



УДК 631.17

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-4-9

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТА ВИХРОВОГО ШАРУ ДЛЯ ОБРОБКИ РІДКОГО ГНОЮ СВИНЕЙ

Яропуд Віталій Миколайович, к.т.н., доцент
Мазур Ігор Михайлович, аспірант
Вінницький національний аграрний університет

Vitalii Yaropud, Ph.D., Associate Professor
Igor Mazur, Postgraduate student
Vinnytsia National Agrarian University

Технології обробки (переробки) гною залежать від системи та способу утримання тварин. Це обумовлено фізичними властивостями отриманого гною, в першу чергу його вологістю. За використання підстилки отримують твердий (підстилковий) гній, який має вологість 60...80 %. Якщо при утриманні свиней підстилка не використовується, то отримують безпідстилковий гній, який за вологістю ділять на дві групи: твердий (60-80 %) та рідкий (82-98 %).

Апарати вихрового шару оснащують різними типами робочих органів та компонованням робочої зони. При проведенні рідинно-фазних процесів, з використанням в якості робочого органу феромагнітних елементів, по торцях немагнітної вставки (або тільки на виході) можуть встановлюватися решета-уловлювачі або лабіринти, які призначені для утримання феромагнітних частинок у робочій зоні. Подрібнення та перемішування може відбуватися не лише за допомогою допомоги феромагнітних частинок, а й за допомогою ножів, трубок або ротора. У цих випадках решета виконують роль фільтрів (сепараторів). Додавання феромагнітних елементів у робочу зону здійснюється з допомогою електромагнітного дозатора.

Аналізуючи результати попередніх наукових досліджень, можна стверджувати, що підвищення ефективності роботи апарату вихрового шару можливе за рахунок удосконалення конструкції або обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів окремих систем, без урахування їх взаємозв'язку. Варто відмітити, що більшість отриманих результатів з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів є експериментальними і не мають теоретичного обґрунтування.

Для вирішення поставлених задач обґрунтовано конструктивно-технологічну схему апарату вихрового шару для обробки рідкого гною, що дозволяє отримувати рідкі органічні добрива високої якості із підвищеною продуктивністю та рівнем автоматизації.

Ключові слова: переробка, технології, технічні засоби, обробка, гній, апарат, вихровий шар, ефективність, конструктивно-технологічна схема.

Рис. 4. Літ. 15.

1. Вступ

За даними FAO, поголів'я свиней у світі наблизилося до 1 млрд. голів, при цьому майже 50 % тварин утримують у Китаї. У Європейському Союзі 16 відсотків світового поголів'я, при цьому на першому місці – Німеччина - 28 млн. голів, далі Іспанія - 26, Франція - 13,5, Данія, Нідерланди та Польща - в межах 12 млн. гол., тобто в 6 країнах зосереджено майже 70 % поголів'я. В Північній Америці, а саме в трьох країнах з найбільшим поголів'ям, утримують біля 100 млн. голів (США - 68, Канада - 13, Мексика - 16) [1, 2, 3].

Щодо найближчих сусідів, то в Румунії на поточний рік поголів'я свиней склало біля 0,5 млн. гол., Угорщині - 3, Молдові - менше 0,5 [4].

Неважко підрахувати, що вихід гною від зазначеного світового поголів'я свиней складе біля 3 млн. т на добу, або 1 млрд. т. на рік.

За показниками концентрації свинячого гною на одиницю площі спостерігається в таких країнах ЄС як Німеччина, Данія та Нідерланди [2]. На нашу думку, при вивченні досвіду поводження з гномом необхідно сконцентрувати свою увагу саме на цих країнах та ЄС в цілому.



Ведення виробничої діяльності на свинарських підприємствах супроводжується викидами в атмосферу забруднюючих речовин [5]. Основні виділення забруднюючих атмосферне повітря речовин на свинарських підприємствах відбувається безпосередньо від тварин та від продуктів їх життєдіяльності [6-9]. Виходячи з цього джерела забруднення повітря на свинарському підприємстві можна розділити на:

- організовані – викиди з приміщень відпрацьованого повітря через канали загальнообмінної вентиляції. Вони будуть складатися з виділень від тварин та гною, який певний час (залежно від технології його збирання та видалення з приміщення) буде знаходитись в свинарнику;

- неорганізовані – викиди від споруд з обробки та зберігання гною.

Тому сумарні викиди шкідливих речовин від свинарського підприємства будуть складатися з:

- виділення шкідливих речовин безпосередньо від свиней, в результаті кишкової ферментації;

- виділення шкідливих речовин від гною, який знаходиться в свинарнику в гноезбірник каналах, ваннах або на підлозі. В першу чергу буде залежати від технології утримання поголів'я – суцільна, частково- або повністю щілинна підлога, наявність підстилки, частота прибирання гною, засоби для прибирання та видалення з приміщення.

Нині в Україні діє закон «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» [10], в якому вказано що гній, залежно від ступеня ризику для здоров'я людини та тварини, відноситься до категорії II. Після внесення змін [11], пов'язаних з наближенням до вимог законодавства ЄС, в статті 15 сказано «Побічні продукти тваринного походження, що належать до категорії II, повинні бути використані, оброблені або перероблені одним або кількома з таких способів: 1) використані для виробництва органічних добрив ... після оброблення шляхом стерилізації під тиском ...; 2) компостовані або перетворені на біогаз після оброблення шляхом стерилізації під тиском...; 3) щодо гною, ... внесені у ґрунт з попереднім обробленням або без такого оброблення». Тобто, будь які вимоги, щодо характеристик продукту, отриманого в результаті пропонованих способів відсутні. Крім того ніяк не регламентуються способи та нормативи внесення отриманого продукту як органічного добрива. На сьогодні в ВР України зареєстровано Проект Закону № 10411 від 2 липня 2019 «Про управління відходами», в якому, зокрема, будуть прописані оновлені вимоги до поводження з гноєм.

Враховуючи, в першу чергу, законодавство Європейського Союзу, до якого прямує Україна згідно Конституції, на перспективу ми повинні керуватися основними вимогами до систем транспортування та обробки гною, прийнятими в Європі. Коротко ці вимоги можна сформулювати таким чином:

- забезпечення ізоляції потоків гною від повітря, ґрунту, води;

- забезпечення максимально можливого знезараження;

- забезпечення переведення хімічних елементів у придатну для споживання рослинами форму.

У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на удосконалення процесу обробки рідкого гною апаратами вихрового шару на свинофермах мають важливе наукове і практичне значення.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Технології обробки гною за допомогою установок активації процесів (УАП) з використанням апаратів з вихровим шаром (АВШ) феромагнітних елементів є перспективними не лише для нашої країни. АВШ - це робоча камера (труба), розташована в індукторі обертового електромагнітного поля. У робочій зоні трубопроводу містяться циліндричні феромагнітні елементи, які під дією електромагнітного поля швидко обертаються. Через співударяння їх рух хаотичний і займає весь об'єм робочої камери [12].

З технічної точки зору АВШ є системою, в якій робочим органом є вільно-розміщені феромагнітні елементи або механічні обертові конструкції, які приводяться в дію приводом, функцію якого виконує обертове змінне електромагнітне поле, створюване індуктором. Завдяки відсутності механічних передавальних елементів між приводом і робочими органами, зі зниженою відносно аналогів питомою енергоємністю, така система дозволяє суттєво інтенсифікувати ряд процесів через пряму дію на середовище, а також завдяки утворенню вторинних інтенсифікуючих ефектів [12].

Якщо розглядати будову та принцип дії АВШ, то в загальному вигляді його можна представити так: електромагнітна система - індуктор, що створює змінне обертове електромагнітне поле; механічна система - робочі тіла або обертові конструкції, що приводяться в рух електромагнітною системою; робоча камера, в якій провадиться обробка середовища механічною системою; електро-механічна



система контролю та керування. Саме ці складові є основними конструктивними об'єктами, щодо яких проводиться науковий пошук шляхів підвищення ефективності їх роботи: зменшення енергоємності, підвищення продуктивності.

В роботах [13, 14] запропоновано удосконалення електромагнітної системи АВШ та спрямовано на зменшення енергоємності робочого процесу. Автором пропонується створення обертового змінного електромагнітного поля з використанням постійних [14] та електромагнітів [14], сутність цих рішень ілюструють схеми, приведені на рис. 1.

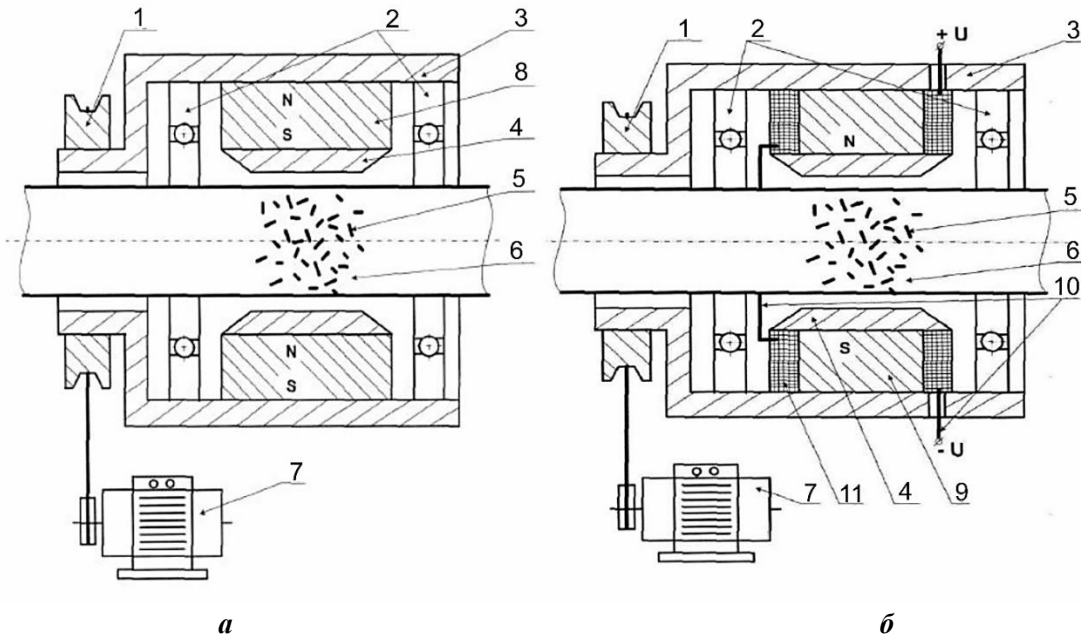


Рис. 1. Схема створення обертового змінного електромагнітного поля з використанням постійних (а) та електромагнітів (б): 1 – шків; 2 – кульковий підшипник; 3 – корпус ротора; 4 – концентратор магнітного потоку; 5 – феромагнітні елементи; 6 – робоча камера; 7 – електричний двигун; 8 – постійний магніт; 9 – осердя полюса; 10 – вивідні кінці котушки; 11 – котушка.

Для створення обертового магнітного поля в пропонуваніх конструкціях АВШ на діаметрально протилежних сторонах корпусу ротора закріплені постійні (рис. 1, а) або електромагніти (рис. 1, б). Корпус ротора обертається навколо нерухомої робочої камери за допомогою приводу від електродвигуна і дією магнітів створює обертове магнітне поле в робочій камері. За даними автора, частота обертання корпусу ротора складає 3000 об/хв.

Щодо механічної системи, то авторами [15] розглянута поведінка феромагнітного елемента за умови значної кількості їх в робочій камері і їх взаємовпливу, а також наявності сил опору їх руху (рис. 2).

Встановлено, що величина силової дії на компоненти, які обробляються в вихровому шарі, залежить від магнітних властивостей матеріалу феромагнітних робочих елементів, їх геометричних розмірів і кількості їх у робочій зоні, величини напруженості зовнішнього електромагнітного поля, а також фізичного та фізико-хімічного стану сировини, яка обробляється.

Враховуючи розміри феромагнітних елементів, поверхня контакту двох феромагнітних елементів під час удару дорівнює $(1...5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$; речовина, яка під час удару знаходиться між двома феромагнітними елементами, що знаходиться під тиском до 300 МПа. Такий короточасний тиск призводить до зміни напруги матеріал оброблюваної речовини. Це пояснює суттєвий ефект вихрового шару при отриманні тонкодисперсних емульсій та суспензій.

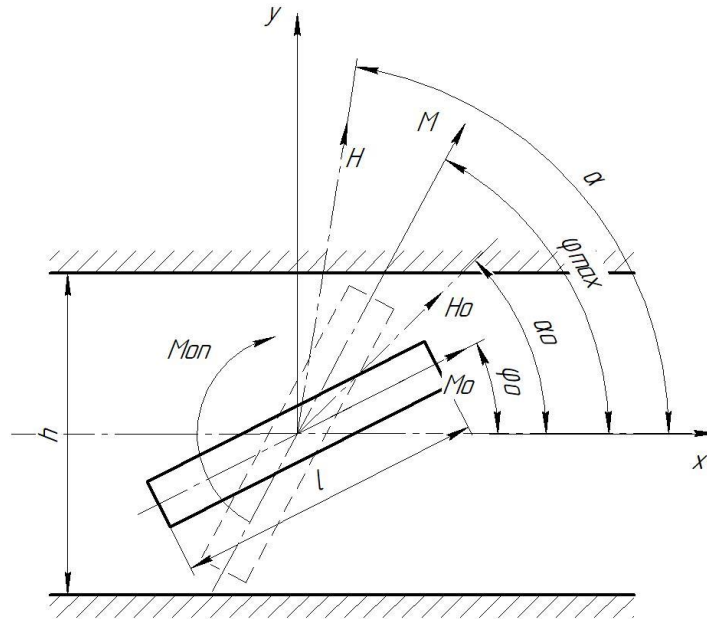


Рис. 2. Розрахункова схема руху феромагнітного елемента

Підсумовуючи вище викладене, можна стверджувати, що підвищення ефективності роботи АВШ можливе за рахунок удосконалення конструкції або обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів окремих систем, без урахування їх взаємозв'язку [6]. Також варто відмітити, що більшість отриманих результатів з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів є експериментальними і не мають теоретичного обґрунтування.

3. Мета дослідження

Метою досліджень є обґрунтування конструктивно-технологічної схеми апарата вихрового шару обробки рідкого гною свиней із підвищеною продуктивністю та рівнем автоматизації для отримання рідких органічних добрив високої якості.

4. Виклад основного матеріалу

В основу конструктивно-технологічної схеми апарата вихрового шару поставлена задача підвищення продуктивності та забезпечення можливості керування процесом обробки рідкого гною з отриманням рідкого органічного добрива високої якості [6].

Поставлена задача досягається завдяки тому, що апарат вихрового шару для обробки рідкого гною відрізняється тим, що до середини верхнього уловлювача жорстко закріплено патрубок для подавання феромагнітних елементів із веденою шестернею, зовнішньою різьбою, дозатором феромагнітних елементів із електромагнітом і бункером для феромагнітних елементів, патрубок для подавання феромагнітних елементів встановлений у центрі кришки з різьбовим з'єднанням, ведена шестерня контактує із ведучою шестернею, яка закріплена на сервоприводі. До кришки жорстко закріплено патрубок для подавання додаткових реагентів, який з'єднується з ємністю для реагентів через електромагнітний кран. Сервопривід, електромагніт, електромагнітний кран, блок керування котушками індуктора, електродвигун насоса подавання рідкого гною за допомогою електричних проводів приєднано до центрального блока керування.

На рис. 3 представлено загальний вигляд апарата вихрового шару для обробки рідкого гною, на рис. 4 – поперечний переріз апарата вихрового шару для обробки рідкого гною.

Апарат вихрового шару для обробки рідкого гною (рис. 3–4) містить захисну втулку 1, яка розміщена між котушками індуктора обертового електромагнітного поля 2. Захисна втулка 1 і котушки індуктора обертового електромагнітного поля 2 розміщені у корпусі індуктора 3, який заповнений трансформаторною олією.

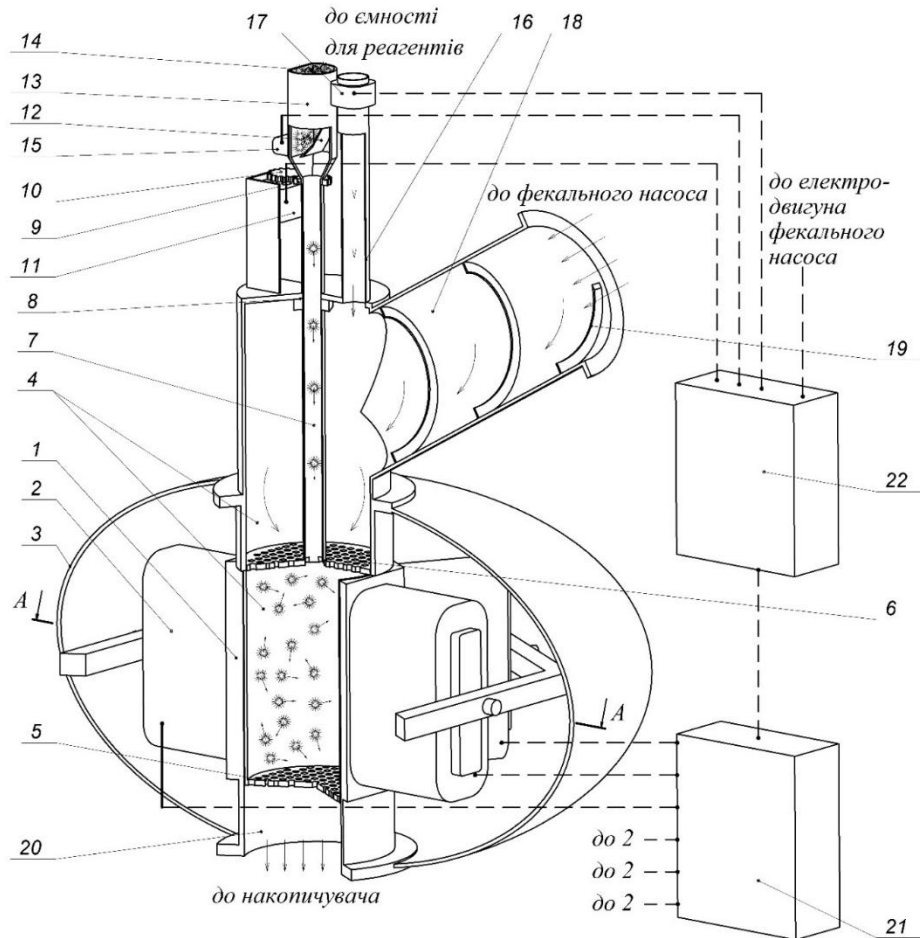


Рис. 3. Загальний вигляд апарата вихрового шару для обробки рідкого гною

У середині захисної втулки 1 розміщена робоча камера 4, середина якої повністю ізольована від трансформаторної олії. У нижній частині робочої камери 4 жорстко закріплено нижній уловлювач 5 із отворами. У верхній частині робочої камери 4 розташований верхній уловлювач 6 із отворами, який вільно переміщується вздовж робочої камери 4. Межі робочої камери 4, нижнього уловлювача 5 і верхнього уловлювача 6 формують робочу зону. До середини верхнього уловлювача 6 жорстко закріплено патрубок для подавання феромагнітних елементів 7, який має зовнішню різьбу. Патрубок для подавання феромагнітних елементів 7 встановлений у центрі кришки 8 різьбовим з'єднанням, яка закріплена зверху робочої камери 4. На верхній частині патрубка для подавання феромагнітних елементів 7 жорстко встановлена ведена шестерня 9, яка контактує з ведучою шестернею 10, яка закріплена на валу сервоприводу 11. Зверху патрубка для подавання феромагнітних елементів 7 встановлено дозатор феромагнітних елементів 12 і бункер для феромагнітних елементів 13 із феромагнітними елементами 14. Дозатор феромагнітних елементів 12 містить електромагніт 15. До кришки 8 жорстко закріплено патрубок для подавання додаткових реагентів 16, який з'єднується з ємністю для реагентів (на схемі не показано) через електромагнітний кран 17. До верхньої частини робочої камери 4 під кутом приєднано вхідний патрубок 18, який всередині оснащений спіраллю 19. Вхідний патрубок 18 приєднується за допомогою трубопроводу до насоса подавання рідкого гною (на схемі не показано). Знизу робочої камери 4 встановлено вихідний патрубок 20, який за допомогою трубопроводу приєднується до накопичувача. Котушки індуктора обертового електромагнітного поля 2 за допомогою електричних проводів (на схемі показані пунктирною лінією) приєднано до блока керування котушками індуктора 21. Сервопривід 11, електромагніт 15, електромагнітний кран 17, блок керування котушками індуктора 21, електродвигун насоса подавання рідкого гною (на схемі не показано) за допомогою електричних проводів (на схемі відмічені пунктирною лінією) приєднано до центрального блока керування 22.

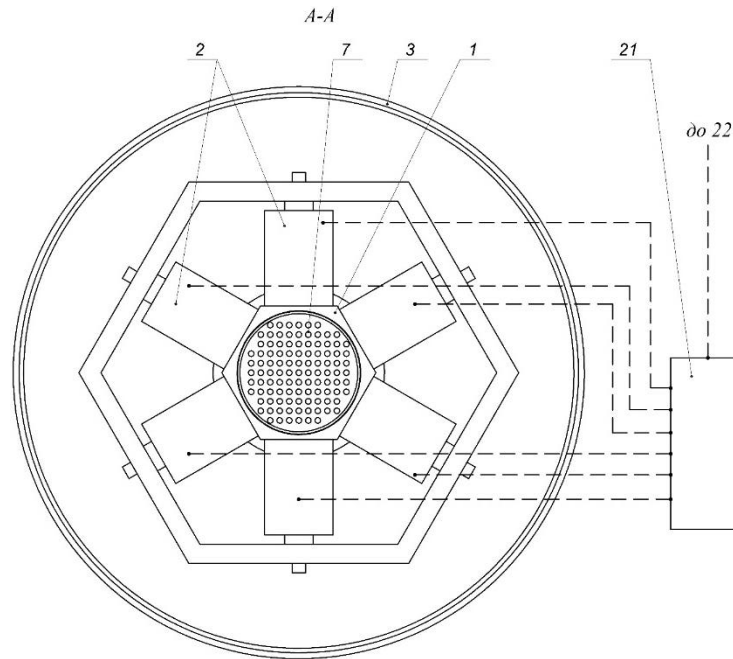


Рис. 4. Поперечний розріз апарата вихрового шару для обробки рідкого гною

Апарат вихрового шару для обробки рідкого гною працює наступним чином. Перед початком роботи на центральному блоці керування 22 оператор задає швидкість потоку рідкого гною, кількість феромагнітних елементів 14 у робочій зоні, об'ємні витрати додаткових реагентів, об'єм робочої зони і частоту обертання електромагнітного поля.

Для забезпечення заданої швидкості потоку рідкого гною центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів встановлює відповідну частоту обертання електродвигуна насоса подавання рідкого гною.

Для подавання необхідної кількості феромагнітних елементів 14 центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів вмикає електромагніт 15 на відповідний час, що забезпечує подачу феромагнітних елементів 14 із бункера для феромагнітних елементів 13 через дозатор феромагнітних елементів 12 до патрубку для подавання феромагнітних елементів 7. Далі феромагнітні елементи 14 потрапляють до робочої зони. Після цього центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів вмикає електромагніт 15, у результаті чого феромагнітні елементи 14 притягуються до стінки дозатора феромагнітних елементів 12, створюючи перешкоду для подальшого їх руху.

Для забезпечення необхідних об'ємних витрат додаткових реагентів центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів встановлює електромагнітний кран 17 у відповідне відкрите положення. В результаті чого додаткові реагенти з ємності для реагентів через електромагнітний кран 17 і патрубок для подавання додаткових реагентів 16 потрапляють до робочої зони. У разі встановлення об'ємних витрат додаткових реагентів на рівні 0 мл/с центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів закриває електромагнітний кран 17.

Для забезпечення необхідного об'єму робочої зони центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів вмикає сервопривід 11 на відповідний час, який обертає ведучу шестерню 10 у відповідну сторону. Ведуча шестерня 10 приводить у дію ведену шестерню 9 і патрубок для подавання феромагнітних елементів 7. У результаті обертання патрубка для подавання феромагнітних елементів 7 навколо власної осі у центрі кришки 8 із різьбовим з'єднанням відбувається опускання (або піднімання) нижнього уловлювача 5, який дає змогу встановити необхідний об'єм робочої зони.

Для забезпечення необхідної частоти обертання електромагнітного поля центральний блок керування 22 за допомогою електричних проводів передає сигнал до блока керування котушками індуктора 21, який по черговому з відповідним інтервалом часу вмикає протилежні котушки індуктора обертового електромагнітного поля 2.

Всі зазначені параметри можна змінювати і під час роботи апарата вихрового шару для обробки рідкого гною.



Після запуску апарата вихрового шару для обробки рідкого гною рідкий гній за допомогою насоса подавання рідкого гною подається до вхідного патрубку 18. Огинаючи спіраль 19 потік рідкого гною приймає турбулентний характер і надходить до верхньої частини робочої камери 4, де змішується з потоком додаткових реагентів (за умови встановлення їх подавання). Отримана суміш проходить через отвори верхнього уловлювача 6 і надходить до робочої зони, де хаотично рухаються феромагнітні елементи 12. Хаотичний рух феромагнітних елементів 12 забезпечений обертовим електромагнітним полем. Взаємодія між феромагнітними елементами 12 і сумішшю рідкого гною та додаткових реагентів призводить до змішування, подрібнення і активації взаємодії рідкого гною із реагентами. У результаті відбувається прискорене отримання рідкого органічного добрива. Феромагнітні елементи 12 рухаються лише в робочій зоні і не проходять через отвори нижнього 5 та верхнього 6 уловлювачів. Водночас отримані рідкі органічні добрива проходять через нижній уловлювач 5 і через вихідний патрубок 20 за допомогою трубопроводу надходять до накопичувача.

Подальшими дослідженнями передбачено теоретичне обґрунтування процесу взаємодії рідкого гною із робочим органом апарата вихрового шару і чисельне моделювання процесу подрібнення та змішування на апараті вихрового шару.

5. Висновки

Апарати вихрового шару оснащують різними типами робочих органів та компонованням робочої зони. При проведенні рідинно-фазних процесів, з використанням в якості робочого органу феромагнітних елементів, по торцях немагнітної вставки (або тільки на виході) можуть встановлюватися решета-уловлювачі або лабіринти, які призначені для утримання феромагнітних частинок у робочій зоні. Подрібнення та перемішування може відбуватися не лише за допомогою допомоги феромагнітних частинок, а й за допомогою ножів, трубок або ротора. У цих випадках решета виконують роль фільтрів (сепараторів). Додавання феромагнітних елементів у робочу зону здійснюється з допомогою електромагнітного дозатора.

Аналізуючи результати попередніх наукових досліджень, можна стверджувати, що підвищення ефективності роботи апарату вихрового шару можливе за рахунок удосконалення конструкції або обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів окремих систем, без урахування їх взаємозв'язку. Варто відмітити, що більшість отриманих результатів з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів є експериментальними і не мають теоретичного обґрунтування.

Для вирішення поставлених задач розроблено та обґрунтовано конструктивно-технологічну схему апарату вихрового шару для обробки рідкого гною, що дозволяє отримувати рідкі органічні добрива високої якості із підвищеною продуктивністю та рівнем автоматизації.

Список використаних джерел

1. Foged, Henning Lyngsø. 2010, Best Available Technologies for Manure Treatment – for Intensive Rearing of Pigs in Baltic Sea Region EU Member States. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm. 102 p.
2. Pig farms and manure management. URL: <https://pelc.exposure.co/pig-farms-and-manure-management> (дата звернення: 12.10.2022).
3. Досвід Китаю у виробництві біогазу. URL: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/opyt-kitaya-v-proizvodstve-biogaza/> (дата звернення: 12.10.2022).
4. Examples of Implementing Manure Processing Technology at Farm Level. Erik Sindhøj and Lena Rodhe. April, 2013.
5. Калетнік Г. М., Лутковська С. М. Екологічна модернізація та органічне виробництво в системі екологічної безпеки: монографія. Вінн. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ВНАУ, 2022. 356 с.
6. Яропуд В. М., Грицун А. В., Мазур І. М. Перспективні технології і технічні засоби обробки рідкого гною на свинофермах. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 1 (104). С. 98–105.
7. Калетнік Г. М., Яропуд В. М. Фізико-математична модель вентиляційної системи нагнітання чистого повітря у тваринницьких приміщеннях. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 3 (114). С. 4–15.
8. Яропуд В. М., Алієв Е. Б. Результати обстеження стану забезпечення мікроклімату в свинарнику із системою вентиляції від'ємного тиску. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 2 (113). С. 168–177.
9. Яропуд В. М., Купчук І. М., Бурлака С. А. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів адаптивного тритрубного теплоутилізатора тваринницьких приміщень. *Техніка,*



- енергетика, транспорт АПК. 2022. № 1 (116). С. 142–149.
10. Закон України № 1531-VIII від 20.09.2016 «Про внесення змін до Закону України "Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною" щодо узгодження його положень у сфері поводження з продуктами тваринного походження, що належать до категорії II, з вимогами законодавства ЄС».
 11. Сайт ТОВ НПК «ЕКО-СЕРВІС». Каталог продукції. URL: <http://www.eko-servis.com.ua>, вільний. (дата звернення: 12.10.2022).
 12. Логвиненко Д. Д., Щеляков О. П. Інтенсифікація технологічних процесів в апаратах з вихровим шаром. Техніка, 1976. 143 с.
 13. Коломієць В. В. Апарат вихрового шару з постійними магнітами. Пат. № 145650 Уа, В02С 17/10, Н02К 1/00. у 2020 04789; заяв. 27.07.2020. Опубл. 28.12.2020. Бюл. № 24. 7 с.
 14. Коломієць В. В. Апарат вихрового шару з електромагнітами постійного струму. Пат. № 146107 Уа, В02С 13/02, В02С 13/12. у 2020 05204; заяв. 12.08.2020. Опубл. 20.01.2021. Бюл. № 3. 8 с.
 15. Шеляков О. П., Оберемок В. М. Динаміка вихрового шару феромагнітних елементів. Вісник ЛУСКУ. 2003. № 2 (9). С. 34–37.

References

- [1] Foged, Henning Lyngso. (2020). Best Available Technologies for Manure Treatment – for Intensive Rearing of Pigs in Baltic Sea Region EU Member States. Published by Baltic Sea. Stockholm. 102 p. [in English].
- [2] Pig farms and manure management. URL: <https://pelc.exposure.co/pig-farms-and-manure-management> (data zvernennya 12.10.2022). [in English].
- [3] Dosvid Kitayu u virobniactvi biogazu. URL: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/opyt-kitaya-v-proizvodstve-biogaza>. (data zvernennya 12.10.2022). [in Ukrainian].
- [4] Erik Sindhoj, Lena Rodhe (2013). *Examples of Implementing Manure Processing Technology at Farm Level*. April. [in English].
- [5] Kaletnik, G.M., Lutkovska, S.M. (2022). *Ekologichna modernizaciya ta organichne virobniactvo v sistemi ekologichnoyi bezpeki [Ecological modernization and organic production in the system of environmental security]: monograph*. Vinn. nat. agrarian. un-ty. Vinnytsia: VNAU. [in Ukrainian].
- [6] Yaropud, V.M., Grytsun, A.V., Mazur, I.M. (2022). Perspektivni tehnologiyi i tehnicni zasobi obrobki ridkogo gnoyu na svinofermah. [Promising technologies and technical means of processing insufficient manure on pig farms]. *Vibrations in engineering and technology, 1 (104)*. 98–105. [in Ukrainian].
- [7] Kaletnik, G.M., Yaropud, V.M. (2021). Fiziko-matematichna model ventilyacijnoyi sistemi nagnitannya chistogo povitrya u tvarinnickih primishennyah. [Physico-mathematical model of the ventilation system for injection of clean air in livestock premises]. *Tehnika, energetika, transport APK, 3 (114)*. 4–15. [in Ukrainian].
- [8] Yaropud, V.M., Aliiev, E.B. (2021). Rezultati obstezhennya stanu zabezpechennya mikroklimatu v svinarniku iz sistemoyu ventilyaciyi vid'yemnogo tisku. [Results of the examination of the state of microclimate provision in a piggery with a negative pressure ventilation system]. *Tehnika, energetika, transport APK, 2 (113)*. 168–177. [in Ukrainian].
- [9] Yaropud, V.M., Kupchuk, I.M., Burlaka, S.A. (2022). Obgruntuvannya konstruktivno-tehnologichnih parametriv adaptivnogo tritrubnogo teploutilizatora tvarinnickih primishen. [Justification of the structural and technological parameters of the adaptive three-pipe heat-utilizer of livestock premises]. *Tehnika, energetika, transport APK, 1 (116)*. 142–149. [in Ukrainian].
- [10] Zakon Ukrayiny № 1531-VIII vid 20.09.2016 «Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukrayini «Pro pobichni produkti tvarinnogo pohodzhennya, ne priznacheni dlya spozhivannya lyudinoyu» shodo uzgodzhennya jogo polozhen u sferi povodzhennya z produktami tvarinnogo pohodzhennya, sho nalezhat do kategorii II, z vimogami zakonodavstva YeS». [in Ukrainian].
- [11] Sajt TOV NPK «EKO-SERVIS» Katalog produkciyi. URL: <http://www.eko-servis.com.ua> (data zvernennya 12.10.2022). [in Ukrainian].
- [12] Logvinenko, D.D., Shelyakov, O.P. (1976). *Intensifikaciya tehnologichnih procesiv v aparatah z vihrovim sharom. [Intensification of technological processes in devices with a vortex layer]*. Tehnika. [in Ukrainian].
- [13] Kolomiets, V.V. (2020). *Aparat vykhrovoho sharu z postinyymy mahnitamy [Vortex layer apparatus with permanent magnets]*. Stalemate. № 145650 Уа, В02С 17/10, Н02К 1/00. у 2020 04789; statement



- 27.07.2020. Publ. 28.12.2020. Bul. № 24. 7 p. [in Ukrainian].
- [14] Kolomiets, V.V. (2020). *Aparat vykhrovoho sharu z elektromahnitamy postiynoho strumu [Vortex layer apparatus with DC electromagnets]*. Stalemate. № 146107 Ua, B02C 13/02, B02C 13/12. u 2020 05204; statement 12.08.2020. Publ. 20.01.2021. Bul. № 3. 8 p. [in Ukrainian].
- [15] Shelyakov, O.P., Oberemok, V.M. (2003). *Dinamika vihrovogo sharu feromagnitnih elementiv. [Dynamics of the vortex layer of ferromagnetic elements]*. *Visnik PUSKU*, 2 (9). 34–37. [in Ukrainian].

WAYS OF IMPROVING THE VERTICAL LAYER APPARATUS FOR PROCESSING LIQUID PIG MANURE

Technologies for processing (manure processing) manure depend on the system and method of keeping animals. This is due to the physical properties of the obtained manure, primarily its moisture content. By using litter, solid (litter) manure is obtained, which has a moisture content of 60...80%. If litter is not used when keeping pigs, then manure without litter is obtained, which is divided into two groups by moisture content: solid (60-80%) and liquid (82-98%).

Vortex layer devices are equipped with different types of working bodies and layout of the working area. When carrying out liquid-phase processes, using ferromagnetic elements as a working body, trap screens or labyrinths designed to keep ferromagnetic particles in the working area can be installed on the ends of the non-magnetic insert (or only at the outlet). Grinding and mixing can occur not only with the help of ferromagnetic particles, but also with the help of knives, tubes or a rotor. In these cases, the sieves act as filters (separators). Ferromagnetic elements are added to the working area using an electromagnetic dispenser.

Analyzing the results of previous scientific studies, it can be stated that increasing the efficiency of the vortex layer devices is proposed due to the improvement of the design or the substantiation of the structural and technological parameters of individual systems, without taking into account their interconnection. It should be noted that most of the obtained results from the substantiation of structural and technological parameters are experimental and do not have a theoretical justification.

In order to solve the problems, the structural and technological scheme of the vortex layer apparatus for liquid manure processing, which allows to obtain liquid organic fertilizers of high quality with increased productivity and level of automation, is substantiated.

Key words: *processing, technologies, technical means, processing, manure, apparatus, vortex layer, efficiency, structural and technological scheme.*

Fig. 4. Ref. 15.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Яропуд Віталій Миколайович - кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0502-1356>).

Мазур Ігор Михайлович – аспірант Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, e-mail: mazurigorm77@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6619-810X>).

Vitalii Yaropud – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of machinery and equipment for agricultural production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0502-1356>).

Igor Mazur – Postgraduate student of Vinnytsia national Agrarian University (st. Solnechnaya, 3, Vinnitsa, 21008, e e-mail: mazurigorm77@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6619-810X>).