаємо діаметр обода.

$$D_{об.1} = d_{вн1} - 2 \cdot \delta = 82,6 - 2 \cdot 5,5 = 71,6 \quad (4.39.)$$

Приймаємо $D_{об.1} = 72$ мм

$$D_{об.2} = d_{вн2} - 2 \cdot \delta = 206,6 - 2 \cdot 5,5 = 195,6 \quad (4.40.)$$

Приймаємо $D_{об.2} = 196$ мм

Ведучий шків виконуємо без отворів.

Визначаємо діаметри отворів в диску.

$$d_{o2} = 0,25 \cdot D_{об} - d_{ст} = 0,25 \cdot (196 - 49) = 36,75 \text{ мм} \dots\dots\dots (4.41.)$$

Приймаємо $d_{o2} = 37 \text{ мм}$

$$D_{o,2} = 0,5 \cdot D_{об} + d_{ст} = 0,5 \cdot (196 + 49) = 122,5 \dots\dots\dots (4.42.)$$

Приймаємо $D_{o2} = 124 \text{ мм}$

Розрахунок валу

Розрахунок вихідного кінця валу виконаємо на кручення за зниженими

напруженнями які допускаються.

Крутний момент на валу $T_3 = 38,5 \text{ Нм}$;

Для сталі 45. $[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$.

Діаметр вихідного кінця валу

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{T_{II} \cdot 10^3}{[\tau_k] \cdot 0,2}} = \sqrt[3]{\frac{38,5 \cdot 10^3}{20 \cdot 0,2}} = 21,27 \dots\dots\dots (4.43.)$$

приймаємо $d_v = 32 \text{ мм}$

Діаметр валу під вальницями:

$$d_{II} = d_v + 3 = 32 + 3 = 35 \text{ мм} \dots\dots\dots (4.44.)$$

Перевірка міцності валу

$$l_1 = -100$$

Горизонтальна площина

$$R_{x1} = \frac{F_B \cdot \cos(\beta)}{2} = \frac{782,7 \cdot \cos(0)}{2} = 391,35 \text{ Н} \dots\dots\dots (4.45.)$$

$$R_{x2} = R_{x1} = 391,35 \text{ Н} \dots\dots\dots (4.46.)$$

Перевірка:

$$F_B \cdot \cos(\beta) - R_{x2} - R_{x1} = 782,7 - 391,35 - 391,35 = 0 \dots\dots\dots (4.47.)$$

Згинаючий момент:

$$M_y = \frac{R_{x1} \cdot l_1}{1000} = \frac{391,35 \cdot 100}{1000} = 39,135 \text{ Нм} \dots\dots\dots (4.48.)$$

Горизонтальна площа

$$R_{y1} = \frac{F_B \cdot \sin(\beta)}{2} = \frac{782,7 \cdot \sin(0)}{2} = 0 \text{ Н} \dots\dots\dots (4.49.)$$

$$R_{y2} = R_{y1} = 0 \text{ Н} \dots\dots\dots (4.50.)$$

Перевірка:

$$F_B \cdot \sin(\beta) - R_{y2} - R_{y1} = 782,7 \cdot \sin(0) - 0 - 0 = 0 \dots\dots\dots (4.51.)$$

Згинаючий момент:

$$M_x = \frac{F_B \cdot \sin(\beta) \cdot l_1}{1000} = 0 \text{ Нм} \dots\dots\dots (4.52.)$$

Сумарний згинальний момент

$$M_\Sigma = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{0^2 + 39,135^2} = 39,135 \text{ Нм} \dots\dots\dots (4.53.)$$

Еквівалентний момент за 3 теорії міцності

$$M_e = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + (0,75 \cdot T_{III})^2} = \sqrt{0^2 + 39,135^2 + (0,75 \cdot 86,95)^2} = 76,05 \text{ Нм} \dots\dots\dots (4.54.)$$

Розрахунковий діаметр валу

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{M_e \cdot 1000}{0,1 \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{7,05 \cdot 1000}{0,1 \cdot 80}} = 21,18 \text{ (4.55.)}$$

Приймаємо розмір, який прийнятий раніше $d_k = 50 \text{ мм}$

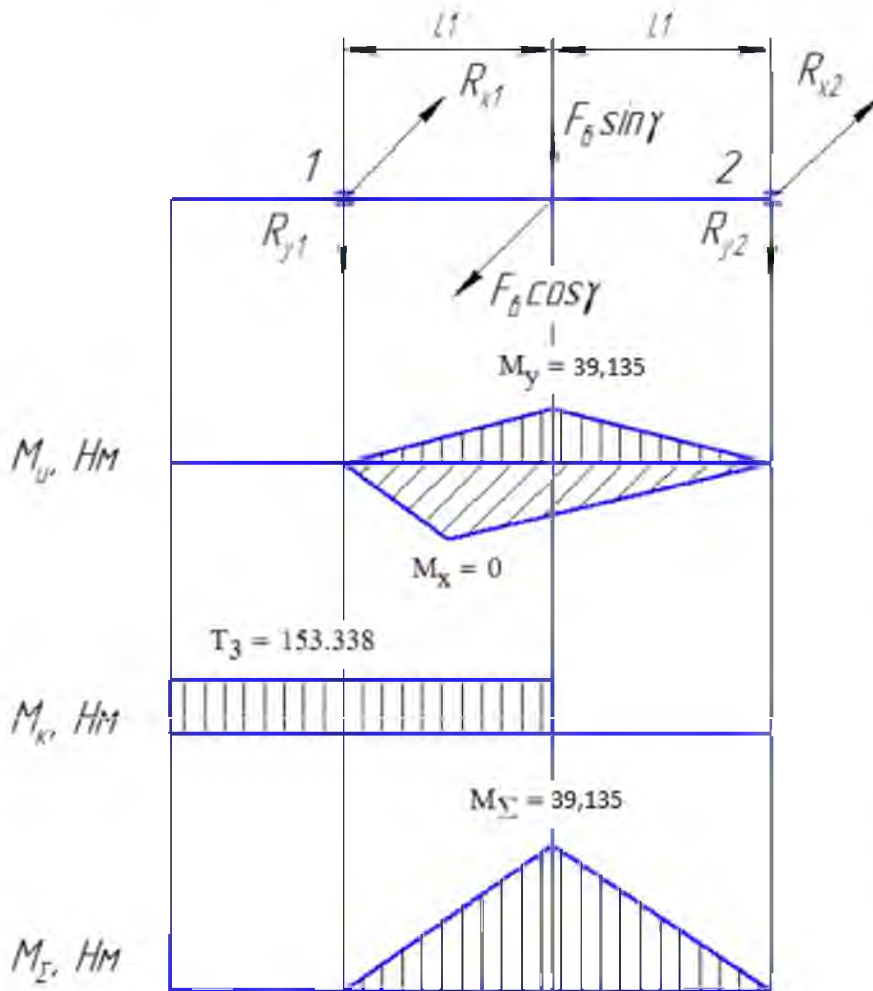
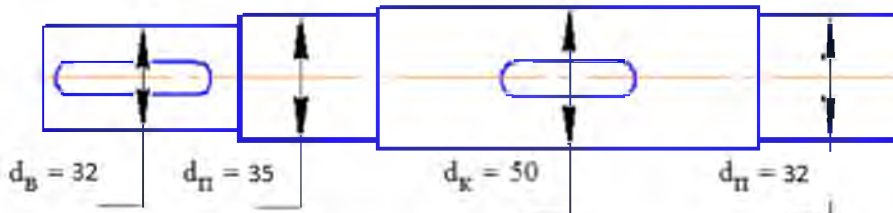


Рис. 7 Силлові чинники валу



РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА

БІОГАЗУ

1.1. Економічна ефективність використання біогазового реактора

Для розрахунку проектних капіталовкладень можна використовувати формулу:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^K C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}} \quad (5.1)$$

Де $K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^K C_i \right)$ – вартість придбання електрообладнання біогазової установки до складу якої входить цілий комплекс обладнання (метантенки, фільтри, мішалки, завантажувачі, засоби автоматизації, програмного забезпечення і т.д.) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

K - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ - витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{\text{пр}}$ - інші одноразові вкладення коштів.

Вартість монтажно налагоджувальні роботи складає 8% від вартості обладнання і матеріалів:

$$Z_{\text{мр}} = 0,08 \cdot C_{\text{обл}} = 0,08 \cdot 1380500 = 110440 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Вартість транспортно-заготівельних витрат складає 6% від вартості обладнання і матеріалів:

$$Z_{\text{тр}} = 0,06 \cdot C_{\text{обл}} = 0,06 \cdot 1380500 = 82830 \text{ грн} \quad (5.3)$$

Інші витрати становлять 20% від від повної вартості обладнання:

$$Z_{\text{іпр}} = 0,2 \cdot C_{\text{обл}} = 0,2 \cdot 1380500 = 276100 \text{ грн} \quad (5.4)$$

НУВБІП України

Капітальні витрати з складуть:

$$K_{\text{кап}} = 1380500 + 110440 + 82830 + 276100 = 1849870 \text{ грн} \quad (5.5)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат

НУВБІП України

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік) виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат для БГУ відноситься:

НУВБІП України

- витрати на підготовку субстрату завантажуються в реактор (монтаж);

- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання БГУ, приймемо 1% від капітальних витрат на БГУ;

- інші експлуатаційні витрати;

- витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу,

НУВБІП України

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$Z_{\text{рік}} = Z_{\text{суб}} + Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{інші}} + Z_{\text{зп}} \quad (5.6)$$

НУВБІП України

Витрати на підготовку субстрату складають:

$$Z_{\text{суб}} = 15000 \text{ грн} \quad (5.7)$$

НУВБІП України

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт складають 20% від капітальних витрат на БГУ

$$Z_{\text{ТО}} = 0,2 \cdot K_{\text{кап}} = 0,2 \cdot 1849870 = 369974 \text{ грн} \quad (5.8)$$

Затрати на інші експлуатаційні витрати, складають 9% від капітальних витрат:

НУВБІП України

$$Z_{\text{інші}} = 0,9 \cdot K_{\text{кап}} = 0,9 \cdot 1849870 = 166488 \text{ грн} \quad (5.9)$$

Заробітна плата у обслуговуючого персоналу, складас:

$$Z_{\text{зп}} = 180000 \text{ грн} \quad (5.10)$$

Річні експлуатаційні витрати БГУ складуть:

$$Z_{\text{рік}} = 150000 + 369974 + 166488 + 180000 = 866462 \text{ грн} \dots (5.11)$$

Розрахунок терміну окупності БГУ

Для розрахунку часу окупності, для початку необхідно визначити річну економію від прийнятого науково-технічного рішення.

В даному випадку, що розглядається воно буде полягати на екологічних відрахуваннях, обумовленому скоротити витрати на утилізацію і отримувати порівняно безкоштовну теплову та електричну енергії яку здатна виробити

БГУ з відходів. При цьому, основні сумарні це - гній, вартість утилізації

подібних відходів приблизно по Україні дорівнює $C_{\text{ут}} = 0,89$ грн. за 1 кг.

сумарна кількість відходів на даному підприємстві приблизно дорівнює:

$$K_{\text{відх}} = 1825000 \text{ кг за рік} \dots (5.12)$$

Розрахунок вартості утилізації відходів:

$$C_{\text{ут.відх}} = K_{\text{відх}} \cdot C_{\text{ут}} = 1825000 \cdot 0,89 = 1624250 \text{ грн} \dots (5.13)$$

Розраховані в даному проекті БГУ за умови що всі відходи перероблені і будуть використані для добування електроенергії, то значення БГУ буде дорівнювати:

$$C_{\text{ел}} = E_{\text{пот}} \cdot C_{\text{ел.за 1кВт год}} = 143411 \cdot 2,63 = 377171 \text{ грн} \dots (5.14)$$

Тепер, можна відрахувати чисту поточну вартість ЧТВ:

$$\text{ЧТВ} = \text{ГП} - \text{ІК} \dots (5.15)$$

ГП – вхідний грошовий потік за рік;

ІК - інвестиційний капітал що дорівнює сумі капітальних витрат.

$$\text{ГП} = (A_0 + C_{\text{ут.відх}} - 3_{\text{год}}) \cdot A - \text{ІК} = (153539,2 + 1624250 - 866462) \cdot 5,422 - 1849870 = 3091346,1 \dots (5.16)$$

Отже, відповідно до формули

$$\text{ЧТВ} = 3091346,1 - 1849870 = 1241476,1 \text{ грн} \dots (5.17)$$

Період окупності БГУ

Період окупності в такому варіанті це - кількість років, за які первинні інвестиції вкладені в проєкт повністю повертаються.

$$PO = 2 \frac{IK - DC_{t2}}{DC_{t2}} = 2 \frac{1849870 - 1481544,6}{599197,6} = 2,6 \dots \dots \dots (5.18)$$

Таким чином, під час досліджень біотехнологічного процесу виробництва біогазу з використанням біогазового реактора горизонтального типу визначено, що термін окупності обладнання не перевищує 3 роки (табл. 5.2)

Таблиця 5.2

Експлуатаційні витрати при використанні біогазового реактора горизонтального типу

		№

НУБІП України

НУБІП України

Всього витрат

НУБІП України

Вартість реактора

Річний економічний ефект

Термін окупності реактора

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було проведено дослідження по покращенню ефективності роботи біогазової установки.

1. Аналізуючи основні вимоги до горизонтальних циліндричних реакторів необхідно відмітити, що до основних недоліків обертових реакторів слід віднести наявність проблем із видаленням біомаси та низьку продуктивність, до переваг – підтримання заданих температурних режимів та якість перемішування. До основних недоліків реакторів з обертовою мішалкою слід віднести недостатню точність підтримання заданих температурних режимів, а до переваг – високу якість перемішування та продуктивність процесу.

2. Переробка відходів тваринництва і рослинництва дозволяє зменшити викидів шкідливих речовин в атмосферу, отримати часткову енергетичну незалежність та екологічно чисті добрива.

3. Удосконалення біогазового реактора циліндричного типу дозволяє збільшити робочий об'єм камери збродження, що позитивно впливає на вихід біогазу та продуктивність реактора. Покращення системи видалення зброженої біомаси унеможливорює процес утворення мінерального осаду.

4. Проведено розрахунок капітальних затрат на будівництво біогазової установки, період окупності установки та її економічну вигідність. За результатами досліджень розробленого горизонтального циліндричного біогазового реактора визначено, що термін окупності його не перевищує 3 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Северилов П. Биогаз для чайников 13с.
- О.М. Пилипенко, І.А. Шльончак, В.О. Єрмоленко. Биогаз – альтернативне дизельне паливо. Черкаси 2017р – 121 с.
- Руководство по биогазу. От получения до использования
- Биогазовая установка. Устройство и принцип работы. - [http://yazemledec.ru/zhivotnovodstvo/168-biogazovaya-ustanovka-ustrojstvo-iprintsip-raboty.html](http://yazemledelec.ru/zhivotnovodstvo/168-biogazovaya-ustanovka-ustrojstvo-iprintsip-raboty.html)
- Осмонов, О.М. Основы инженерного расчета гелиобиоэнергетических установок: Монография /О.М. Осмонов// М.: Издательско-аналитический центр «Энергия», 2011. – 175 с.
- Patent na vynakhid 110077 Ukraїna. MPK (2006) S 02 F 11/04, S02F 3/28. Metantenk [Digester] / H. A. Holub, S. M. Kukharets' (Ukrayina). – Zayavka № a201409259 ; Zayavleno 19.08.14 ; Opubl. 10.11.15.
- Sydorov, Yu. I. (2013). Suchasni biohazovi tekhnolohiyi [Modern biogas technology] / Yu. I. Sydorov // Biotechnologia aeta, Vol. 6, № 1, 46–61.
- Патент на корисну модель 69771 Україна. МПК (2006.01) С02F 11/04. Биогазовый реактор / В. М. Желих, Ю. В. Фурдас (Україна). – Заявка № u201113158 ; Заявлено 08.11.11 ; Оpubл. 10.05.12.
- <http://www.cre8tivez.org/otoplenie-teplosnabjienie-gazosnab/alternativne-opalennya-biogaz>.
- Аналіз конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для виробництва біогазу / О. А. Марус, Г. А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК - 2016. - Вип. 251. - С. 251-260.
- Обґрунтування параметрів газогенератора, адаптованого до рослинної сировини [Лось Л.В., Цивенкова Н.М., Кухарець Є.М. та ін.] Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – Вип. №2 (45), Т. 4, ч.2. – С. 206-216

12. Семененко И. В. Оборудование и процессы метанового сбраживания органических отходов : монография / И. В. Семененко, М. Г. Зинченко ; [ред. М. П. Ефремова] ; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". – Харьков : НТУ "ХПИ", 2012. – 272 с.

13. Голуб Г. А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи. Київ, 2007. 332 с.

14. Голуб Г. А., Марус О. А. Аналіз рівнянь руху матеріальної частинки по радіальній лопатці обертового барабана. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ, 2016. Вип. 251. С. 43-53.

15. Голуб Г. А., Марус О. А. Визначення мінімальної граничної кутової швидкості для забезпечення відцентрового руху частинки по радіальній лопатці обертового барабана. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ, 2016. Вип. 254. С. 37-44.

16. Голуб Г. Механіка руху частинок по обертових лопатках реакторів зброджування / Г. Голуб, С. Кухарець, О. Марус, Я. Ярош // Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК». – Київ, 2016. – Вип. № 3 (78). – С. 10-13.

17. Голуб Г.А. Аналіз руху частинки по радіальній лопатці обертового барабана з урахуванням опору середовища / Г.А. Голуб, О.А. Марус, Я.Д. Ярош // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2017. – Вип. 258. – С. 28 – 39.

18. Голуб Г.А. Аналітичне дослідження руху компонентів органічної суміші під час формування буртів компосту / Г.А. Голуб, С.І. Павленко, С.М. Кухарець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 3/1 (87). 2017. – С. 484-491.

19. Голуб Г.А. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Голуб Г., Кухарець С., Рубан Б. // Техніка і технології АПК (Науково-виробничий журнал). – 2014. – № 9 (60). – С. 10-14.

20. Голуб Г.А. Радіальна швидкість руху компосту в барабанно-пальцевому розпушувачі / Г.А. Голуб // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства "Механізація сільськогосподарського виробництва". – Харків. – 2003. – Вип. 21. – С. 484-491.

21. Голуб Г.А. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Голуб Г., Кухарець С., Рубан Б. // Техніка і технології АПК (Науково-виробничий журнал). – 2014. – № 9 (60). – С. 10-14.

22. Законом України "Про Державний бюджет України на 2019 рік" від 23.11.2018 р. № 2629-VIII

23. Зельдович Я.Б., Яглом І.М. Высшая математика для начинающих физиков и техников / Я. Б. Зельдович, И. М. Яглом – М.: Наука, 1982. – 512 с.

24. Кухарець С.М. Обґрунтування енергетичних витрат на привід обертового реактора біогазової установки / Кухарець С.М., Голуб Г.А. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та виробництва нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – Вип. 18 (32), кн 2. С.356-365.

25. Кухарець С.М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / Кухарець С.М., Голуб Г.А. // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 21/2, ч. 1. – С. 11-21.

26. Любін М.В. Цуркан О.В. Токарчук Д.М. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. «Основи

запуску та експлуатації біогазових установок для фермерських господарств»

27. Марус О.А. Аналіз конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для виробництва біогазу / О.А. Марус, Г.А.

Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2016. – Вип. 251. – С. 238 – 246.

28. Марченко Н. М., Личман Г. И., Шебалкин А. Е. Механизация внесения органических удобрений. Москва. 1990. 207 с.

29. Навчальний посібник для студентів сільськогосподарських вузів «АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА». М.Д. Мельничук, В.О.

Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнев, Т.В. Свистунова, С.М. Кухарець. Київ 2011.

30. Особливості виробництва біопалива та отримання енергії в умовах агропромислового виробництва / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, В.

О. Шубенко, Н. М. Бовсунівська // Техніка і технології АПК. – 2015. № 2(65). – С. 31–34.

31. Пат. 110077 Україна, МПК C02F 11/04, C02F 3/28.

Метантенк / Голуб Г. А., Кухарець С. М. ; заявник і патентовласник Нац. ун.-т. біоресурсів і природокористування України. – № а 2014 09259; заявл. 19.08.2014; дата публікації 10.11.2015, Бюл. №21.

32. Патент на винахід 110077 Україна, МПК (2006) C02 F 11/04,

C02F 3/28. Метантенк / Г.А. Голуб, С.М. Кухарець (Україна) - Заявка № а201409259; Заявлено 19.08.14; Опубл. 10.11.15.

33. Патент на винахід 74718 Україна, МПК (2006) C02F 11/04,

Метантенк / Г.А. Голуб, Б.О. Рубан, О.В. Дубровіна (Україна) – Заявка № 20040503534; Заявлено 12.05.04; Опубл. 16.01.06.

34. Патент на винахід 81154 Україна, МПК (2006) C02F 11/04.

Метантенк / М.К. Лінник, М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, Б.О. Рубан, О.В. Дубровіна (Україна) – Заявка № а200511162; Заявлено 25.11.05; Опубл. 10.12.07.

35. Патент на корисну модель 18101 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазова установка / А.А. Мучак (Україна) Заявка № u200605752; Заявлено 26.05.06; Опубл. 16.10.06.

36. Патент на корисну модель 21546 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазовий реактор / Г.С. Ратушняк, В.В. Дженджула (Україна) – Заявка № u200610904; Заявлено 16.10.06; Опубл. 15.03.07.

37. Патент на корисну модель 34016 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазовий реактор / Г.С. Ратушняк, К.В. Анохіна, В.В. Дженджула (Україна) – Заявка № u200801976; Заявлено 18.02.08; Опубл. 25.07.2008.

38. Патент на корисну модель 47949 Україна. МПК (2009) C 02 F 101/30, C02F 11/04, C02F 3/00. Ферментер / В.О. Кузьменко, С.В. Головченко, В.О. Єрмоленко (Україна) – Заявка № u200910446; Заявлено 15.10.09; Опубл. 25.02.10.

39. Патент на корисну модель 48079 Україна. МПК (2009) C02F 11/04, C02F 3/28. Установка для зброджування твердих та рідких органічних відходів з одержанням біогазу та добрива / Г.Є. Мовсесов, О.О. Ляшенко, Т.В. Сюркалова (Україна) – Заявка № u200908171; Заявлено 03.08.09; Опубл. 10.03.2010.

40. Патент на корисну модель 69771 Україна. МПК (2006.01) C02F 11/04. Біогазовий реактор / В.М. Желих, Ю.В. Фурдас (Україна) – Заявка № u201113158; Заявлено 08.11.11; Опубл. 10.05.12.

41. Петрович Й.М. Організація виробництва: підруч. [для студ. екон. спец.] / Й.М. Петрович, Г.М. Захарчин. – Львів: «Магнолія плюс», 2004. – 399 с.

42. Руснак П.П. Економіка підприємства / [Руснак П.П., Андрійчук В.Г., Ільєнко А.А. та ін.]. – Біла Церква: Білоцерківський державний аграрний університет, 2003. – 255 с.

43. Салюк А.И. Влияние водопотребления на эффективность метанового брожения куриного помета / А.И. Салюк, С.А. Жадан, Е.Б.

Шаповалов, Р.А. Тарасенко // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – Научно-технический центр «ТАТА», 2015. – № 15-16 (179-180). – С. 53 – 58.

44. Свистунов А.И. Классификация способов ферментации и ферментеров / А.И. Свистунов // Вестник НГИЭИ (серия технические науки). НГИЭИ, 2013. – Вып. № 10 (29). – С. 109 – 114.

45. Сидоров Ю.І. Сучасні біогазові технології / Ю.І. Сидоров // Biotechnologia acta. – 2013. – V. 6, No1. – С. 46 – 61.

46. Соуфер С. Биомасса как источник энергии. / Соуфер С., Заборски О. Пер. з англ. – М.: Мир, 1985. – 368 с.

47. Терещенко Є.Є. Дослідження процесу біосинтезу метану з харчових відходів [Електронний ресурс] / Є.Є. Терещенко. – 9 с. – Режим доступу до журн.: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/19095>

48. Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами / [Г.А. Голуб, О.В. Сидорчук, Є.М. Кухарець та ін.; за ред. Г.А. Голуба] – К.: НУБІП/України, 2014. – 106 с.

49. Chandrasekar, A. (2006). Demonstration of Hydrogen Production from Dairy Manure Derived Biogas, Proceedings of 2006 ASABE Annual International Meeting, Paper Number: 067065, Portland, Oregon, USA, July 9-12, 2006

50. Florentino, H. (2003). Mathematical Tool to Size Rural Digesters. Scientia Agricola, Vol. 60, No. 1, pp. 185-190, ISSN 0103-9016

51. <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8373-biohaz-realna-alternatyva-pryrodnomu-hazu.html>

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Перед. прошивки.

Справ. №

Подп. и дата

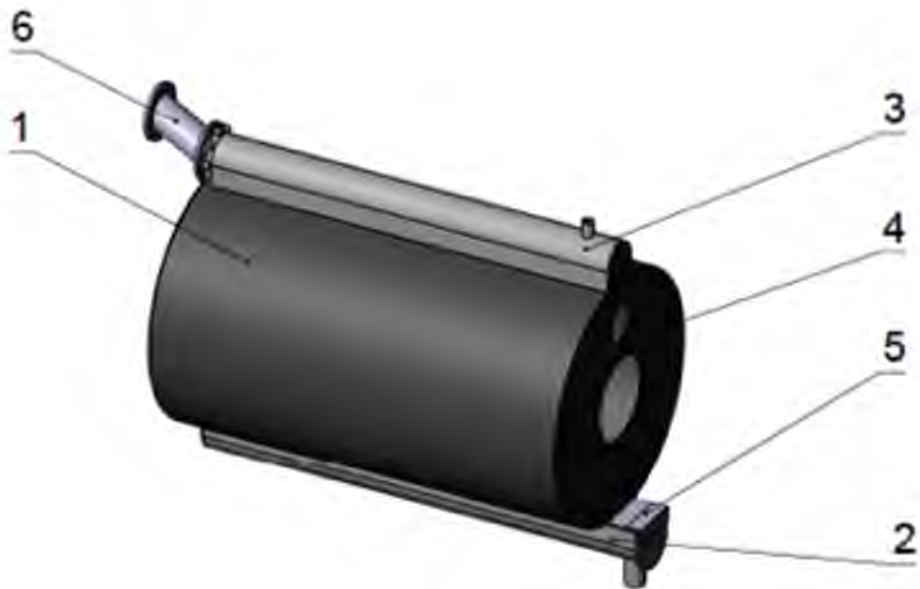
Имя. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Имя. № подл.

Маштаб 1 : 50



01.08-КМР.203*С" 2022.02.04. 007 ПЗ

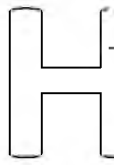
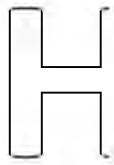
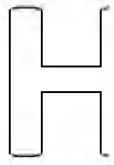
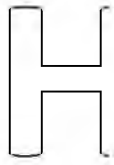
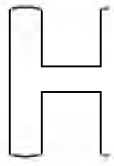
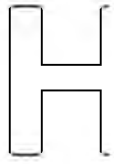
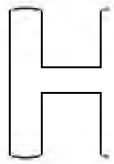
Изм.	Лист	№ докум.	Плав.	Дата
Разраб.		Довгий О.В.		
Пров.		Марус О.А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Инсульт.				

**Загальний вигляд
біогазового реактора**

Лит.	Масса	Масштаб
	30	1:50
Лист 1		Листов 8

Копировал

Формат А4



Изм. № подл.	Подп. и дата				01.08.-КМР. 203 "С" 2022.02.04. 007 ПЗ	Лит.	Масса	Масштаб
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				
Изм. № дубл.	Подп. и дата				01.08.-КМР. 203 "С" 2022.02.04. 007 ПЗ	Лит.	Масса	Масштаб
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				
Взам. инв. №	Подп. и дата				01.08.-КМР. 203 "С" 2022.02.04. 007 ПЗ	Лит.	Масса	Масштаб
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				
Отрасль №	Подп. и дата				01.08.-КМР. 203 "С" 2022.02.04. 007 ПЗ	Лит.	Масса	Масштаб
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				



Копирован

Формат А4

Листів проекту:

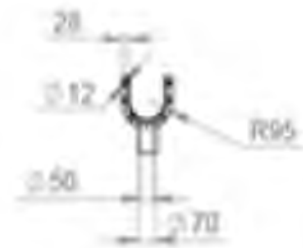
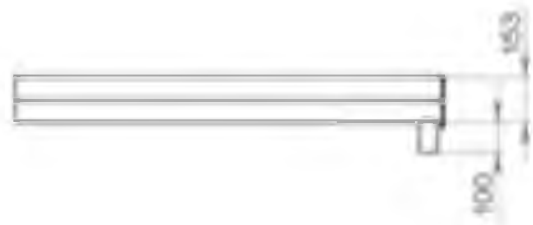
Сторінок №:

Листів в даній:

Видів видів №:

Листів в даній:

Листів №:



№	Лист	№ докум.	Лист	Дата
Розроб		ДОВГІЙ С.В.		
Голов		МІЩУК О.А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Уч.				

01.08.-КМР.203*С*2022.02.04. 007ПЗ

Жолоб під шнек

Лист	Маса	Масштаб
Лист 3	6769.78	1:50
Листов 8		

Калифорнія

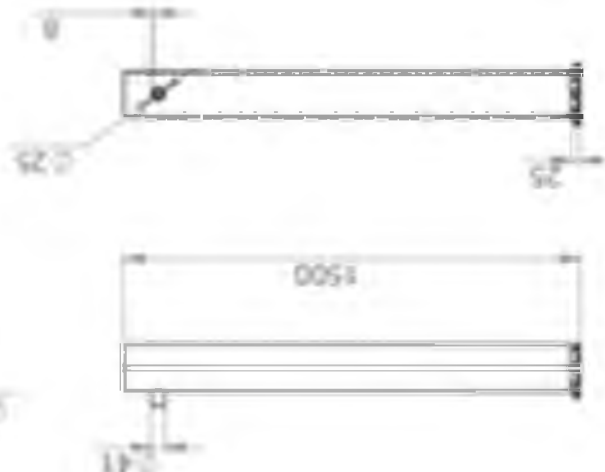
Колорнад

Формат А4

Україна

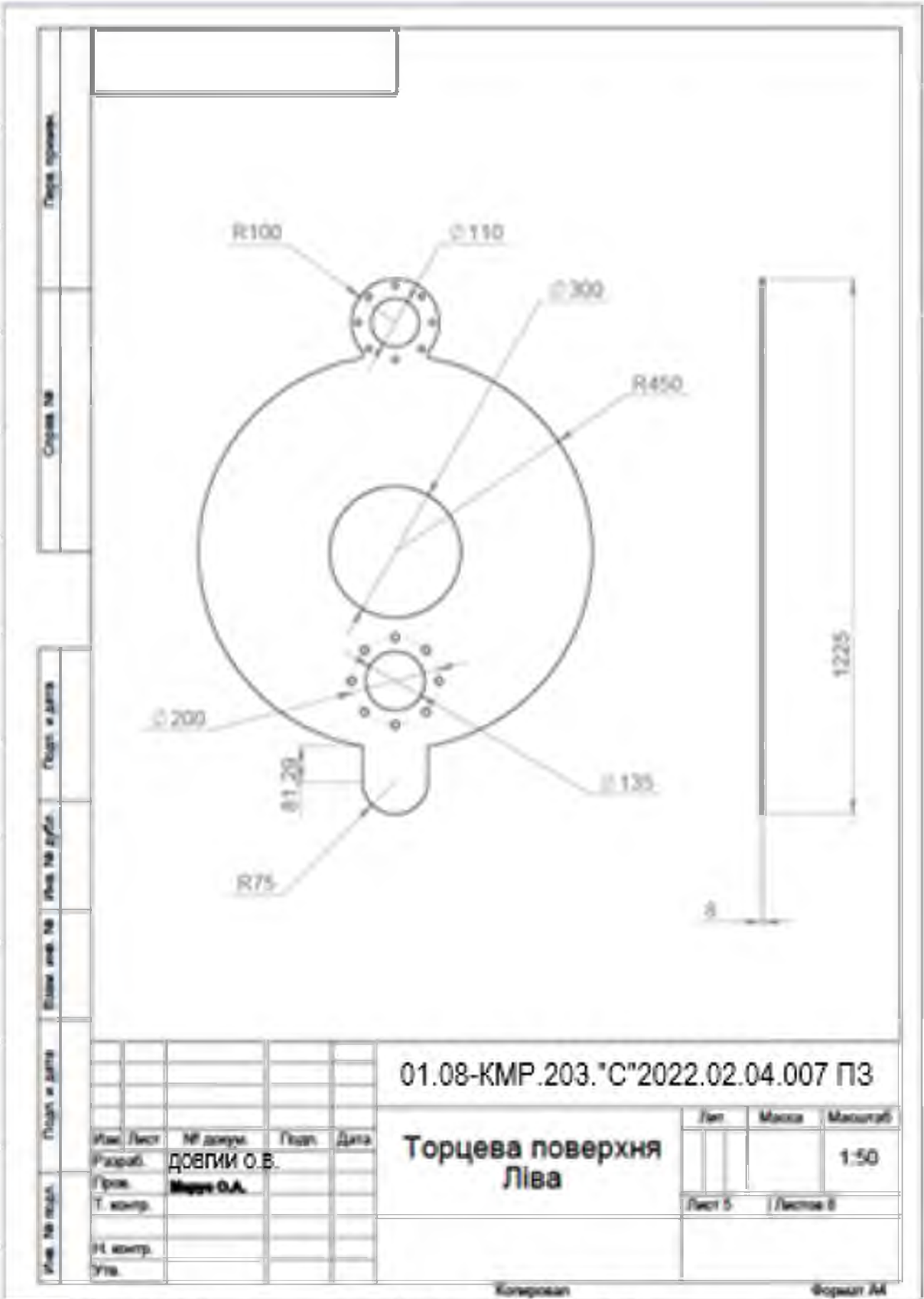
Назва деталі: Газосбірник Категорія: Газосбірник		Назва з'єднання: Початок газу Назва кінця: Кінець газу		Назва матеріалу: Сталь	
Код деталі: 01.08-КМР.203"С"2022.02.04.007 ПЗ Дата: 2022.02.04		Назва виробника: Метал Назва підприємства: ДОВІЛИ ОДЗ		Назва стандарта: Сталь	
Категорія: Газосбірник Назва: Газосбірник Назва матеріалу: Сталь Назва виробника: Метал Назва підприємства: ДОВІЛИ ОДЗ Назва стандарта: Сталь		Назва з'єднання: Початок газу Назва кінця: Кінець газу		Назва матеріалу: Сталь Назва підприємства: ДОВІЛИ ОДЗ Назва стандарта: Сталь	
Назва деталі: Газосбірник Категорія: Газосбірник		Назва з'єднання: Початок газу Назва кінця: Кінець газу		Назва матеріалу: Сталь	







Україна



Листів зображень	Сторінок №	Позначення	Вид № докум.	Вид № змін	Позначення

01.08-КМР.203."С"2022.02.04.007 ПЗ

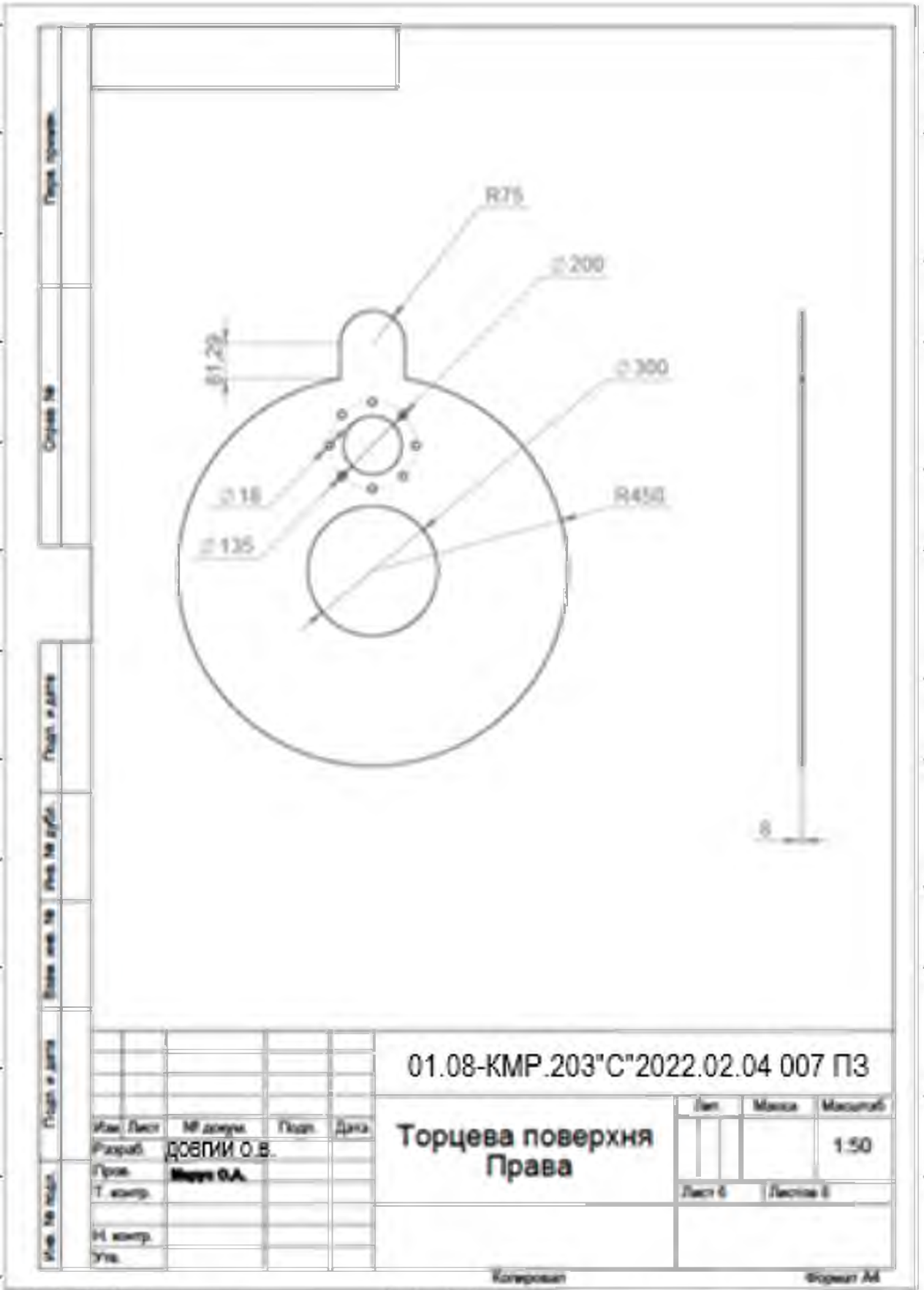
**Торцева поверхня
Ліва**

№	Лист	№ докум.	Позн.	Дата
Розроб.		ДОВГИЙ О.В.		
Проек.		МІЩУК О.А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

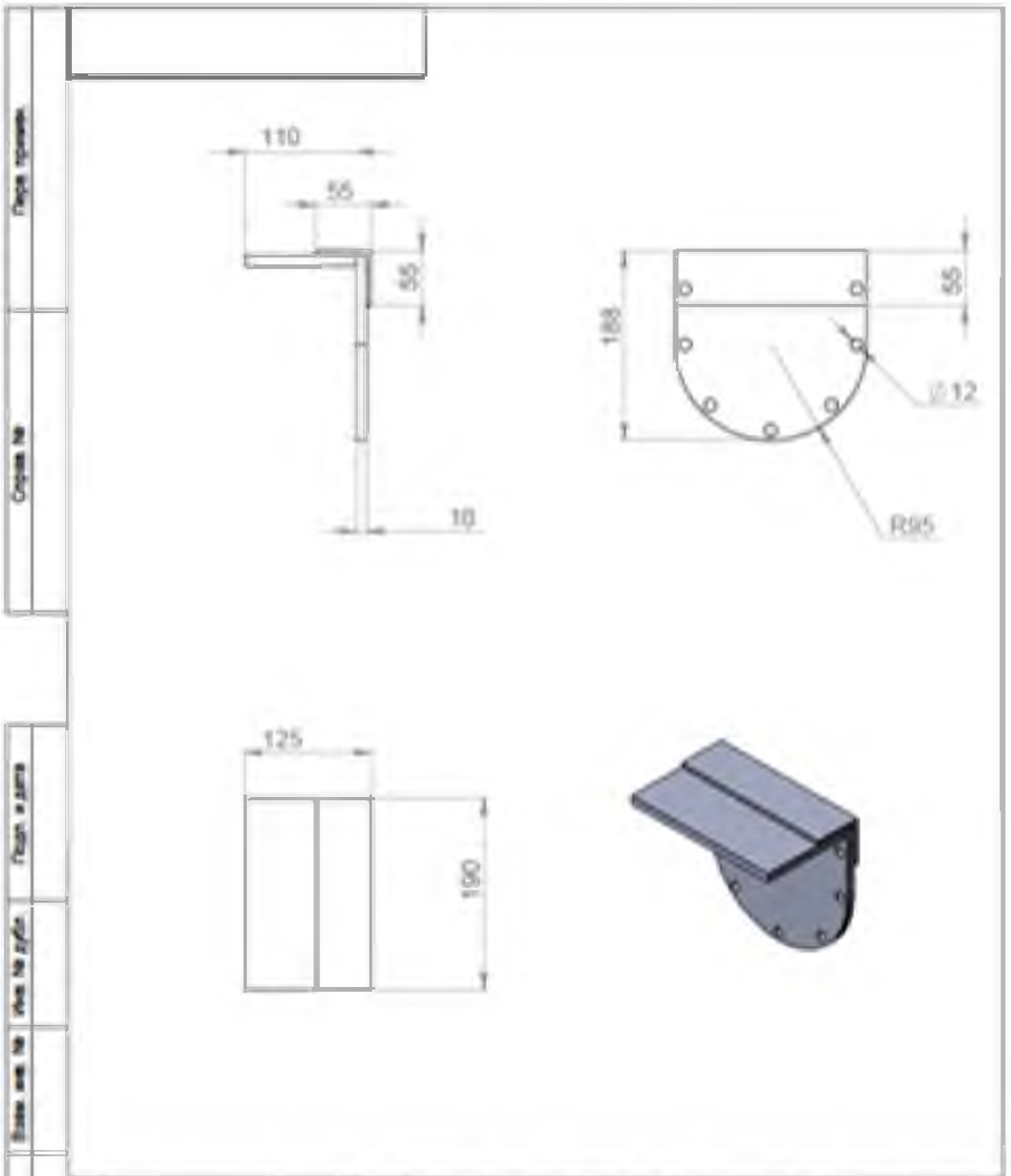
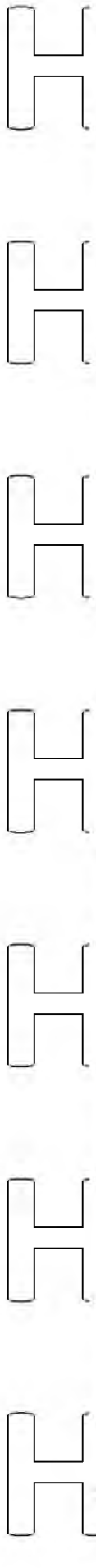
Лист	Масштаб	Масштаб
		1:50
Лист 5	/ Листів 6	

Контурний

Формат А4



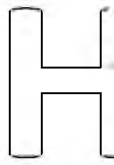
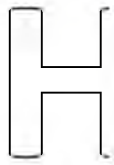
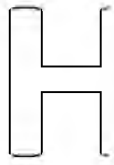
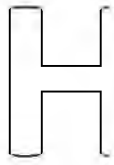
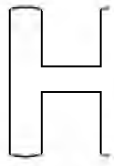
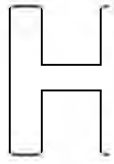
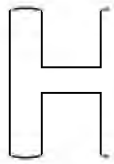
НУБІП України


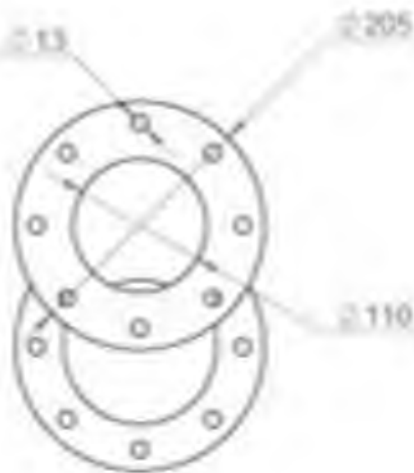
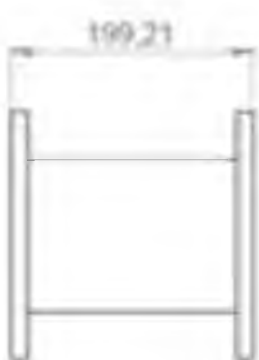


01.08-КМР.203°С 2022.02.04 007 ПЗ			
Имя Лист	№ докум.	Полн.	Дата
Разработ.	ДОВГИИ О.В.		
Проект.	Мурр О.А.		
Т. контр.			
Н. контр.			
Уд.			
Фланець шнеку		Лист	Масса
		Лист 1	4747.60
		Макштаб	1:50
		Листов 1	Листов 1

Копирован

Формат А4



Гара проточкы			Серыя №	
План и дэталі	Кольца дыркі		Вядомы нумар	
Ліст нумар	Ліст а дэталі	01.08-КМР.203"С"2022.02.04 007 ПЗ		
Імя	Ліст	№ дэталі	План	Дата
Узвары	Фланець шнеку			
Праек.	Ліст 8			Ліст 8
Т. констр.	Маса			Масштаб
Н. констр.	8893.65			1:50
Утв.	Ліст 8			Ліст 8
Контрыгал			Формат А4	

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України