

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет механіко-технологічний

УДК 631.36:636.2.084.74

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан механіко-технологічного
факультету

Завідувач кафедри механізації
тваринництва

Братішко В. В.

Хмельовський В.С.

(підпис)

(П.І.Б.)

(підпис)

(П.І.Б.)

« » 2021р.

« » 2021р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему

Дослідження процесу утилізації та переробки гною з
розробкою мобільної біогазової установки

Спеціальність

«Агроінженерія»

Магістерська програма

Технології і техніка у тваринництві

Програма підготовки

Освітньо-професійна

НУБІП України

Керівник магістерської роботи:

к.т.н. доцент

Ацкевич О.М.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(П.І.Б.)

НУБІП України

Виконав:

Швець Едуард Григорович

(підпис)

(П.І.Б. студента)

НУБІП України

Київ, 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко-технологічний

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри механізації тваринництва

К.т.н., доц.

Хмельовський В.С.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(П.І.Б.)

НУБІП України 2021р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Швецю Едуарду Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

«Агроінженерія»

НУБІП України

Магістерська програма

Технології і техніка у тваринництві

Програма підготовки

Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи

Дослідження процесу утилізації та

переробки гною з розробкою мобільної біогазової установки

НУБІП України

затверджена наказом ректора НУБіП України від 12 лютого 2021 № 325 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи Техніко-економічна характеристика

господарства, нормативні документи, державні стандарти, стандарти ISO9001, ДСТУ

довідкова література.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Обґрунтування процесу приготування утилізації та переробки гною
2. Дослідження параметрів, що впливають на якість утилізації та переробки гною
3. Визначення охорони праці та економічної ефективності впровадження

Дата видачі завдання

2021р.

Керівник магістерської роботи

Ачкевич О.М.

НУБІП України

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

НУБІ! ПІДКРАЇНИ

Завдання прийняв до виконання

Піверь Е.Т.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА УСТАНОВОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

1.1. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду застосування біогазових установок

1.2. Принципи роботи біогазової установки

1.3. Конструкції метантенків для зброджування відходів біомаси

1.4. Способи інтенсифікації теплообміну в метантенці

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКОЮ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

2.1. Аналіз будови резервуарів біогазових установок

2.2. Розробка конструкції мобільної біогазової установки

2.3. Математичне моделювання основних процесів тепломасообміну в конструкції метантенка

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОООБМІНУ У МЕТАНТЕНКУ

3.1. Фізичне моделювання об'єкта дослідження

3.2. Програма експерименту

3.3. Результати експериментальних досліджень залежності впливу температури навколишнього повітря та товщини відкладень

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Аналіз стану безпеки праці та організації роботи по захисту від надзвичайних ситуацій

4.2. Організація протипожежної безпеки

4.3. Заходи електробезпеки

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

ВИСНОВОК

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Пояснювальна записка 58 с., в тому числі 25 рисунків, 4 табл., 42 літературних джерел, 7 листів презентації.

НУБІП України

Мета дослідження - Збільшення обсягу одержуваного біогазу при зброджуванні відходів тваринницьких ферм у метантенках шляхом інтенсифікації процесів тепломасообміну в біогазовій установці.

Об'єкт дослідження – метантенк мобільної біогазової установки для отримання горючих газів при зброджуванні відходів тваринницьких ферм.

НУБІП України

Предмет дослідження – інтенсивність процесів тепломасообміну в метантенці мобільної біогазової установки між гріючим елементом і масою, що зброджується.

НУБІП України

В роботі проаналізовано аналітичні дослідження існуючих конструкцій метантенку та технологічних особливостей виробництва біогазу шляхом зброджування відходів тваринницьких ферм у метантенку. Розроблено конструкцію мобільного метантенку для зброджування відходів тваринницьких ферм. Створено експериментальну установку та проведено експериментальні дослідження впливу температури зовнішнього повітря та товщини відкладень на гріючому змішувачу на інтенсивність теплообміну в метантенку і, отже, на температуру маси, що зброджується при утворенні біогазу.

НУБІП України

Згідно з завданням розроблено заходи з охорони праці та екологічної безпеки виробництва.

НУБІП України

Виконано економічне обґрунтування доцільності використання запропонованої техніки та технології для умов підприємства.

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Використання викопного палива та вплив парникових газів на довкілля ініціювали дослідження у виробництві альтернативних видів палива з біоресурсів. Кількість викидів парникових газів в атмосферу зростає, причому основним компонентом є вуглекислий газ. Крім того, світовий попит на енергію стрімко зростає. Приблизно 88% виробленої енергії нині виробляється з викопного палива.

З метою зниження витрати природного палива, останнє десятиліття стрімко розвивається альтернативна енергетика. Застосування конкретного виду альтернативного палива залежить від кліматичних та технологічних факторів. Газифікація тваринницьких підприємств пов'язана із суттєвими фінансовими витратами, пов'язаними з будівництвом газопроводів та додатковими газорегуляторними пунктами. Так само тваринництво є одним із основних джерел викидів парникових газів в атмосферу. Метан і закис азоту утворюється в результаті розкладання біомаси на тваринницьких та птахівницьких фермах при її зберіганні або переробці в системах, що сприяють виникненню анаеробних умов.

У цьому контексті біогаз, який отримується в результаті розкладання відходів, може відігравати важливу роль в енергетичному майбутньому при газифікації тваринницьких ферм.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА УСТАНОВОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

НУБІП України

1.1. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду застосування

біогазових установок

НУБІП України

Технологія отримання біогазу шляхом переробки органічних відходів

(біомаси) в анаеробних умовах, давно відома людству. Вона успішно

застосовується у низці країн із розвинутою сферою сільського господарства.

США, ЄС, Китай, Індія, Бразилія є лідерами з виробництва біогазу. На

сьогодні відновлювані джерела енергії займають значне місце у

енергетичному балансі країн світу.

НУБІП України

Використання електроенергії та тепла, що виробляється за допомогою

анаеробної переробки біомаси, в Європі зосереджено в основному Австрії,

Фінляндії, Німеччини, Данії та Великобританії. Німеччина є лідером з

виробництва біогазу у Європі. У Німеччині 1992 року налічувалося 139

біогазових установок, а зараз працює більше 7000 великих установок

анаеробного зброджування сільськогосподарських відходів. Найбільша

біогазова установка (БДУ) розташована на півдні Німеччини, що дозволяє

переробляти до 120 т відходів тваринницької ферми на місяць.

НУБІП України

Площа, що займається біогазовою установкою, становить 3 га. Корпус

метантенка виконаний із кислотостійкого залізобетону діаметром 15 м і

висотою 6 м. Отримуваний БГ спалюють для отримання електричної енергії та

теплоти [10-12].

НУБІП України

В Австрії, в даний час, працює близько 120 біогазових

установок. обсягами реакторів кожної понад 2000 м³. Близько 25 установок

знаходяться в стадії проектування та будівництва [1,13]. Високий ступінь

розвитку ринку біогазових технологій має місце в муніципальних підприємствах утилізації стічних вод, очищення індустріальних стічних вод та утилізації сільськогосподарських відходів. У Швеції енергія біомаси складає 50% необхідної теплоти. В Англії, на батьківщині першого промислового біогазового реактора, за допомогою БГ ще 1990 р. вдалося покрити всі енерговитрати у сільському господарстві. У Лондоні діє один із найбільших у світі комплексів із переробки побутових стічних вод [12-13].

В даний час у країнах СНД зріс інтерес до отримання енергії та біодобрих шляхом переробки сільськогосподарських відходів. Цьому сприяють висока вартість енергоресурсів та добрив, а також погіршення стану навколишнього середовища. Однак через низьку поінформованості фермерів про практичні шляхи впровадження біогазових технологій, а також високої початкової вартості біогазових установок, загальне кількість біогазових установок у країнах СНД не перевищує кількох сотень.

1.2. Принцип роботи біогазової установки

Робота біогазової установки передбачає максимальну автоматизацію та зведення до мінімуму витрат людської праці. Принципова схема біогазової установки наведено малюнку 1.1. [8,10,22,24,25]. Відходи надходять у приймальний резервуар для подрібнення великих включень. В ньому відбувається їх попереднє накопичення, гомогенізація, перемішування, осадження та видалення важких фракцій. Подача сировини в метантенк відбувається 1-2 рази на добу за допомогою спеціального насоса для рідких та в'язких субстратів. МТ є основою біогазової установки, в якому відбувається зброджування біомаси та утворення БГ. Метантенк є газонепроникним, герметичним резервуаром.

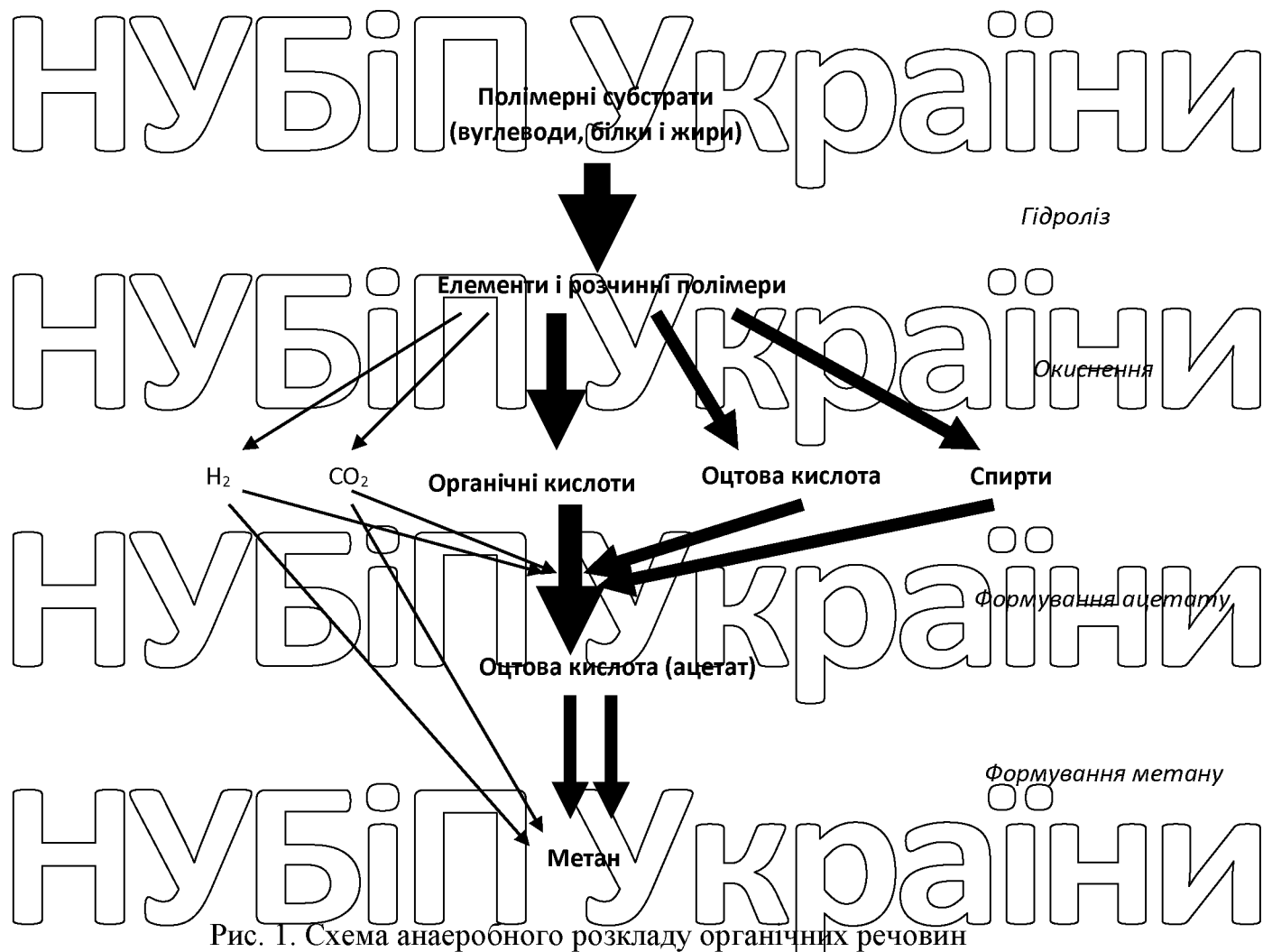
Для підтримки стабільної температури всередині метантенка обладнується система обігріву (змійовик). Субстрат 2 рази на добу перемішується за допомогою турбінної мішалки. Завантаження збродженого субстрату відбувається автоматично з такою самою періодичністю, як і завантаження.

Управління роботою всієї біогазової установки відбувається за командами системи автоматики. Отримуваний БГ збирається в газгольдер. Газгольдер є ємністю, що виконує функцію акумулювання газу.

Відведення БГ відбувається газопроводом, який оснащений пристроями автоматичного відведення конденсату та запобіжними пристроями, захищають газгольдер від перевищення допустимого тиску. З газгольдера йде безперервна подача біогазу на станцію очищення біогазу (СВБ) і далі через ГРП, з компресором, що підвищує тиск, на котельню.

Перероблений субстрат подається на механічний поділ у шнековий барабан-сепаратор. Система механічного поділу поділяє масу на тверду (зневоднений шлам) та рідку (фугат) фракції. Зневоднений шлам не має запаху, не містить патогенної мікрофлори і є висококонцентрованим, незараженим, дезодорованим органічним добривом, придатним для безпосереднього внесення у ґрунт. Фугат - незаражена, дезодорована рідина, яка використовується як органічна підживлення для поливу або зрошення різних сільськогосподарських культур [1, 26,27,28].

Анаеробний розпад органічних речовин відбувається в чотири етапи: гідроліз, окислення, утворення ацетату та утворення метану (рис.1) Протягом перших двох етапів проходить перетворення субстрату у рідкий стан та його розклад. Під час наступних двох етапів відбувається безпосередньо процес утворення метану. Кожна стадія анаеробної обробки субстрату відрізняється не тільки задіяними мікроорганізмами та виходом, а й необхідними умовами навколишнього середовища.



Оскільки БГ насичений водою, необхідне його охолодження в конденсаційному колодязі. Після цього БГ підігривається і вміст води в ньому зменшується. Сірководень, що міститься в біогазі, змішуючись з водою, утворює кислоту, що викликає корозію металу. Найбільш ефективним методом очищення від сірководню є сухе очищення у спеціальному фільтрі.

Як десульфуризатор застосовують різні абсорбенти. Діоксид вуглецю може бути відокремлений шляхом вбирання у вапняне молоко. Вуглекислота сама по собі є цінним продуктом, який можна використовувати у різних виробництвах.

Отриманим біогазом можна частково замінити природний газ,

витрачається потреби фермерського господарства. На нагрівання метантенку витрачається одержуваного біогазу до 10% влітку і до 20% взимку.

1.3. Конструкції метантенків для зброджування відходів біомаси

За формою розрізняють метантенку: яйцеподібні, циліндричні, кулясті, траншейні, кубічні та ін.

З точки зору створення найбільш сприятливих умов для перемішування рідкого субстрату, накопичення газу, відведення опадів та руйнування кірки, що утворюється, на поверхні субстрату доцільно використання резервуарів яйцеподібної форми (рис. 1.3а) [31, 38, 40]. Великі реактори такої форми зазвичай споруджують із бетону, тому для них характерна висока вартість виготовлення, що суттєво обмежує їхнє застосування.

Для циліндричного резервуара з конусними верхньою та нижньою частинами (Рис 1.3б), як і для овальної форми, характерні невеликий простір для накопичення газу, обмежений обсяг плаваючої кірки, а також хороше відведення шламу. Однак у подібних реакторах створюються менш сприятливі умови для переміщення рідкого субстрату. Резервуари великого обсягу такої форми, використовуються в комунальних установках для очищення та розкладання стоків, як та реактори овальної форми, виготовляють з бетону. Однак «циліндричні» реактори дещо дешевші. В індивідуальних господарствах реактори даної форми роблять із сталі.

Циліндричні резервуари (Рис. 1.3в) відносно прості у виготовленні, що пояснюється великим досвідом будівництва ємностей для сільськогосподарських цілей (сталеві, бетонні, склопластикові цистерни бункера для силосу та інших кормів). Однак у порівнянні з резервуарами попередніх форм у циліндричному резервуарі неможливо організувати досить хороші умови для переміщення субстрату, при цьому доводиться

зв'язати на більш високі витрати на видалення осаду і руйнування плаваючої кррки, що пов'язано із збільшенням витрати енергії на перемішування маси

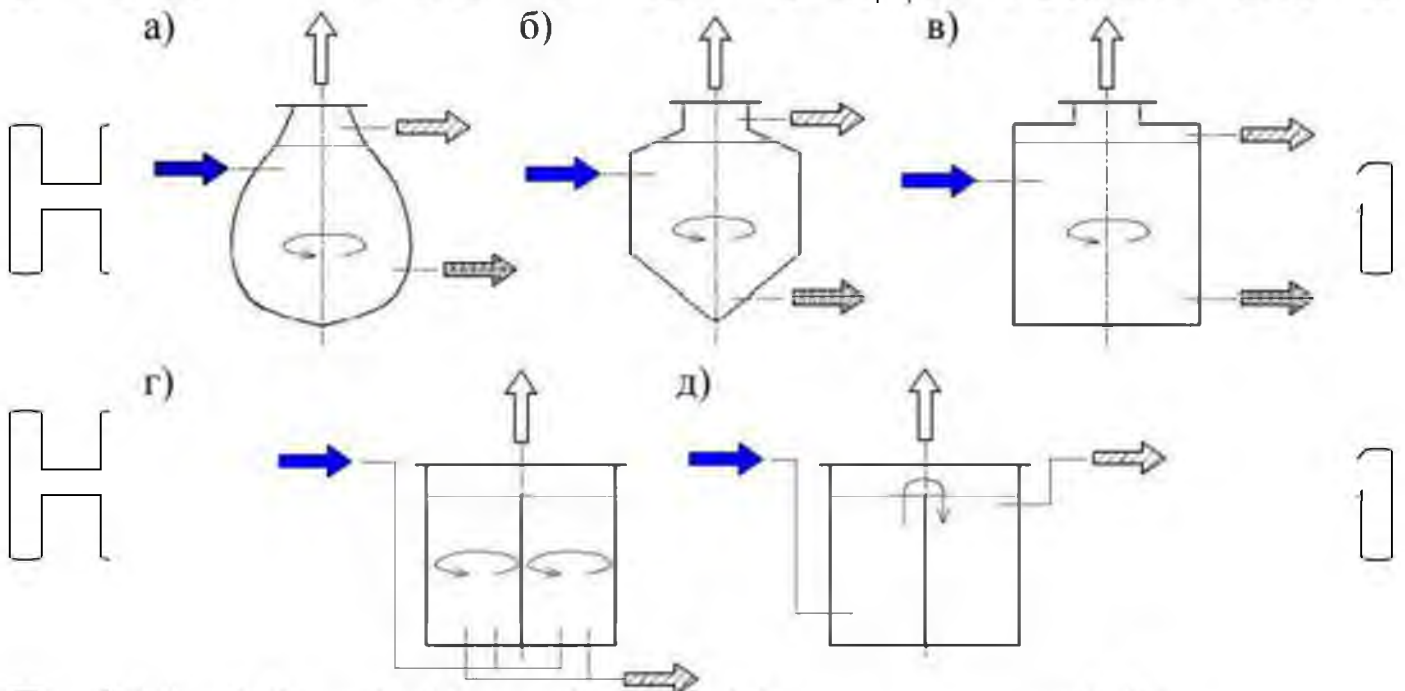


Рис. 1.3 - Найбільш поширені форми МТ

а) – овальна;

б) – циліндрична з конусними верхньою та нижньою частинами;

в) – циліндрична;

г) – циліндрична з перегородкою;

д) – у вигляді паралелепіпеда (з перегородкою) - свіжа біомаса; - твердий залишок; - перебродила біомаса; - біогаз

Для резервуарів циліндричної форми, розділених поперечною вертикальною перегородкою на дві камери (Рис.1.3г), можна організувати систему отримання біогазу із почерговим використанням камер резервуара.

При такому компоюванні зменшується значення теплоізоляції зовнішніх стін резервуара, а в перегородку, що виконується з достатньо теплопровідного матеріалу, нескладно вбудувати будь-який нагрівальний пристрій, що надає встановленню додаткових конструктивних переваг.

У простих невеликих біогазових установках метантенк має форму паралелепіпеда (Рис.1.3д). Для підвищення ефективності такий реактор перегороджують вертикальною стінкою, створюючи головну бродильну камеру та камеру для остаточного зброджування та осадження шламу. В установках даного типу неможливо забезпечити рівномірне перемішування маси та керування завантаженням робочого об'єму резервуара, а також дотримання часу перебування маси у реакторі.

Процес розвитку біогазових установок показав, що конструктивне виконання метантенку має велике значення для організації технології зброджування біомаси.

Метантенк повинен відповідати таким вимогам [53-45].

- міцність та надійність у процесі експлуатації біогазової установки;
- корозійна стійкість внутрішньої поверхні метантенку при зброджуванні біомаси;
- мінімальні теплові втрати у довкілля, через зовнішні поверхні;
- дотримання технологічних режимів зброджування;
- простота завантаження свіжої біомаси та вивантаження збродженого субстрату;

Стабільна робота метантенку повинна супроводжуватись постійним дотриманням технологічних факторів.

Недолком сучасних метантенку великого обсягу є те, що спостерігається нерівномірний та нестабільний нагрівання біомаси по всьому об'єму. Це пов'язано з тим, що виникає непрогрівний шар біомаси в нижній частині метантенку та перегрів її в області нагрівача. Це призводить до гніблення розвитку метаногенних бактерій і, як наслідок, зниження обсягу одержуваного біогазу. Тому виникає інтерес до розгляду та інтенсифікації термостабілізаційних процесів у метантенку.

1.4. Способи інтенсифікації теплообміну в метантенці

Аналіз конструкцій метантенку показав, що для інтенсифікації процесу утворення біогазу має значення теплообмін у метантенку між нагрівальним елементом і масою, що зброджується, розподіл температур по всьому об'єму зброджуваної маси при перемішуванні, а також теплообмін між зовнішніми поверхнями метантенку та навколишнім середовищем.

Велике поширення як пристрій для знезараження стічних вод метантенки отримали в описних спорудах водовідведення. У даних спорудах, у вітчизняній практиці, підігрів осаду найчастіше здійснюється гострим паром. Пара низького тиску з температурою 110...112°C подається у всмоктувальну трубу насосом при подачі та перемішуванні осаду або безпосередньо у метантенку через паровий інжектор. Даний метод підігріву зброджуваної маси має низку недоліків. У процесі експлуатації отвори паровпускних труб інжекторного підігрівача зменшуються через утворення на них солей відкладень. Так само при раптовому зниженні тиску пари в паропровідній розподільчій системі осад з метантенку може потрапити до паропроводу та викликати аварію. Основним недоліком застосування даного способу нагрівання є високі температури пари, що призводять до загибелі бактерій, що беруть участь у процесі утворення метану [56-58].

Технологічні параметри зброджування, такі як обов'язкове перемішування та нагрівання, аналогічні процесам, застосовуваним у хімічній промисловості. У зв'язку з цим аналітичні дослідження торкнулися розгляд апаратів використовуваних у хімічній промисловості підігрівом та перемішуванням реагуючих речовин [32].

Вертикальні циліндричні апарати є найбільш поширеним видом апаратів, що застосовуються у хімічному промисловості [33]. Корпус апарата виконаний із листової сталі.

Конструкція з цього матеріалу з'єднується болтами або зварюється з листів заліза, згорнутих у рулон. Оболонка реактора ставиться на фундамент з бетону. Для підтримання температурного режиму апарат ізолюється. У конструкції передбачені отвори для завантаження та спорожнення реактора, а також доступ до його внутрішнього простору для обслуговування. У конструкції передбачений змійовик для нагрівання речовини та мішалка для його перемішування.

Корпус апарата складається з циліндричної частини та днища.

Всередині корпусу змонтовані змійовик та лопатева мішалка. Корпус закриває кришку, в якій є технологічні отвори для валу мішалки, підведення та відведення гріючої води. Свіжу кількість речовини надходить у реактор через патрубок, а відпрацьований видаляється знизу через технологічний отвір. Оскільки елементи готуються заздалегідь, то залізні резервуари виготовляються технологічніше ніж резервуари з монолітного бетону. На місці установки, виготовлені з листового заліза, товщиною 4-6 мм, зовні захищені від корозії розміщуються на стрічковому фундаменті.

Аналізувавши теплофізичні властивості зброджуваної маси, можна зробити припущення, що на поверхні, що гріє, матимуть місце відкладення твердої фракції РМ. Внаслідок аналітичних досліджень опублікованих матеріалів з виробництва біогазу, визначено, що вплив шару відкладень на інтенсивність теплообміну між елементом, що гріє, і масою не вивчалася.

Розробка конструкції метантенку, який дозволить підтримувати все технологічні параметри процесу анаеробного зброджування, а також бути простим у виготовленні, експлуатації та бути енергоефективним, є актуальним науковим напрямом.

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКОЮ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

2.1. Аналіз будови резервуарів біогазових установок

Велике поширення як пристрій для знезараження стічних вод метантенки отримали в очисних спорудах водовідведення. У даних спорудах, у вітчизняній практиці, підігрів осаду найчастіше здійснюється гострим паром. Пара низького тиску з температурою 110...112°C подається у всмоктувальну трубу насосом при подачі та перемішуванні осаду або безпосередньо у метантенку через паровий інжектор. Даний метод підігріву зброджуваної маси має низку недоліків. У процесі експлуатації отвори паровпускних труб інжекторного підігрівача зменшуються через утворення на них солей відкладень. Так само при раптовому зниженні тиску пари в паропровідній розподільчій системі осад з метантенку може потрапити до паропроводу та викликати аварію. Основним недоліком застосування даного способу нагрівання є високі температури пари, що призводять до загибелі бактерій, що беруть участь у процесі утворення метану [56-58].

У роботі [59] запропоновано схему та математичну модель теплообміну в метантенку з лопатевою мішалкою та теплообмінником (Рис. 2.2).

У пропонованій автором схемі біогазового реактора досліджувалися особливості нестационарного теплообміну. Для нагрівання використовувався теплоносій з температурою на вході 60°C, що протікає у трубопроводах 4 і 5.

Перемішування субстрату проводиться лопатевою мішалкою 2.

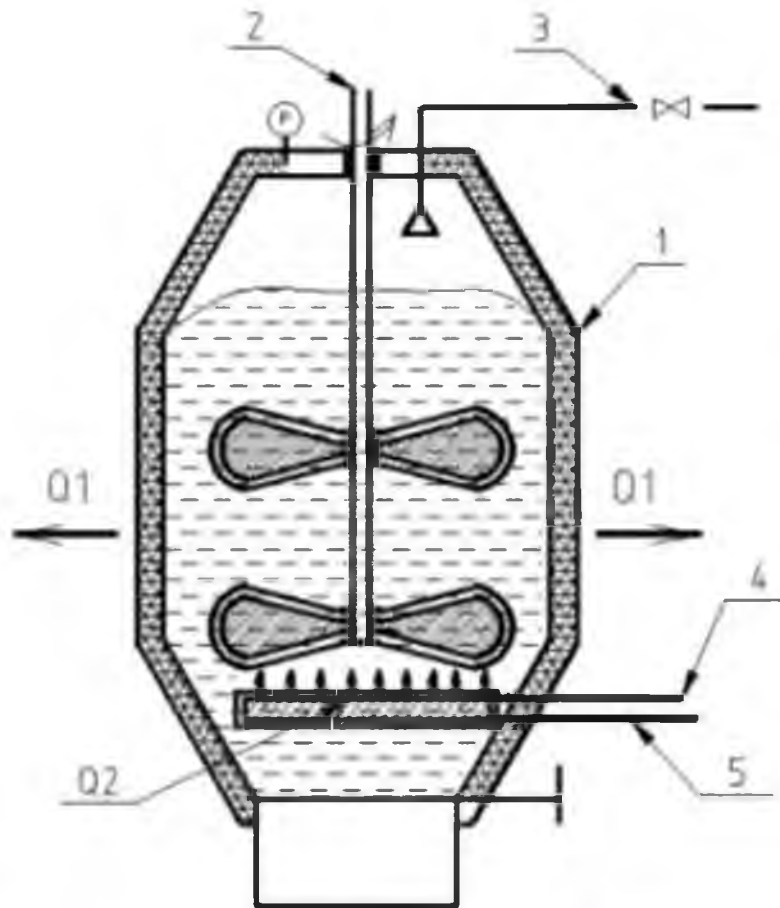
Недоліком даного біогазового реактора є неможливість рівномірного нагрівання всього об'єму маси, що зброджується, так як нагрівальний елемент встановлюється у нижній частині реактора. У період, коли лопатева мішалка відключена, спостерігатиметься перегрів нижньої частини та зниження температури СМ у верхній частині реактора.

НУВ

НУВ

НУВ

НУВ



ИИ

ИИ

ИИ

НУВ

Рис. 2.1. - Біогазовий реактор з лопатевою мішалкою та теплообмінником:

1 – утеплений корпус; 2 – лопатева мішалка; 3 – трубопровід відведення біогазу; 4 – трубопровід теплоносія, що подає; 5 – зворотний трубопровід теплоносія; Q_1 – тепловтрати корпусу; Q_2 – кількість теплоти, що передається від теплоносія до маси, що зброджується

НУВІП України

У роботі [40] пропонується використовувати конструкцію квазінеперервного типу з трисекційним метантенку, як нагрівач застосовується трубчастий електронагрівач. Схема установки наведена малюнку 2.2.

Установка є трисадійним метантенку 1, в центральній частині якого розташований трубчастий електронагрівач. Сировина завантажується через

НУВІП України

приймальній пристрій в крайню зону реактора і далі переміщується в термофільну камеру 4 де підігрівається електронагрівачем 5.

Підігріва сировина переміщується за допомогою мішалок 8. Тиск у метантенку регулюється за допомогою манометра 9. Газ відбирається шлангами газгольдер.

У кожній зоні зброжування підтримується встановлений температурний режим, що дозволяє забезпечувати вироблення газу. Але в цій конструкції є недолік, що полягає у нерівномірному розподілі теплоти всередині реактора, що веде до додаткових витрат електроенергії при роботі метантенку.

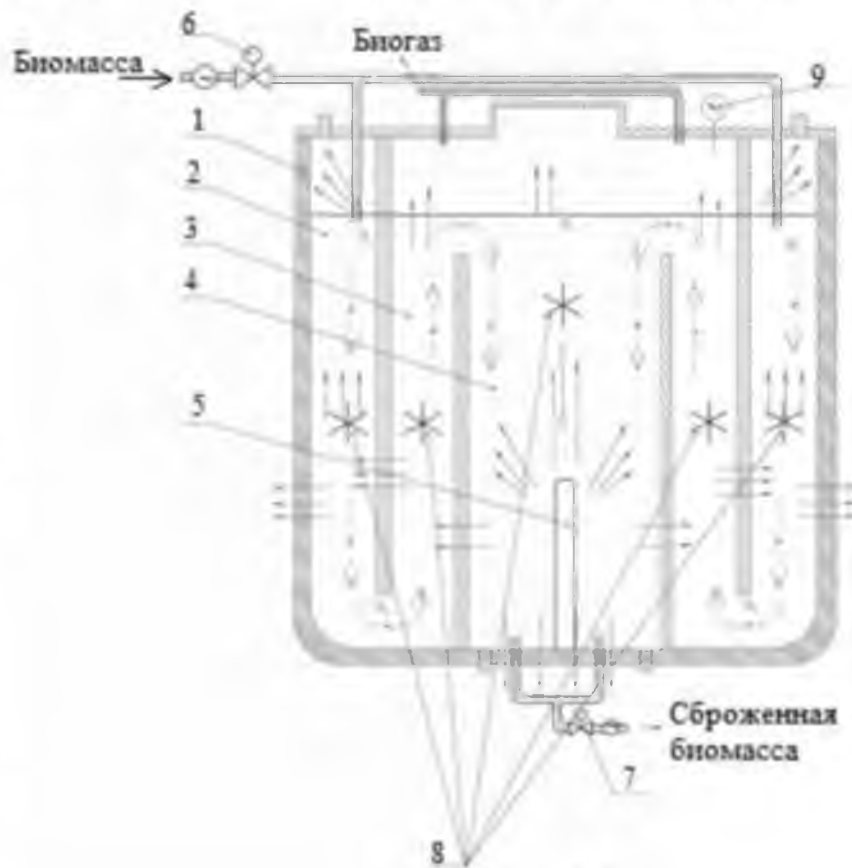


Рис. 2.2 - Схема біогазової установки із тристадійним метантенком:

1 – тристадійний МТ; 2 – психрофільна камера; 3 – мезофільна камера; 4 – термофільна камера; 5 - трубчастий електронагрівач; 6 – насос подані

біомаси; 7 – насос відкачування збродженої біомаси; 8 – перемішують пристрої, 9 – манометр.

У роботі [41] для підтримки постійної температури запропоновано конвективно-індукційне нагрівання (Рис. 2.3)

Схема фізичної моделі процесу безперервного метанового збродження з конвективно-індукційним нагріванням розроблено так, що високотемпературна (термофільна) зона знаходиться в центральній частині МТ, при цьому маса центральної зони розігріває мезофільну та психрофільну зони за рахунок конструктивних елементів реактора, а саме зручнення зони вивантаження переробленого ґною, призводить до інтенсивних теплофізичних процесів передачі тепла спровині, що знову нагрівають. Також розігрів біомаси здійснюється контактним нагріванням через перегородки, що розділяють ці зони, та дифузії субстрату.

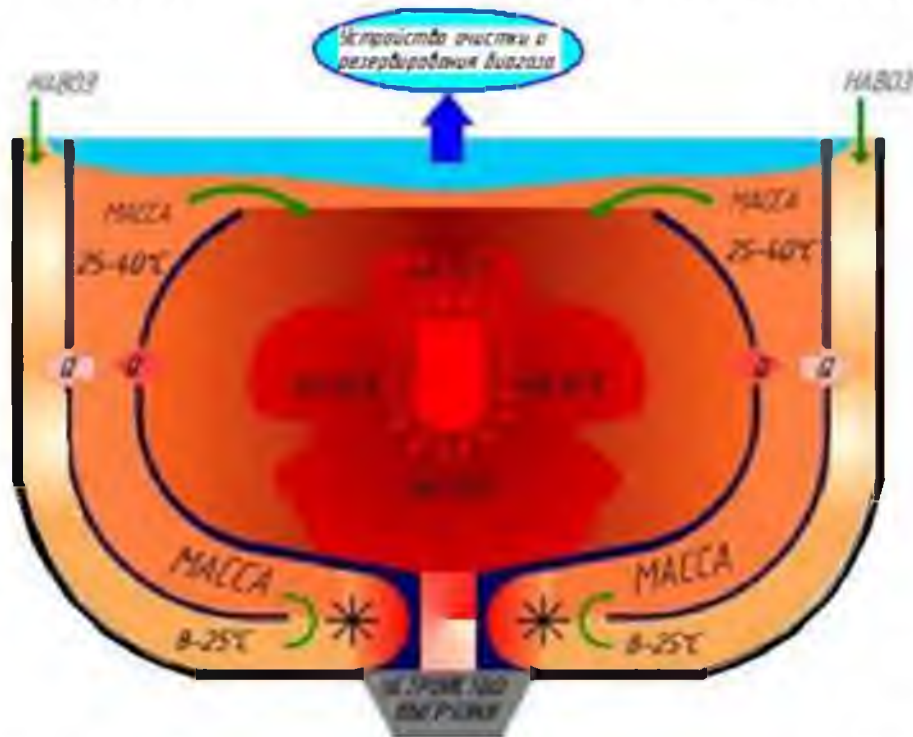


Рис. 2.3 - Схема метантенку з конвективно-індукційним нагріванням

У період нагрівання зброджуваної маси температура в центральній частині біореактора збільшується до 55°C і підтримується постійно у заданому режимі, далі відбувається конвективне нагрівання із сусідніми секціями метантенку. Розподіл тепла повинне відбуватися рівномірно по всьому об'єму реактора.

Нагрівання в межах температур 40...55°C здійснюється в центральній секції МТ індукційним нагрівачем із частотою струму 50 Гц, що відповідає термофільного режиму зброджування. Задана температура підтримується постійно забезпечення безперервного режиму роботи реактора. При підтримці заданого максимуму температури відбувається теплообмін біомаси, при якому повинен досягатися мезофільний та психрофільний режим зброджування в середній та зовнішній секціях метантенку.

Теплообміну сприяють масообмінний процес при завантаженні та вивантаженні сировини, а також циклічне перемішування субстрату.

Мезофільний режим зброджування відбувається у середній секції метантенку, де за рахунок конвективного нагріву досягається температура не більше 25...40°C. Крайній секції реактора відповідає психрофільний режим, де температура зброджування знаходиться в межах 8...25°C.

2.3. Розробка конструкції мобільної біогазової установки

Розробку нової конструкції будь-якої машини неможливо проводити, не розглянувши вже існуючі зразки аналогічної техніки. Під час аналізу існуючих зразків перш за все необхідно виділити їх переваги та недоліки, щоб при конструюванні нової машини покращити переваги та усунути недоліки прототипів. Отже цим обумовлена необхідність розробки нової конструкції біогазової установки. Сучасна наука здатна запропонувати велику кількість конструкцій біогазових реакторів, але всі вони мають ряд недоліків, зокрема [28].

- необхідність використання додаткового обладнання для зберігання та транспортування відпрацьованого субстрату до місць його кінцевого використання;

- утворення товстого шару осаду на стінках реактора в процесі довгого використання;

- ускладнення при очистці стінок реактора від осаду;

- висока вартість великих промислових установок;

- прив'язаність до одного місця встановлення;

- висока пожежо небезпечність в зв'язку з використанням

електричних засобів приводу змішувачів.

В результаті аналізу існуючих конструкцій біогазових установок нами запропоновано схему мобільної біогазової установки (рис 2.4).

Мобільна біогазова установка містить шасі 1, на якому встановлено резервуар 2 (реактор). В середині резервуару 2 вмонтовані дві лопатеві мішалки 3, що приводяться в обертовий рух гідромоторами 4, закріпленими на поверхні резервуару. Лопатеві мішалки 3 встановлені на валу 5, який з'єднано з гідромотором муфтою 6. В верхній частині резервуару розташований люк 7, в якому вмонтовано додаткову горловину 8 з кришкою 9, що використовується для ручного завантаження субстрату в резервуар. На поверхні резервуару встановлено запобіжний клапан 10, манометр 11, та газопровід 12 з краном 13. В передній частині встановлено фекалійний насос 14, що приєднаний до гідропроводу 15, який закінчується в нижній точці резервуара, привод фекалійного насосу відбувається через гідромотор. Привод гідромоторів 4 мішалок, відбувається від насосної станції чи від напірної магістри енергозасобу. До складу насосної станції входять (рисунок 2) гідробак 16, гідронасос 17, перепускний клапан 18, розподільник 19, гідропроводи 20, манометр 21, фільтр робочої рідини 22. В задній частині резервуару в нижній точці встановлено зливний трубопровід 23 та зливний кран 24. Працює машина наступним чином.

Установка встановлюється неподалік місць отримання субстрату чи біля вигрібних ям. Субстрат завантажується в резервуар 2 через горловину 8 при відкритій кришці 9. Субстрат розбавляємо водою для зменшення щільності. Резервуар 2 заповнюється субстратом та водою на 2/3 від об'єму резервуара.

Після повного заповнення для кращого виділення біогазу з субстрату його необхідно перемішувати. Субстрат перемішується допатеви́ми мішалками 3, які приводяться в обертівний рух гідромоторами 4. Для початку перемішування вмикають привод насосної станції, що приводить в дію гідронасос 17, який починає створювати тиск в напірній магістралі гідропроводу.

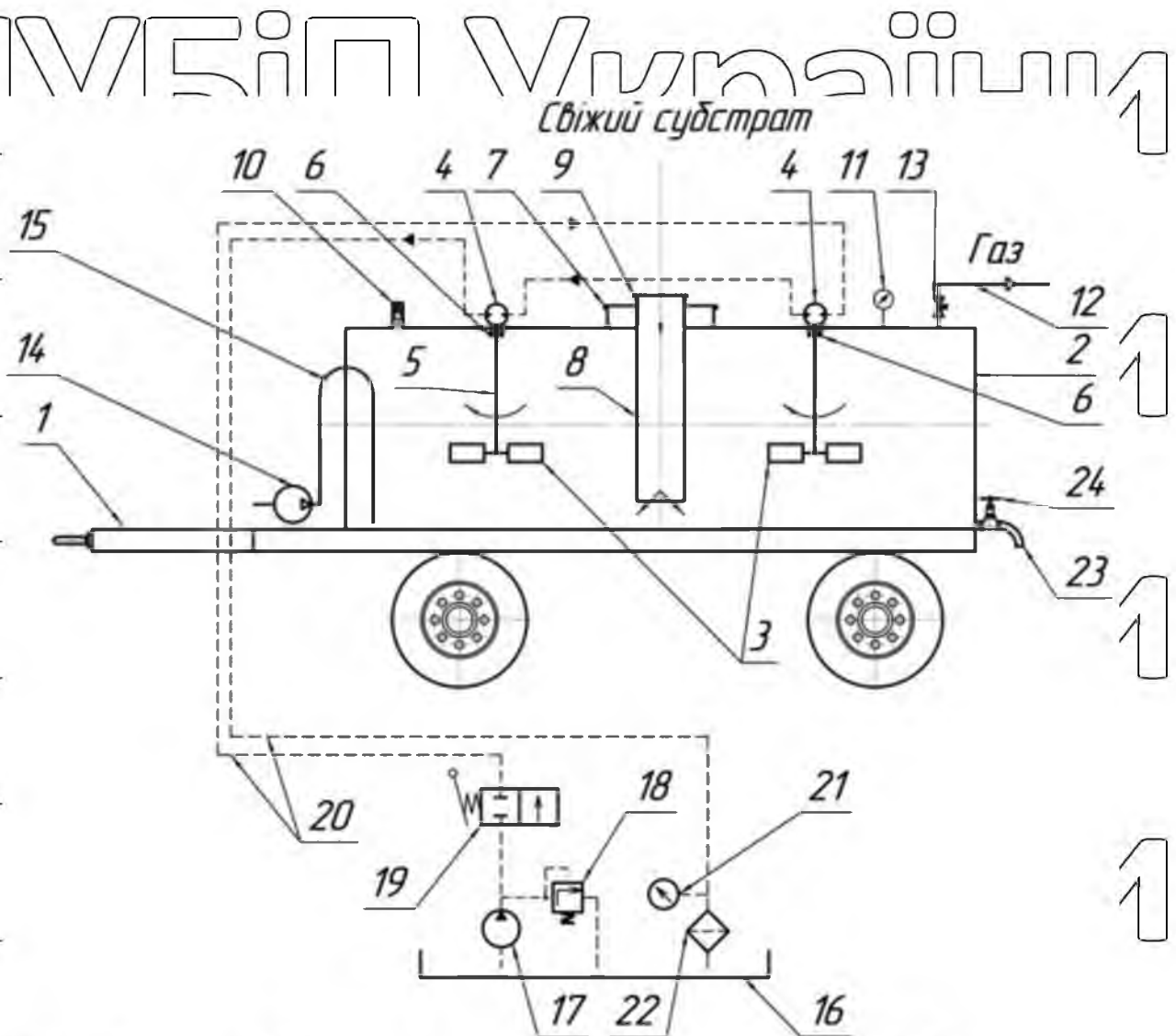


Рис. 2.4 - Конструктивна схема мобільної біогазової установки

Для приведення в рух гідромоторів 4 переводимо розподільник 19 в необхідне положення, після чого мішалки починають обертатись і змішувати субстрат. Після проведення змішування змішувачі вимикають і вимикають привод насосної станції. Перемішування проводиться періодично раз на 12 год.

Через певний час з субстрату починає виділятися газ, отриманий газ накопчується в верхній частині резервуара 2. Коли в резервуарі тиск зростає до 5 атмосфер, відкривається кран 13 і газ по газопроводу 12 потрапляє в газгольдер, звідки при потребі відбирається споживачами. Значення тиску в резервуарі контролюється манометром 11.

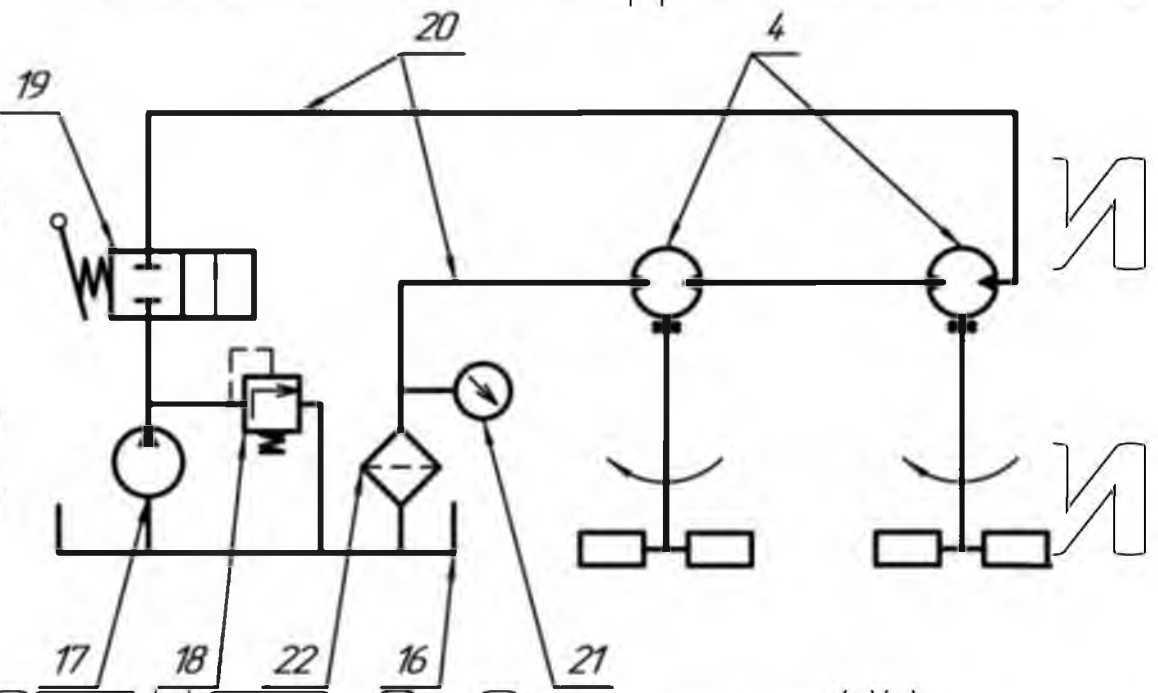


Рис. 2.5 - Гідравлічна схема привода мішалок

На резервуарі встановлено запобіжний клапан 10, який запобігає підвищенню тиску в газгольдері вище максимально можливого рівня. Коли з субстрату перестає виділятися газ і його необхідно вилучити з резервуара, то

відключаємо газопровід 12 від резервуара 2, зрівноважуємо тиск в резервуарі 2 з атмосферним - для цього відкриваємо кран 13 та спускаємо залишки газу. Після врівноваження тиску кран 13 закриваємо, приєднуємо біогазову установку до транспортного засобу та транспортуємо на поле.

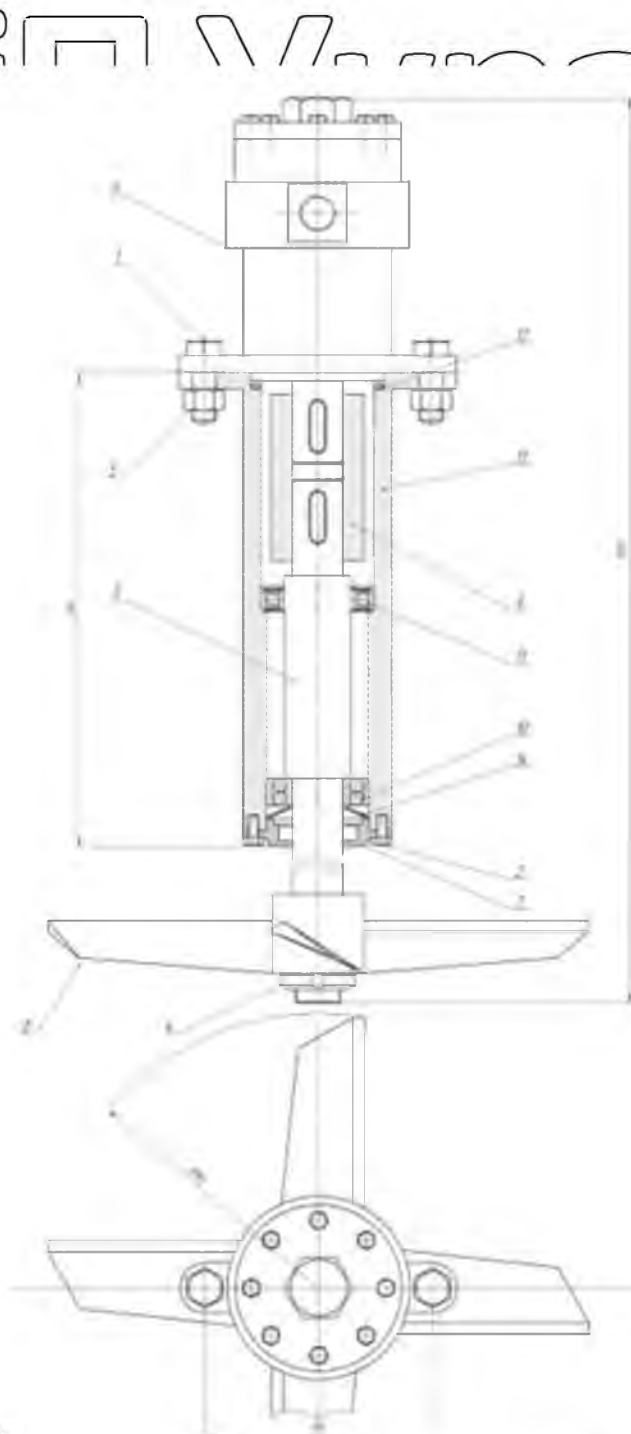


Рис. 2.6 Мішалка

Під час руху виникають коливання субстрату, які змушують битись субстрат об стінки резервуару, що призводить до змивання осаду із стінок резервуара. Коли біогазову установку доставлено на місце внесення відпрацьованого субстрату, відкриваємо зливний кран 24, приєднуємо компресор 14 до вала відбору потужності транспортного засобу.

Під час обертання вала відбору потужності компресор 14 починає створювати тиск повітря в повітропроводі 15, з нього потік повітря потрапляє через шар субстрату до резервуара 2, де починає створюватись надлишковий тиск. При збільшенні тиску в резервуарі 2 збільшується тиск на поверхню субстрату і він під дією тиску починає витискатись з резервуара 2 через зливний трубопровід 23. Коли субстрат починає виливатись через зливний трубопровід, приводимо в рух транспортний засіб і розливаємо відпрацьований субстрат на поверхню поля. Після повного розливання субстрату вимикаємо

компресор 14, закриваємо кран 24, і повертаємо біогазову установку на постійне місце, де вона знову наповнюється свіжим субстратом, після чого процес повторюється.

На підставі аналізу літературних даних встановлено, що конструкція МТ повинна дозволити дотримуватись усіх необхідних технологічних умов процесу зброджування. Однією з основних умов є підтримка постійної температури зброджування. Для виконання цього завдання необхідно інтенсифікувати процеси теплообміну у метантенку.

До якості матеріалу висуваються відповідні вимоги: водостійкість та стійкість до агресивного середовища. Особливо слід враховувати ущільнення та уникнення робочих швів та усадкових тріщин.

2.3. Математичне моделювання основних процесів тепломасообміну в конструкції метантенки мобільної біогазової установки

Щоб отримати необхідну для анаеробного процесу зброджування температуру та підтримати її на постійному рівні необхідно через змійовик 4 нагріти масу, що зброджується до температури зброджування $t_{\text{обр}}=40^{\circ}\text{C}$, а після виходу на стаціонарний режим роботи метантенку підтримувати її з урахуванням тепловтрат. При завантаженні свіжої біомаси, температура якої нижче температури зброджування, в метантенку необхідно збільшити підведення теплоти через змійовик у поєднанні з інтенсивним перемішуванням біомаси. Це призведе до стабілізації температури у всьому обсязі метантенку.

У процесі експлуатації на поверхні ЗМ відкладаються зважені в субстраті тверді частинки, це призводить до зменшення теплового потоку від змійовика до РМ. Інтенсивне перемішування дозволяє частково прибирати ці відкладення, але оскільки перемішування здійснюється тільки після завантаження свіжої біомаси, відкладення на ЗМ будуть присутні. Підтримка постійного теплового потоку призведе до збільшення потужності нагріву грюючого теплоносія, і як наслідок, до збільшення витрат наливно-енергетичних ресурсів на його нагрівання.

З вищевикладеного випливає, що для підвищення ефективності роботи метантенку, тобто, забезпечення високого та стабільного обсягу одержуваного біогазу, необхідно дослідження температурного режиму в установці, у тому числі дослідження впливу товщини відкладень на інтенсивність тепловіддачі від ЗМ до РМ.

Таким чином, одним із факторів підвищення ефективності роботи метантенку є скорочення витрати пального на отримання біогазу у процесі експлуатації установки. Це можливо за рахунок оптимізації температурного

режиму зброджування

Процес анаеробного зброджування відходів тваринницьких ферм описується наступними рівняннями [41]:

$$\frac{dT}{d\tau} = (\mu - \mu)T;$$

$$\frac{dS}{d\tau} = \tau j_s T - V - \bar{V};$$

$$\frac{dP}{d\tau} = \tau j_p T - M + \bar{M},$$

(2.1)

де T, S, P - відповідно концентрації гною, що зброджується, субстрату і продукту метаболізму, кг/т;

τ - тривалість анаеробного зброджування;

μ і μ - питомі швидкості росту та метаболізму біомаси зброджуваного субстрату, доба⁻¹;

j_s та j_p - питомі швидкості розкладання субстрату та утворення продукту метаболізму, доба⁻¹;

V і \bar{V} - швидкості розкладання субстрату та утворення продукту метаболізму, кг/т·доб.;

M і \bar{M} - швидкості масообміну субстрату та продуктів метаболізму при переході з однієї фази до іншої, кг/т·доб.

У цій моделі (2.1), згідно з третім рівнянням, враховуються кінематичні залежності швидкості масообміну субстрату та швидкості продуктів метаболізму як основні фактори, що впливають на процес ефективного розкладання ОВ у РД.

Для конструкції МТ, що розглядається, стабільне зброджування може бути забезпечено в тому випадку, якщо втрати в довідкля $Q_{\text{прт}}$ і витрати теплоти на підігрів свіжої порції біомаси $Q_{\text{св.бм}}$ компенсуються

теплотою, що сприймається зброджуваною масою через змішувик від гріючого теплоносія $Q_{нагр}$ і теплою екзотермічної реакції розкладання біомаси та утворення біогазу $Q_{сбр}$ (Рис 2.7).

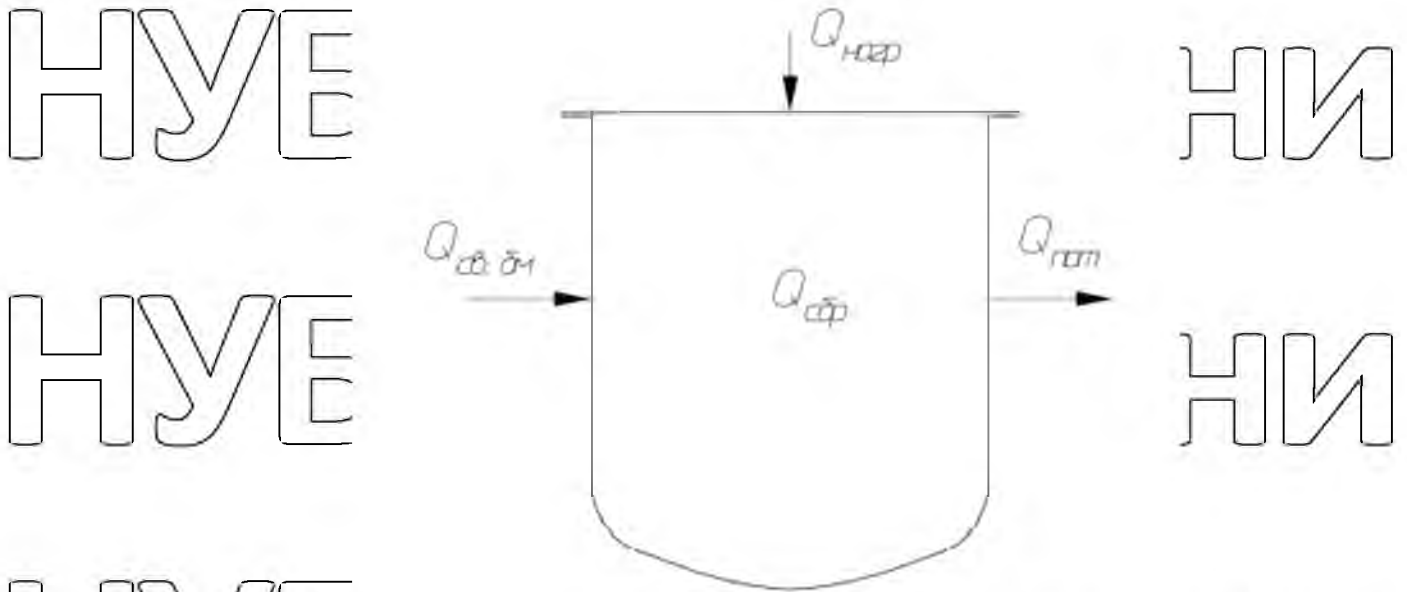


Рис.2.7 - Розподіл потоків теплоти в метантенку:

$Q_{нагр}$ – кількість теплоти, що підводиться до метантенку, кДж/сут;

$Q_{сбр}$ - кількості теплоти, що утворюється при анаеробному розкладанні біомаси, кДж/добу;

$Q_{пот}$ – втраги теплоти у довкілля через стінки МЧ, кДж/добу;

$Q_{св.бм}$ – необхідна теплота для нагрівання свіжої порції біомаси, кДж/добу.

Виходячи з цього, тепловий баланс у метантенку можна записати у вигляді наступного рівняння:

$$Q_{нагр} = Q_{сбр} + Q_{св.бм} + Q_{пот} \quad (2.2)$$

У біохімічних процесах анаеробного зброджування біомаси

спостерігається виділення тепла. Це відбувається на етапі розщеплення анаеробних бактерій та утворення оцтової кислоти. Це питання розглянуто у роботах [31, 41] і ґрунтуючись на тому, що сумарне тепловиділення незначне величиною $Q_{сбр}$ можна знехтувати.

Для визначення теплових втрат необхідно розрахувати габаритні розміри метантенку. Розрахунок габаритних розмірів метантенку наведено у додатку А.

Враховуючи цей факт, вираз (2.2) набуває вигляду $Q_{нагр}$

$$Q_{нагр} = Q_{св.бм} + Q_{пот} \quad (2.3)$$

З рівняння теплового балансу (2.2) випливає, що кількість теплоти необхідне підтримки температури в метантенку витрачається компенсацію втрат тепла у навколишнє середовище та нагрівання свіжої порції біомаси.

При завантаженні свіжої порції біомаси для усереднення температури у всьому обсязі метантенку включається механічна мішалка. Коли температура всієї зброджуваної маси має одну температуру зброджування механічна мішалка вимикається. Так само з метою складання температурних

режимів процесу зброджування необхідно визначити час нагрівання РМ. Час нагріву дорівнюватиме часу роботи механічної мішалки $t_{нагр} = t_{меш}$. Процес передачі тепла у даних режимах роботи метантенку різний. Тому необхідно

розглядати процес нагрівання зброджуваної маси для двох режимів нагріву - перший за умови механічного перемішування, другий при природному перемішуванні біомаси, бульбашками, що зброджується та утворюється біогазу.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ У МЕТАНТЕНКУ

З метою підтвердження адекватності проведеного математичного моделювання процесів теплообміну в метантенку, проведено експериментальні дослідження.

Визначено основні завдання даних досліджень

1. Експериментальні дослідження необхідної температури теплоносія у змійовику залежно від коливань температура зовнішнього повітря та товщини відкладень на змійовику.
2. Отримання регресійної математичної моделі, що дозволяє визначати температуру теплоносія в залежності від температури навколишнього середовища та товщини відкладень на змійовику.

3.1 Фізичне моделювання об'єкта дослідження

Оскільки об'єктом дослідження є теплові процеси в метантенці, існує необхідність отримання експериментальних даних. Була створена експериментальна установка метантенку (Рис.3.1).

Відповідно до першої теореми подібності [42], два явища вважаються фізично подібними, якщо за характеристиками одного явища можна отримати характеристики іншого простим множенням на коефіцієнти, що залежать лише від розмірностей. Таким чином, при фізичній подібності природа процесу в порівнянні явищах зберігається. Звідси можна дійти невтішного висновку, що для перевірки адекватності розробленої математичної моделі процесів тепломасообміну, експериментальні дослідження слід провести на дослідній установці, що зберігає геометричну та фізичну подобу об'єкту моделювання [42].



Рис. 3.1 – Експериментальне встановлення метантенку

Так як значення лінійного масштабу практично рівні за всіма характерним розмірам метантенку, то відповідно до першої теореми подібності можна вважати експериментальну установку геометрично подібною.

Ця експериментальна установка дозволяє визначати температуру зброджуваної маси всередині метантенку і регулювати температуру теплоносія, що гріє в залежності від температури навколишнього середовища та товщини відкладень на ЗМ. Дослідження проводилися з відходами ВРХ.

Для забезпечення температурного режиму всередині метантенку змонтовано ЗМ, якому циркулював гріючий теплоносій (вода). Усередині змонтовано лопатева мішалка для перемішування маси, що зброджується. Швидкість перемішування зброджуваної маси складала 2 м/с.

Об'єм метантенку становить 19 л, гріючий ЗМ виконаний з латунної труби зовнішнім діаметром 3,5 мм, площа поверхні нагріву 0,86 м², коефіцієнт теплопровідності стінки метантенку 0,1 кДж/м²·К, планова вологість субстрату 90%.

На малюнку 3.2 представлено схему експериментальної установки.

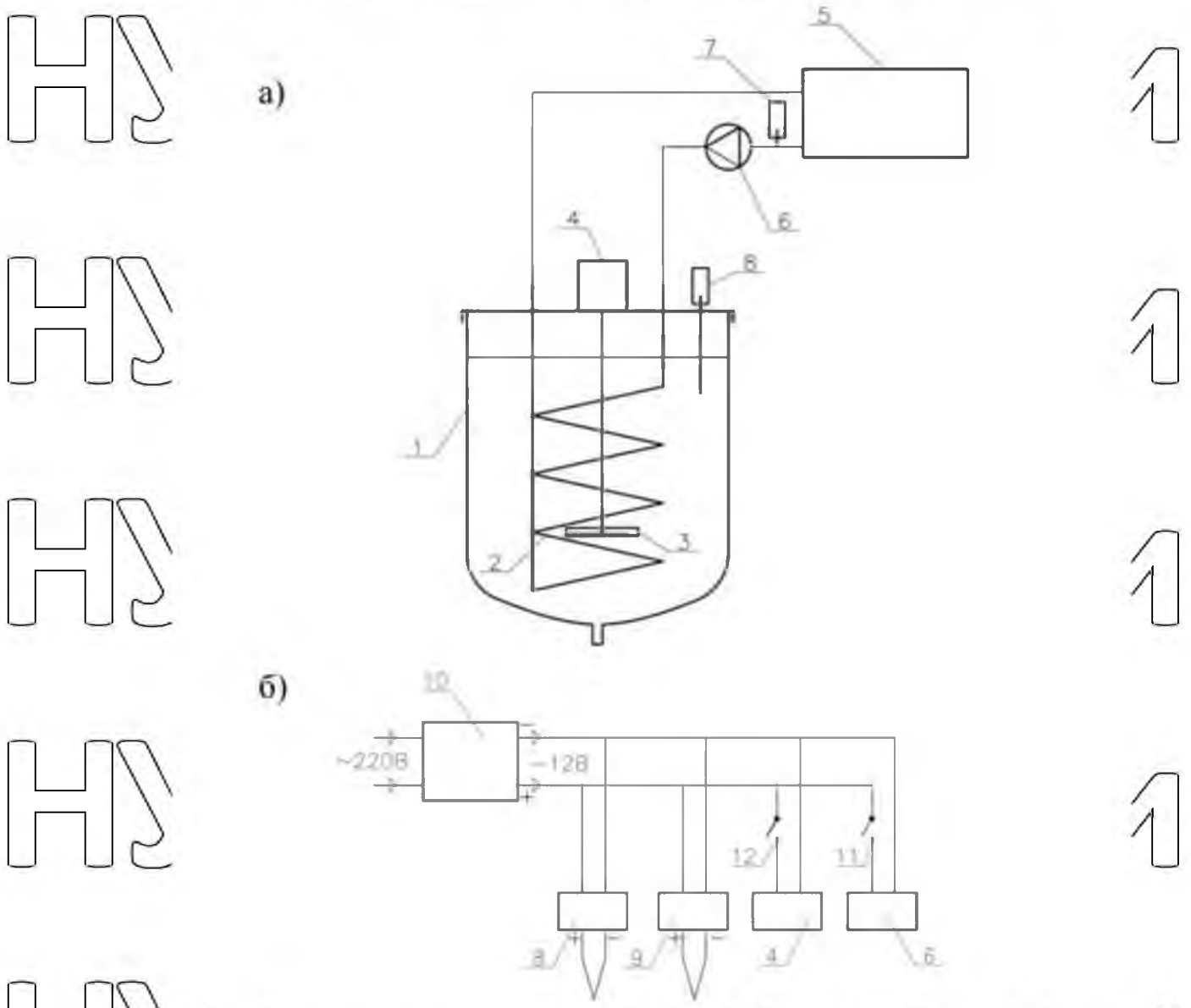


Рис. 3.2 – Схема експериментальної установки з електричною схемою

підключення приладів:

а) схема експериментальної установки; б) електрична схема

підключення приладів:

1 – метантенк; 2 - гріючий змійовик; 3 – лопатева мішалка; 4 – електродвигун валу мішалки; 5 - бак з водою, що гріє; 6 – насос для подачі теплоносія, що гріє; 7 – ртутний термометр; 8, 9 – термометри електричні; 10 – електричний блок живлення

У період проведення експерименту установка перебувала у неопалюваному приміщенні, температура в якому дорівнювала температурі зовнішнього повітря.

Для вимірювання температури теплоносія, що гріє, використовувалися лабораторний ртутний термометр (ГОСТ 2823-73), для вимірювання температури зброджуваної маси в метантенку використовувався термометр електронний T-0,36DS у вологозахисному корпусі. Для вимірювання температури навколишнього повітря використовувався електронний термометр T-0,36 DS.

Згідно з технічним паспортом електронних термометрів T-0,36DS похибка виміру становить $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Двічі на добу включався електродвигун валу лопатевою мішалкою, і маса, що зброджується, перемішувалась.

За час проведення дослідів (9 місяців) на поверхні ЗМ спостерігалось утворення відкладень твердої фракції субстрату. Причому утворення шару відкладень відбувалось навіть коли маса, що зброджується, не нагрівалась. Це спостереження дозволяє зробити висновок, що в процесі експлуатації нагрівальному елементу утворюватиметься шар відкладень. Однак, як відомо жодна фізична модель не може бути повністю тотожною об'єкту моделювання. Тому її товщина рівномірною була. На малюнку 3.3 показано фото відкладень на змійовику



Рис. 3.3 - Відкладення на зовнішній стінці змійовик

За результатами вимірів визначено середню товщину відкладень на зовнішній стінці змійовика твердої фракції субстрату і вона становила в середньому 2 мм.

3.2 Програма експерименту

У метантенку 1 завантажувалася зброджуваної маси і пропорції розбавлялася водою до вологості 90%. У баку 5 була гаряча вода, температура якої замірялася термометром 7. Вимикачем 11 вимикався насос 6 для подання гарячої води ЗМ. Вода, що пройшла ЗМ, по каналіках потрапляла назад у бак 5. У баку 5 підтримувалася постійна температура води. Коли температура зброджуваної маси у метантенку досягала 40°C, температура теплоносія, що гріє, залишалася на одному рівні та заносилася до журналу спостережень. Досвід проводився за наступних температурах зовнішнього повітря -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, та 10°C. За кожної температури зовнішнього

повітря вимірювалася товщина відкладень на поверхні 3М від 0 до 2 мм із кроком 0,5 мм. Товщину відкладень визначали за допомогою товщиномітра. Для виключення помилки досвіду (помилка відтворюваності), проводилися паралельні три досліди за однакових умов [117-118].

Було проведено повний двофакторний експеримент з рівнозначними рівнями. У таблиці 3.1 наведено дані, отримані внаслідок проведення експерименту, а також середні значення з кожної групи з трьох дослідів. Таким чином, визначалася дійсна температура гріючого теплоносія в залежності від двох факторів. Це та температура теплоносія, що гріє, яку необхідно підтримувати для стабільного температурного режиму зброюваної маси.

Таблиця 3.1- Результат проведення експерименту

X ₂	X ₁															
	-25		-20		-15		-10		-5		0		5		10	
0	42,9		43,5		43,2		42,5		42,4		42,0		41,8		41,0	
	42,9	43,4	42,7	43,7	42,4	43,0	42,9	43,0	42,6	42,6	42,4	42,3	42,1	42,0	41,8	41,6
	44,5		44,8		43,5		43,5		43,5		42,7		42,3		42,0	
0,5	47,6		48,5		47,1		46,3		45,5		44,9		44,3		43,5	
	49,2	49,0	47,3	48,6	47,8	47,8	47,1	47,0	46,4	46,3	45,7	45,6	45,0	45,1	44,3	44,2
	50,3		50,0		48,4		47,8		47,0		46,3		46,1		44,8	
1	52,3		52,4		50,8		50,0		49,0		47,8		46,7		45,5	
	54,6	54,2	53,5	53,4	52,4	52,2	51,2	51,2	50,1	50,1	49,0	48,9	47,9	47,8	46,8	46,7
	55,7		54,3		53,5		52,3		51,3		50,0		48,9		47,8	
1,5	57,1		56,5		55,3		53,9		52,3		50,8		49,2		47,5	
	60,0	59,4	58,5	58,2	56,9	56,8	55,4	55,3	53,9	53,8	52,3	52,2	50,8	50,7	49,2	49,1
	61,3		59,8		58,3		56,8		55,3		53,5		52,3		50,6	
2,0	62,3		61,5		59,1		57,1		55,5		53,7		51,7		49,8	
	65,4	64,5	63,5	63,2	61,5	61,3	59,5	59,3	57,6	57,4	55,6	55,5	53,7	53,8	51,7	51,6
	65,8		64,5		63,3		61,3		59,3		57,3		55,4		53,5	

3.3. Результати експериментальних досліджень залежності впливу температури навколишнього повітря та товщину відкладень

За результатами експерименту побудовано залежність впливу

температури навколишнього повітря та товщини відкладень на дійсну температуру теплоносія, що гріє (Рис. 3.4).

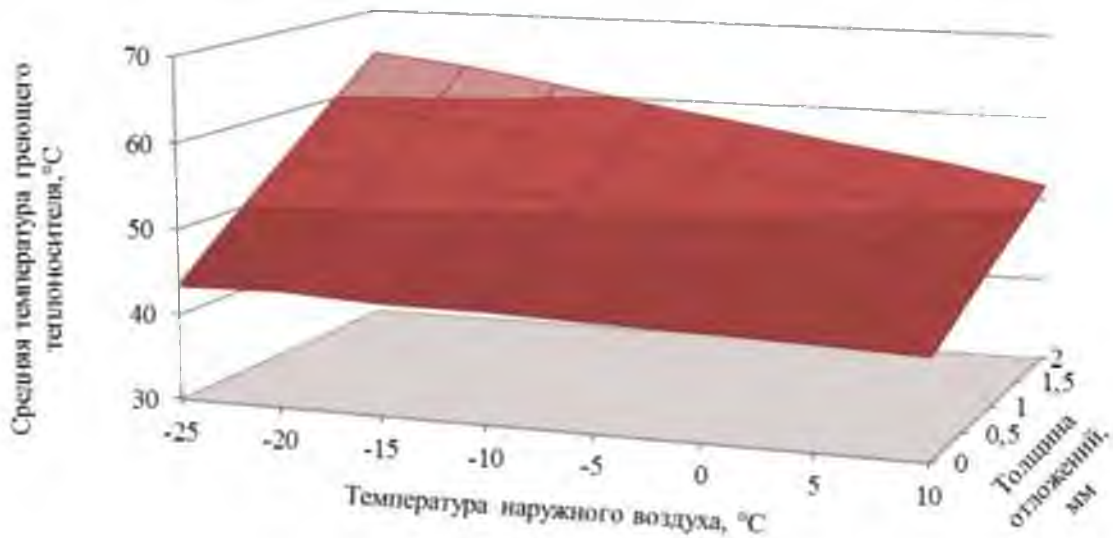


Рис. 3.4 - Залежність температури теплоносія, що гріє від товщини відкладень та температури навколишнього повітря.

Як випливає з наведеної залежності, ніж нижча температура навколишнього повітря і більше товщина відкладень, тим вище має бути температура теплоносія, що гріє, на вході в ЗМ.

Так як шар відкладень призводить до значного термічного опору, температура на поверхні відкладень не перевищує 50°C, що не гнітить життєдіяльність бактерій.

Метою регулювання температури греючого теплоносія є підтримка температурного режиму всередині метантенку, тому в ході експерименту замірялася температура РМ. Результати залежності температури зброджуваної маси від товщини відкладень та температури навколишнього повітря наведено рисунку 3.5.

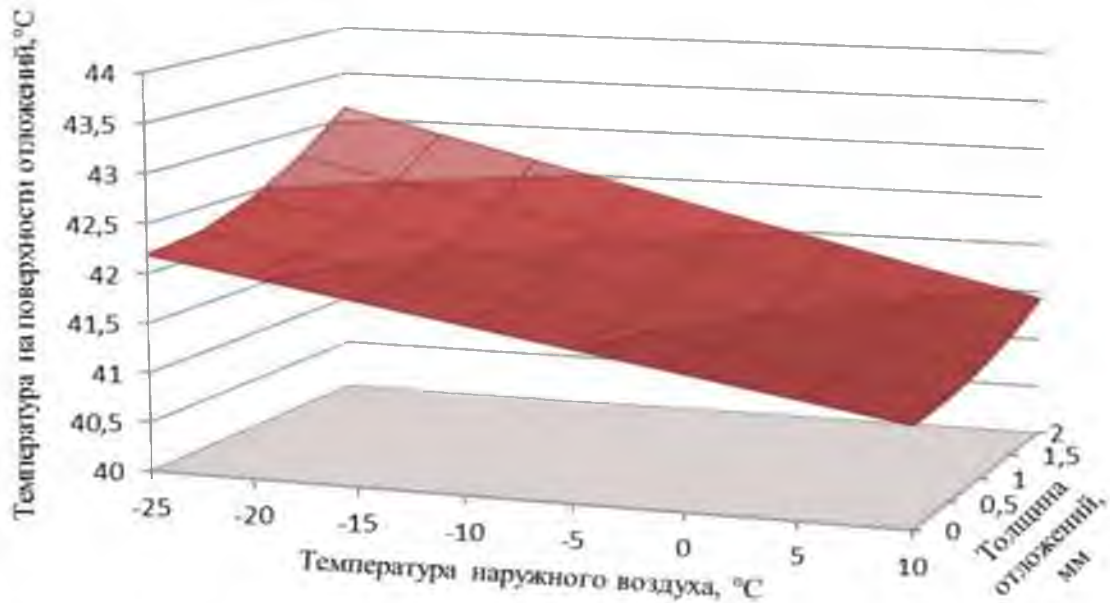


Рис. 3.5 - Залежність температури СМ від товщини відкладень та температури навколишнього повітря

З малюнка 3.5 видно, що температура зброджуваної маси у разі підвищення середньої температури теплоносія, що гріє, до 65°C не перевищує 41,5°C. Це пов'язано з тим, що товщина відкладень на ЗМ, що гріє, перевищує нагрівання зброджуваної маси. У свою чергу, ця зміна температури зброджуваної маси на 1-2°C не впливає на життєдіяльність метаногенних бактерій та як наслідок не зменшує кількості одержуваного біогазу протягом усього циклу збродження.

Результати проведених досліджень температур гріючого теплоносія при різній температурі зовнішнього повітря та товщині відкладень на ЗМ, наведені на рисунку 3.6.

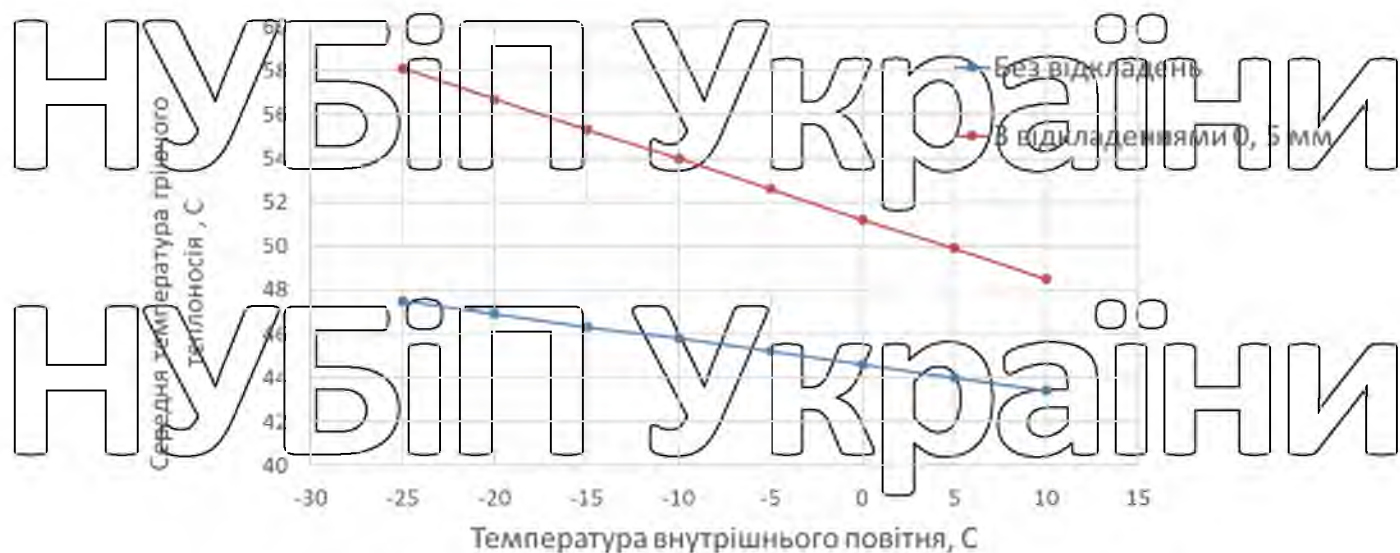


Рис. 3.6 - Порівняння розрахункових та дослідних значень температури гріючого теплоносія при товщині відкладень 2,0 мм

З графіків, наведених на рисунках 3.7 – 3.11 видно, що значення температури гріючого теплоносія, що дозволяє коригувати інтенсивність теплообміну при зміні температури зовнішнього повітря та утворенні відкладень на зовнішній поверхні гріючого змійовика.

Проведений експеримент показав, що підвищення температури гріючого теплоносія вище 60°C за наявності відкладень не призводить до пригнічення життєдіяльності метаногенних бактерій, оскільки температура збродженої маси вибирається у 42°C.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

НУБІП України

Охорона праці – комплекс правових, санітарно-гігієнічних і

технічних заходів, що забезпечують безпеку трудової діяльності персоналу

підприємства, що сприяють високій продуктивності праці.

НУБІП України

Забезпечення здорових і безпечних умов праці закон покладає на адміністрацію підприємств, установ, організацій. Домагатися цього

адміністрація повинна шляхом застосування сучасних засобів безпеки і

забезпечення санітарно-гігієнічних умов, що запобігають професійним захворюванням.

НУБІП України

4.1 Аналіз стану безпеки праці та організації роботи по захисту

від надзвичайних ситуацій у ПП «Прогрес»

НУБІП України

Організаційна робота з безпеки праці в ПП «Прогрес» оцінюється

відповідно до положення про організацію роботи з безпеки праці і включає

в себе наступні заходи.

НУБІП України

- призначення осіб, відповідальних за стан безпеки праці;

- розробка інструкцій з охорони праці та забезпечення ними робочих

місць;

НУБІП України

- організація кабінетів і куточків з безпеки праці;

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту,

дезінфікуючими та миючими засобами, спецхарчуванням;

- розслідування та облік виробничого травматизму;

НУБІП України

- створення протипожежних формувань.

Відповідальність за організацію заходів з безпеки праці покладається на керівника господарства. В управлінні організації безпеки праці беруть участь посадові особи всіх рівнів, але основна частина роботи здійснюється безпосередньо інженером з техніки безпеки праці. Призначення відповідальних осіб за стан безпеки праці за виробничим підрозділом робить голова, шляхом видання наказу та ознайомлення з ним працівників під розпис. Нові працівники проходять вступний інструктаж, який проводить інженер з техніки безпеки.

Дані про проведення інструктажу вносять у спеціальний журнал реєстрації інструктажів та особисту картку працівника. До самостійної роботи допускають після стажування, перевірки теоретичних знань і набутих навичок безпечних способів праці.

Повторний інструктаж в ПП «Прогрес» проходять всі працівники два рази на рік. Його проводять за програмою первинного інструктажу в повному обсязі за групами працівників в межах загального робочого місця.

Позаплановий інструктаж проводять при настанні обставин, що викликали необхідність його проведення, цільовий - при виконанні небезпечних і шкідливих робіт.

У ПП «Прогрес» є кабінет інженера з безпеки праці, обладнаний плакатами з техніки безпеки. Тут же можна ознайомитися зі спеціальною літературою з безпеки праці. Інженер з безпеки праці раз на тиждень виїжджає на підрозділ з роз'ясненнями за законодавством, рекомендаціями щодо організації робочого місця, видає засоби індивідуального захисту та мийочні засоби.

На території зерноочисних комплексів є кімнати відпочинку, де встановлені пожежні шити, на яких безпосередньо розташовуються

вогнегасники, відра, багри, сокири. Також встановлені ящики з піском. У кожному підрозділі є плакати з техніки безпеки.

На особливо небезпечних роботах обов'язково проводиться атестація працівників з техніки безпеки. Порухення з ряду причин в господарстві мають місце, так само як і виробничі травми.

Незважаючи на всі проведені заходи з охорони праці, в господарстві бувають випадки порушення правил техніки безпеки, які неминуче ведуть до виробничого травматизму.

Показник частоти травматизму визначаємо за формулою:

$$K_x = \frac{\dot{O} \cdot 1000}{n_p}, \quad (4.1)$$

де n_p – середньооблікова кількість робітників і службовців, чол.;

T – число потерпілих з втратою працездатності та зі смертельним результатом, чол.

Показник тяжкості травматизму:

$$K_T = \frac{D_n}{n_2}, \quad (4.2)$$

де D_n – число днів непрацездатності, дні;

n_2 – число постраждалих з втратою працездатності, без урахування загиблих, чол.

Коефіцієнт непрацездатності:

$$K_H = \frac{D_n \cdot 1000}{n_p}, \quad (4.3)$$

де n_p – середньооблікова кількість робітників і службовців, чол.;

Д_н – число днів непрацездатності, днів.

Стан виробничого травматизму в ПП «Прогрес» можна проаналізувати за табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Стан виробничого травматизму в ПП «Прогрес»

Показники травматизму	Роки		
	2017	2018	2019
Середньорічна кількість робітників, чол.	162	89	102
Кількість нещасних випадків	2	0	1
Число днів непрацездатності,	38	21	21
Коефіцієнти:			
- частоти травматизму	2,4	0	9,8
- тяжкості травматизму	19,8	0	21
- непрацездатності	235	236	206

Дані таблиці свідчать, що число нещасних випадків невелике, а за 2013 рік їх не зареєстровано взагалі, коефіцієнти частоти травматизму, тяжкості травматизму, непрацездатності знизилися. Найбільша кількість травм і нещасних випадків спостерігається в машинно-ремонтній майстерні. Розслідуваннями нещасних випадків на виробництві займається комісія на чолі з інженером з техніки безпеки. Комісією ведеться звітність про кількість нещасних випадків і днів непрацездатності. Всі постраждалі та особи, відповідальні на даній ділянці за ТБ, пишуть пояснювальну і надають її інженеру по ТБ, на основі яких він складає звіт.

Групові нещасні випадки і нещасні випадки з важким і смертельним результатом, розслідуються особливо. Таких випадків у господарстві поки зафіксовано не було.

Нещасні випадки відбуваються з тих чи інших причин, в основному – це недотримання вимог техніки безпеки, низька трудова дисципліна, а також несправність механізмів. Причини нещасних випадків можна проаналізувати за табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Причини нещасних випадків

Причини	Роки		
	2017	2018	2019
Недотримання вимог безпеки	1	-	1
Несправність машин і обладнання	-	-	-
Порушення трудової дисципліни	-	-	-
Всього:	1	-	1

Основною причиною виробничого травматизму в господарстві є недотримання техніки безпеки. Недотримання техніки безпеки і порушення трудової дисципліни свідчать про недостатність заходів, які проводяться у господарстві в галузі охорони праці.

Важливим чинником є недостатність фінансування заходів у галузі охорони праці. З табл. 4.3 ми бачимо, що кількість коштів, вкладених в охорону праці, невелика.

Таблиця 4.3 – Фінансування ОП

Матеріальні показники	Витрати, тис. грн.		
	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Виплати по лікарняним листам	17	8	23
Вартість пошкодженого обладнання	6	4	-
Вартість штрафних санкцій	2	-	-
Кількість засобів, які вклали в охорону праці	46	52	58

Аналізуючи цю таблицю, можна сказати, що кошти, виділені на забезпечення безпеки праці в господарстві, щорічно зростають.

Для підвищення рівня безпеки необхідно створити більш безпечні знаряддя, предмети, умови праці та організувати більш безпечне виконання робіт, що відображено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Заходи щодо поліпшення безпеки праці в ПП

«Прогрес»

Заходи	Терміни виконання	Відповідальний за виконання
1	2	3
1. Провести курсове навчання основам охорони праці робітників усіх професій	Січень-квітень	Інженер з ОП
2. Провести забезпечення всіх робітників засобами індивідуального захисту.	Січень	Зам. директора

<p>3. Регулярний контроль відповідальних осіб за впровадження у виробництво вимог охорони праці.</p>	<p>Щокварталу</p>	<p>Директор, Інженер з ОП</p>
<p>4. Контроль наявності інструкцій з техніки безпеки на робочих місцях.</p>	<p>Щомісяця</p>	<p>Начальники дільниць</p>
<p>5. Забезпечення спецодягом встановленої норми</p>	<p>Щомісяця</p>	<p>Начальники дільниць</p>
<p>6. Перевірка питної води в СЕС</p>	<p>Лютий</p>	<p>Заст. дир. по госп частини.</p>
<p>7. Провести огляд вантажопідіймальних засобів.</p>	<p>До 01.05.2013</p>	<p>Головний інженер, інженер з ОП</p>
<p>8. Забезпечити молоком працівників з шкідливими умовами праці.</p>	<p>Постійно</p>	<p>Директор</p>
<p>9. Обладнати кімнату охорони праці на ремонтному підприємстві.</p>	<p>Лютий</p>	<p>Інженер з ОП</p>
<p>10. Обладнати місця для куріння засобами пожежогасіння.</p>	<p>Березень</p>	<p>Начальники дільниць</p>
<p>11. Провести обладнання складських приміщень пожежною сигналізацією.</p>	<p>Квітень</p>	<p>Головний інженер</p>

НУБІП України

НУБІП України

21. Провести перевірку опалювальних систем.	Серпень	Начальники дільниць
22. Забезпечити всі робочі місця медичними аптечками.	Вересень	Заст. дир. по госп частини.
23. Забезпечити всіх виробничих робітників чергової спецодягом.	Протягом року	Заст. дир. по госп частини.
24. Провести інструктаж працівників МРМ з техніки безпеки при проведенні ремонтних робіт.	Кожні шість місяців	Начальники дільниць
25. Організувати курсове навчання основам охорони праці	Листопад грудень	Інженер з ОП, директор

Отже, організація безпеки життєдіяльності в РПІ «Прогрес» знаходиться в задовільному стані. У господарстві є план заходів та план евакуації у разі надзвичайної ситуації, згідно графіка проводяться інструктажі і заняття з безпеки життєдіяльності. Але проте за період 2012-2014 р.р мають місце нещасні випадки та аварії на виробництві з легкими і важкими наслідками, випадків зі смертельним результатом не з'явилися. У зв'язку з цим необхідно приділяти більше уваги на поточні інструктажі з техніки безпеки на робочому місці і забезпечувати умови безпечної праці та контроль над їх проведенням.

Вимоги безпеки до виробничого обладнання, машин та механізмів встановлюють тільки після визначення можливих джерел небезпечних і шкідливих факторів з урахуванням конструкції та умов роботи їх елементів і функціональних систем. З точки зору охорони праці, основними вимогами, що пред'являються до них, є безпека для здоров'я та життя

людей, надійність і зручність в експлуатації. Всі будівлі та виробничі приміщення розташовуються перпендикулярно напрямку переважаючих вітрів.

Аналізуючи стан безпеки праці, в господарстві були виявлені

наступні негативні моменти, на яких хотілося б загострити увагу:

- у машинно-ремонтній майстерні в період напружених робіт постійно захарашені проходи, кругом валяється використана ганчір'я;

- під час опалювального сезону, через брак коштів на закупівлю

палива температура в приміщеннях ремонтної майстерні нижче допустимої.

- бракує умивальників, відсутня кімната відпочинку;

- у більшості агрегатів і сільськогосподарських машинах, відсутня

огорожа обертових органів (карданні передачі, компресори і т. д.);

- не вистачає допоміжного інструменту та обладнання;

- не проводяться технічний догляд обладнання

4.2 Організація протипожежної безпеки

Господарство має свою пожежно-сторожову охорону. З засобів пожежогасіння на об'єктах є: пожежні щити, ящики з піском. Через брак матеріальних засобів вогнегасників у потрібній кількості немає. Несприятливі умови через брак коштів склалися на збиральних роботах.

- на комбайнах із засобів пожежогасіння є тільки лопати, мітла і

пісок;

- відсутні вогнегасники кошма, помпи;

- на збиральних агрегатах використовуються вихлопні системи без іскрогасників;

- не виконуються щезмінні очищення комбайнів від пожежонебезпечних залишків.

Контроль за дотриманням протипожежних заходів здійснює інженер з техніки безпеки (ТБ), роблячи записи в журналах на об'єктах перевірки і дані недоліки він не вписує

4.3 Заходи електробезпеки

Найбільш надійним технічним засобом захисту від ураження електричним струмом є захисне заземлення на не струмопровідних металевих частинах устаткування, здатних виявитися під напругою. Захисне заземлення виконується на металеві корпуси електроприладів і металевих конструкцій, які можуть через пошкодження ізоляції опинитися

під небезпечною напругою. Все це обладнання з'єднують з заземленим контуром. Заземлювачі виготовляються зі сталевих стрижнів круглого або прямокутного перерізу, з труб або кутової сталі. Наземні частини заземлювального пристрою являють собою дроти, шини, і т.п. Сільські

електричні мережі напругою 380/220В виконані з глухо заземленим нульовим проводом, який може виявитися під напругою через порушення ізоляції. Заземлення гарантує відключення аварійної ділянки в мережі захисним апаратом (запобіжником) при короткому замиканні. Заземлюючі і занулюючі пристрої з часом піддаються корозії, тому періодично необхідно перевіряти їх технічний стан. Рекомендується перевіряти не рідше одного разу на рік наявність ланцюга між заземлюючими

елементами. Такий же термін перевірки стану пробивних запобіжників в установках напругою до 1000 В.

Один раз на рік за допомогою приладів обов'язково перевіряють опір заземлюючих пристроїв електроустановок. На всі електродвигуни ставляться захисне відключення, що забезпечує безпеку за рахунок відключення аварійної ділянки при виникненні замикання на корпус або безпосередньо на землю, час дії не більше 0,1...0,2 секунд.

У зернотоку на електророзподільному щиті обов'язково повинен бути загальний для всіх електроустановок вимикач. Електродвигуни застосовують спеціальні: сільськогосподарських типів, хімостійкі, вологоста-корозійностійкі. Кнопки для виключення і включення електродвигунів повинні бути виконані в пиленеводонепроникному виконанні і встановлені в необхідних кількостях безпосередньо у робочих місцях. Впускні пристрої (розподільні щити) в корпусі, з встановленими на них запобіжниками і автоматами треба розташовувати в місцях, зручних для обслуговування, на відстані не більше трьох метрів від будівлі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Економічне обґрунтування застосування запропонованого методу регулювання температури греючого теплоносія полягає в визначенні економічного ефекту, що досягається в результаті економії одержуваного біогазу, що витрачається на потреби біогазової установки.

Для визначення кошторисної вартості будівництва біогазової установки були здійснені розрахунки локального кошторису на будівельно-монтажні роботи та зведеного кошторисного розрахунку.

Річні експлуатаційні витрати визначалися за формулою:

$$E_3 = Z_e + A_o + B_{TO}, \text{ грн,} \quad (5.1)$$

де Z_e - річні витрати на електроенергію;

A_o - амортизаційні відрахування;

B_{TO} - витрати на технічне обслуговування.

Річні витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$Z_e = M_d \cdot t_c \cdot t_z \cdot T_n, \text{ грн,} \quad (5.2)$$

де M_d - потужність електродвигунів, кВт;

t_c - час роботи двигуна за добу, год;

t_z - час роботи двигуна на рік, дні;

T_n - тариф за споживану енергію, руб. / кВтЧ.

1. Річні витрати на електроенергію насосів на завантаження та розвантаження біомаси.

$z_{e1} = 3,8 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 2,63 = 3,498$ тис. грн.

2. Річні витрати на електроенергію роботи мішалки:

$z_{e2} = 2,0 \cdot 4 \cdot 350 \cdot 2,63 = 7,364$ тис. грн.

3. Річні витрати на електроенергію насоса подачі теплоносія

$z_{e3} = 2,0 \cdot 15 \cdot 350 \cdot 2,63 = 1,132$ тис. грн.

4. Річні витрати на електроенергію автоматики

$z_{e4} = 5,0 \cdot 24 \cdot 350 \cdot 2,63 = 110,46$ тис. грн.

Сумарні річні витрати на електроенергію становитимуть

$z_e = z_{e1} + z_{e2} + z_{e3} + z_{e4} = 3,498 + 7,364 + 1,132 + 110,46 = 122,454$ тис. грн.

Річні амортизаційні відрахування, визначаємо за формулою:

НУБІП України $A = K \frac{1}{T}$ (5.3)

де K - капітальні вкладення в будівельну частину, тис. грн;

T - термін експлуатації устаткування, років.

НУБІП України

$$A_0 = 1209,266 (1/10) = 120,927 \text{ тис. грн.}$$

НУБІП України

Річні витрати на технічне обслуговування становлять 8% від капітальних витрат визначаємо за формулою:

НУБІП України $3_{TO} = 0,08 \cdot K$ (5.4)

$$3_{TO} = 0,08 \cdot 1209,266 = 96,741 \text{ тис. грн.}$$

НУБІП України

Собівартість біогазу визначається за формулою.

$$C = \frac{E}{V} \quad (4.5)$$

НУБІП України

де E - річні експлуатаційні витрати,

V - річний обсяг виробленого біогазу.

Щорічні витрати та собівартість БГ зведені в таблицю 4.3.

НУБІП України

Таблиця 5.3 – Щорічні витрати та собівартість

Витрати	Роки експлуатації				
	1	2	3	4	5
Витрати на електроенергію	122,454	128,577	135,006	141,756	148,844
Амортизаційні відрахування	120,927	120,927	120,927	120,927	120,927
Витрати на технічне обслуговування	96,741	101,578	106,657	111,990	117,589
Повна собівартість	217,668	222,505	227,584	232,917	238,516
Річний обсяг біогазу, м ³	131600	131600	131600	131600	131600
Вартість, грн/м ³	1,65	1,69	1,73	1,77	1,81

Для наближення розрахунків до реальних умов робимо щорічне збільшення всіх статей витрат на 5%, що дозволяє частково компенсувати вплив інфляції. Порівнювалися річні витрати на паливо для нагрівання, що витрачається теплоносія за двома варіантами.

Перший варіант передбачає, що нагрівання теплоносія, що гріє, здійснюється природним газом, а другий варіант - це нагрівання теплоносія одержуваним біогазом. У запропонованому метод регулювання температури гріючого теплоносія для виробництва теплоти витрачається 21895,6 м³ біогазу на рік, що еквівалентно 11010,4 м³ природного газу. Тоді річні витрати на паливо визначаються за формулою:

$$Zm = Pm \cdot Cm, \quad (5.6)$$

де Pm - річна витрата палива, м³;

Cm - вартість палива, грн/м³.

В умовах нагрівання теплоносія природним газом річні витрати рівні

$Z_{m1} = 11010,4 \cdot 7,29 = 80265,8$ грн.
НУБІП України
Нагрів теплоносія одержуваним біогазом

$Z_{m2} = 21895,6 \cdot 1,65 = 36127,7$ грн.
НУБІП України

Економічний ефект використання біогазу для власних потреб біогазової

установки визначаємо за формулою:

НУБІП України
 $E = Z_{m1} - Z_{m2},$ (5.7)

НУБІП України
де E - економічний ефект від застосування оптимального варіанта;
 Z_{m1}, Z_{m2} - витрати на паливо за 1-м та 2-м варіантами.

$E = 80265,8 - 36127,7 = 44138,1$ грн.
НУБІП України

Таким чином, нагрівання теплоносія, що гріє, для метантенка одержуваним біогазом на відміну спалювання природного газу дозволяє заощадити 44138,1 грн на рік.

НУБІП України

Товарним біогазом, що залишився, в кількості 83309,7 м³/рік можливо часткове заміщення природного газу, що витрачається на потреби даного фермерського господарства, що еквівалентно 41892,8 м³ природного газу.

НУБІП України

Тоді при нагріванні теплоносія шляхом спалювання природного газу річні витрати рівні:

НУВБІП України

$$Z_{m1} = 41892,8 \cdot 7,29 = 301628,2 \text{ грн.}$$

а при спалюванні біогазу:

НУВБІП України

$$Z_{m2} = 83309,7 \cdot 1,65 = 137461,0 \text{ грн.}$$

Економічний ефект використання біогазу для власних потреб фермерського господарства визначаємо за формулою:

НУВБІП України

$$Z_m = 301628,2 - 137461,0 = 164167,2 \text{ грн.}$$

Таким чином, нагрівання теплоносія, що гріє, для потреб фермерського господарства одержуваним біогазом на відміну спалювання природного газу дозволяє заощадити.

НУВБІП України

Термін окупності обладнання для виробництва біогазу споживаного для технологічних цілей складе:

НУВБІП України

$$TO = 1209,266 / (44,1381 - 164,167) = 5,8 \text{ років.}$$

Був виконаний порівняльний аналіз варіанта з постійною температурою теплоносія, що гріє, з пропонуваним варіантом регулювання температури теплоносія, що гріє. Кількість біогазу, що спалюється, на нагрівання теплоносія у варіанті з постійною температурою води, що гріє, становить 24088,9 м³/місяць, а у варіанті з регулюванням температури теплоносія, що гріє 21895,6 м³/місяць.

НУВБІП України

Тоді при нагріванні теплоносія з постійною температурою річні витрати рівні:

НУВБІП України

$$Z_1 = 24088,9 \cdot 1,65 = 39746,7 \text{ грн}$$

НУБІП України
При регулюванні температури теплоносія, що гріє річні витрати рівні

$$Z_1 = 21895,6 \cdot 1,65 = 36127,7 \text{ грн}$$

НУБІП України
Економічний ефект від застосування методу регулювання температури
гріючого теплоносія складе:

$$Z_m = 39746,7 - 36127,7 = 3619 \text{ грн/рік.}$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВОК

У магістерській роботі вирішено прикладну науково-технічну завдання з інтенсифікації процесів тепломасообміну в біогазовій встановленні.

1. Проведені аналітичні дослідження конструкцій метантенку та технологічних параметрів процесу зброджування показали, що вплив відкладень на поверхні гріючого елемента та коливань температури зовнішнього повітря на інтенсивність теплообміну в метантенці в даний час маловивчений.

2. Розроблено математичну модель теплообмінних процесів у метантенці біогазової установки, що дозволяє коригувати інтенсивність теплообміну при зміні температури зовнішнього повітря та утворенні відкладень на зовнішній поверхні гріючого змійовика.

3. Розроблено математичну модель процесів тепломасообміну в умовах відсутності механічного перемішування маси, що зброджується і барботажу біогазу, що виділяється.

4. Створено експериментальну установку та проведено експериментальні дослідження впливу коливань температури зовнішнього повітря та товщини шару відкладень на стінці змійовика на інтенсивність теплообміну в метантенці і температуру зброджуваної маси. За результатами дослідження отримано експериментально статистичну математичну модель, що дозволяє визначати температуру теплоносія, що гріє в залежності від величини термічного опору відкладень та тепловтрат метантенку в навколишню середу.

5. Розроблено програмне забезпечення для проектування метантенків та розрахунку технологічних карт подачі гріючого теплоносія за їх експлуатації.

Розроблене програмне забезпечення впроваджено у процес проектування та розрахунку температурного режиму метантенків біогазових установок із

запропонованою інтенсифікацією теплообміну між гріючим теплоносієм та масою, що зброджується.

6. Розрахунок визначення кількості товарного біогазу для тваринницької ферми на 100 голів ВРХ показав, що запропонований метод регулювання температури теплоносія економічно вигідний у порівнянні з варіантом без регулювання температури теплоносія. Збільшення виходу товарного біогазу становить 32,29%. Економічний ефект від спалювання одержуваного біогазу для виробництва теплоносія, що витрачається на потреби фермерського господарства та біогазової установки, порівняно з природним газом становить 208,305 тис. грн. на рік. Термін окупності біогазової установки складає 5,8 років.

7. Екологічний ефект від застосування анаеробної технології переробки біомаси для тваринницької ферми на 100 голів ВРХ становить 12,4 тонни CO₂-еквівалента на рік.

Список літератури:

1. Едер, В. Біогазові установки [Текст]: практичний посібник / В. Едер, Х. Шульц - Видано в 1996р. Переклад із ньому, виконаний компанією Zorg Biogas у 2011р. За науковою редакцією І.А. Реддих. - 268 с.

2. Розвиток біогазових технологій в Україні та Німеччині: нормативно-правове поле, стан та перспективи Київ - Львів: Спеціальне агентство з відновлюваних ресурсів (FNR), 2013. - 72 с.

3. Гриднєв, П.І. Емісія парникових газів та аміаку з гною в процесі прибирання та підготовки його до використання [Текст]/П.І. Гриднєв, Т.Т. Гриднєва // Journal of VNIIMZH. - 2017. - №1 (25). - С. 25-33.

4. Веденєв, А.Г. Біогазові технології в Киргизькій Республіці [Текст]/А.Г. Веденєв, Т.А. Веденєва, ОФ «Флоїд». - Бішкек: Друкарня "Поліграфоформлення", 2006. - 90 с.

5. Бойлс, Д. Біоенергетика: технологія, термодинаміка, витрати [Текст]/Д. Бойлс; пров. з англ. М.Ф. Пушкарьова; за ред. Є.А. Бірюкова. - М.: Агропромиздат, 1987. - 152 с.

6. Біомаса як джерело енергії: пров. з англ. [Текст] / За ред. З. Соуфєре, Про. Заборски. - М.: Мир, 1985. - 368 з.

7. Ратушньак, Г.С. Інтенсифікація біоконверсії калічним перемішуванням субстрату: монографія [Текст]/Г.С. Ратушньак. - Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. - 117 с.

8. Баадєр, В. Біогаз: теорія та практика [Текст] / В. Баадєр, Е. Доне, М. Бренндєрф. Переклад із ньому, та передмову М.П. Срібіні. М.: Колос, 1982. - 148 с.

9. Environmentally Conscious Alternative Energy Production / за ред. Myer Kutz John Wiley & Sons, 2007. - 308 p.

10. Біліх, Є.А. Особливості виробництва біогазу в Німеччині [Текст]/Біліх Є.А. // Збірник наукових праць Всеросійського науково-

дослідницького інституту вівчарства та козівництва. - 2016. - Т.2, №9. - С. 106-109.

11. Друзьянова, В.П. Биогазовая технология за кордоном [Електронний ресурс]/В.П. Друзьянова, В.В. Горбунова // Строй Много. -2016. – №4(5).

Режим доступу: <http://stroymnogo.com/science/tech/biogazovaya-tekhnologiya-za-rubezho/>

12. Куріс, Ю.В. Науково-технічні аспекти світового раціонального використання біогазів [Текст]/Ю.В. Куріс, Н.В. Семененко // Енергетика та електрифікація. - 2011. - № 3. - С. 40-50.

13. Гелетуха, Г.Г. Сучасні технології анаеробного збродження біомаси (Огляд) [Текст]/Г.Г. Гелетуха, С.Г. Кобзар // Екотехнології та ресурсозбереження. - 2002. - №4. - С. 3-9.

14. Achinas, S. A технологічний overview of biogas production from biowaste [Текст] / S. Achinas, V. Achinas, G. j W. Euverink // Engineering. - 2017. - №3 (3), - p. 299-307.

15. Мазур, К.В. Розвиток альтернативної енергетики в АПК [Текст] / К.В. Мазур // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки. - 2012. – Т.2, №12. - С. 181-186.

16. Матвеев, Ю. Биогазовая станция: украинский опыт [Текст] / Ю. Матвеев, Г. Гелетуха // Зелена енергетика. - 2004. - №1 (13) – С. 4-6.

17. Гелетуха, Г. «Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні»: практичне посібник [Текст] / Г. Гелетуха. - К.: "Поліграф плюс", 2015. - 72 с.

18. Клепикова, С. Альтернативна утилізація [Електронний ресурс] / С. Клепикова // Агротехніка та технології. - 2013. - Режим доступу: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15078-alternative-utilizatsiya/>

19. Батлущка, І.В. Вплив целюлозоруйнівних ферментів на активність метаноутворюючих бактерій в умовах лабораторної біогазової установки АТ «Білгородський інститут альтернативної енергетики» на субстраті діючої

біогазової станції «Проміньки» ТОВ "АльтЕнерго" [Текст] / І.В. Батлуцька, В.П. Бредіхін, І.К. Мейлах та ін. // Наукові відомості БелДУ: Природничі науки. - 2016. - Вип. 37 №25 (246). - С.56-62.

20. Мейлах, І.К. Досвід експлуатації та збільшення потужності першої у Росії промислової БГС. Вигода від переробки відходів за допомогою бродіння на біогазовій станції [Текст] / І.К. Мейлах // Інноваційна Росія, 2015. - №12 (206). - С. 66-69

21. Гудкова, Є.А. Зарубіжний досвід використання поновлюваних джерел енергії як основа підвищення енергоефективності російських регіонів [Текст] / Є.А. Гудкова, Л.М. Чернишов // Вісник МДСУ. - 2010. - № 4. - С. 84 - 91.

22. Караєва, Ю.В. Огляд біогазових технологій та методів інтенсифікації процесів анаеробного зброджування [Текст] / Ю.В. Караєва, І.А. Трахунова // Праці Академенерго. - 2010. - №3. - С. 109-127.

23. Василов, Р.Г. Біопаливо: біодизель, біостанол, біогаз. Перспективи розвитку виробництва біопалива у Росії. Повідомлення 3: біогаз [Текст] // Вісник біотехнології та фізико-хімічної біології ім. Ю.А. Овчиннікова. - 2007. - Т. 3, № 3. - С. 54-61.

24. Прокопенко, А.А. Аспекти економічного витрачання ресурсів з прикладу застосовуваних біогазових установок [Текст] / А.А. Прокопенко, А.В. Козлов, Г.М. Мартиненко // Містобудування. Інфраструктура. Комунікації. - 2016. - №1(1). - С. 9-15.

25. Виноградова, А.В. Біотехнологія палива: навчальний посібник [Текст] / А.В. Виноградова, Г.А. Козлова, Л.В. Анкіна. - Перм: Вид-во Перм. держ. техн. ун-ту, 2008. - 212 с.

26. Караєва, Ю.В. Використання біомаси в енергозабезпеченні агропромислового комплексу республіки Татарстан [Текст] / Ю.В. Караєва, Ю.Г. Назмієв // Альтернативна енергетика та екологія. - 2007. - №3. - С. 126-133.

27. Lehner, A. Optimierung der Verfahrenstechnik landwirtschaftlicher Biogasanlagen [Електронний ресурс] / A. Lehner, M. Effenberger, A. Gronauer. - Bayern: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010. - 82 p. - Режим доступу: www.LfL.bayern.de.

28. Mandy Gerber Analysis of available mathematical models of anaerobic digestion of organic substances for production of biogas [Текст] / Mandy Gerber, Roland Span // International Gas Union Research Conference Paris, 2008. - p. 30.

29. Anaerobic Digestion Process of Food Waste for Biogas Production: A Simulation Approach [Текст] / Noorlisa Harun, Zuraini Hassan, Norazwina Zainol, Wan Hanisah, Wan Ibrahim, Haslenda Hashim // Chemical Engineering та промислового. - 2019. - V.42, №9. - pp. 1834-1839.

30. Волова, Т.Г. Біотехнологія [Текст] / Т.Г. Волова. - Новосибірськ: Сибірського відділення Російської Академії наук, 1999. - 252 с

31. Дубровський, В.С. Метанове зброжування сільськогосподарських відходів [Текст] / В.С. Дубровський, У.Е. Вієстур. - Рига: Зінатис, 1988. - 204 с.

32. Коміна, Г.П. Отримання та використання біогазу у вирішенні завдань енергозбереження та екологічної безпеки: навчальний посібник [Електронний ресурс] / Г.П. Коміна, А.В. Сауц. - СПб.: Санкт Петербурзький державний архітектурно-будівельний університет. - 2017. - 96 с. - Режим доступу: <http://www.iprbookshop.ru/80737.html>

33. Добриніна, О.М. Технологічні аспекти отримання біогазу [Текст] / О.М. Добриніна, Є.В. Калініна // Охорона навколишнього середовища, транспорт, безпека життєдіяльності. - 2010. - №2. - С. 33-40.

34. Форстер, К.Ф. Екологічна біотехнологія [Текст] / К.Ф. Форстер Д.А. Дж. Вейза. - Л: Хімія, Ленінградське відділення, 1990. - 384 с.

35. Майстренко, А.О. Загальна характеристика метагенезу та обґрунтування технологічних схем отримання біогазу [Текст] / О.Ю. Майстренко, Ю.В. Куріс, В.В. Ярмош та ін. // Енергетика та ін

електрифікації. - 2009. - № 3. - С. 52-59.

36. Ножевнікова, А.М. Біотехнологія та мікробіологія анаеробної переробки органічних комунальних відходів [Текст] / колективна монографія/загальна ред. та складл. О.М. Ножевнікова, А.Ю. Калістова, Ю.В. Літти, М.В. Кевбіра. - М.: Університетська книга, 2016. - 320 с.

37. Прокопенко, А.А. Фізичні та біо-хімічні процеси при переробці сміття [Текст] / А. А. Прокопенко, А. В. Козлов, Г. М. Маргиненко // Містобудування. Інфраструктура. Комунікації. - 2016. - №2(3). - С. 34-39.

38. Суслов, Д.Ю. Інтенсифікація процесу отримання біогазу барботажним перемішуванням субстрату: монографія [Електронний ресурс] / Суслов Д.Ю. - Білгород: Білгородський державний технологічний університет ім. В.Г. Шухова, 2016. - 95 с. - Режим доступу:

<http://www.iprbookshop.ru/80463.html>.

39. Кушов, Л.А. Математичне моделювання процесу отримання біогазу при переробці органічних відходів [Текст] / Л.А. Кушов, Д.Ю. Суслов, А.І. Аліфанов, Н.Ю. Нікулін // Енерго-і ресурсозбереження. Переробка відходів. - 2011. - №3. - С. 81 - 84.

40. Олексюк, А.О. Енергозбереження при використанні нетрадиційних джерел. Гравчальний посібник для студентів економічних спеціальностей у галузі теплогазопостачання та вентиляції [Текст] / О.О. Олексюк, В.А. Сербін, Н.Ф. Радько. - Донецьк: Держжитлокомунгоспу України, 2004. - 156 с.

41. Друзьянова, В.П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Друзьянова Варвара Петровна. - Улан-Удэ, 2017. - 281 с.

НУБІП України