

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НЕУК ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ

УДК 631.6.636.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення процесу прибирання гною на тваринницькій фермі

(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Сукманюк Олена Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.і.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Неук О.Ю. Удосконалення процесу прибирання гною на тваринницькій фермі. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В роботі проведений аналіз систем видалення гною на тваринницьких фермах. Наведене теоретичне дослідження процесу гомогенізації рідкого гною, визначено швидкість та час осадження частки у рідкому гомогенізованому гною.

Визначено оптимальні параметри і режими роботи гомогенізатора. Описано будову та принцип дії установки, визначено потужність та проведено аналіз перемішування гнойової маси по довжині каналу.

Ключові слова: гомогенізація, гній, процес, удосконалення.

ABSTRACT

Neuk. O. Improving the manure collection process on a livestock farm. Qualification for the advanced master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In the work of carrying out an analysis of pus removal systems on animal farms. A theoretical investigation of the process of homogenization of rare pus was carried out, and the fluidity and sedimentation rate of the rare homogenized pus was determined.

The optimal parameters and operating modes of the homogenizer were determined. The principle of installation is described, the pressure is determined and an analysis of the mixing of pus mass along the second channel is carried out.

Key words: homogenization, putrefaction, process, refinement.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ	7
1.1. Класифікація способів і засобів видалення гною	7
1.2. Огляд гідравлічних систем видалення гною	11
1.3. Гомогенізація рідкого гною	16
1.3.1. Гідравлічні пристрої	16
1.3.2. Пневматичні пристрої	17
1.3.3. Механічні пристрої	18
1.4. Висновки по розділу 1	19
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РІДКОГО ГНОЮ	20
2.1. Аналіз руху гною по гідравлічному каналу	20
2.2. Визначення критичної швидкості потоку	21
2.3. Визначення швидкості та часу осадження частки у рідкому гомогенізованому гною	24
2.4. Висновки по розділу 2	29
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ГОМОГЕНІЗАТОРА	31
3.1. Опис будови та принцип роботи гомогенізатора	31
3.2. Аналіз перемішаної гнойової маси по довжині каналу	34
3.3. Визначення потужності на процес гомогенізації рідкого гною	39
3.4. Висновки по розділу 3	40
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42

ВСТУП

На екологічний стан в Україні великий вплив має сільськогосподарське виробництво, особливо тваринництво.

Більшість селянських (фермерських) господарств використовують традиційні способи утилізації гною. Основною причиною низької оснащеності фермерських господарств сучасним обладнанням для переробки та утилізації відходів є нестача коштів. Застосування індустріальних технологій у тваринництві призвело до того, що в загальному обсязі гною понад 59% припадає на безпідстилковий, і з кожним роком ця частка зростає.

Безпідстилковий гній за рівнем хімічного забруднення навколишнього середовища у 10 разів більш небезпечний у порівнянні з комунально-побутовими відходами. Безпідстилковий гній, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я [1] є фактором передачі понад 100 видів різних збудників хвороб тварин та людини. Крім того, гній є сприятливим середовищем для збереження та розвитку різних мікроорганізмів та гельмінтів, що створює загрозу зараження водойм, ґрунту, підземних вод, кормів та пасовищ небезпечними для людей та тварин збудниками хвороб. При порушенні технології зберігання та використання гній нерідко накопичується поблизу комплексів, ферм та птахофабрик і представляє для навколишнього середовища серйозну екологічну проблему: забруднюються ґрунтові води, річки та озера.

При тривалому зберіганні гною на ґрунтових майданчиках (відкритих для атмосферних опадів) у поверхневому шарі ґрунту (0,4 м) міститься до 4950 кг/га мінерального азоту, у тому числі 2500 кг/га нітратного, що у 17 разів вище проти незабрудненого ґрунту. У ґрунтових водах вміст (мл/л) нітратного азоту перевищує вміст його в дренажних водах з поля в 2 рази, аміачного азоту – у 8, фосфору – у 11, калію – у 10 разів [1].

Найбільший рівень екологічних навантажень зазнають поля утилізації безпідстилкового гною.

Таким чином, одне з головних завдань, яке стоїть перед вченими та працівниками агропромислового сектору – створити у найближчому майбутньому екологічно-безпечне сільськогосподарське виробництво, яке здатне не руйнуючи довкілля, забезпечувати населення країни необхідним продовольством.

Необхідність охорони навколишнього середовища особливо гостро постає в Україні через специфіку її розташування (наявність великої кількості водних джерел і близького залягання ґрунтових вод).

Все це обумовлює необхідність:

– удосконалення існуючих технологій прибирання, переробки та використання гною;

– створення нових технологій та комплексів машин, що відповідають сучасним технологіям виробництва сільськогосподарської продукції з урахуванням різних типів товаровиробників та форм організації праці; екологічним вимогам, тобто забезпечення гарантії мінімального забруднення навколишнього середовища, отримання екологічно безпечних продуктів харчування людини та кормів тварин.

На тваринницьких фермах, залежно від утримання тварин, отримують підстилковий гній, до складу якого (крім екскрементів тварин) входить підстилковий матеріал: солома, тирса та ін. Даний вид гною вимагає додаткових матеріальних витрат на транспортування та розподіл у стійлах тварин підстилкового матеріалу. Названі витрати виключені при безпідстилковому утриманні тварин. У цьому випадку також знижуються витрати на видалення гною з тваринницького приміщення, транспортування до поля і внесення.

У порівнянні з твердим підстилковим гноєм, рідкий безпідстилковий містить на 50% більше сполук азоту в розчиненій формі, калію – на 100%; фосфор, хоч і знаходиться в пов'язаному стані, рослинами засвоюється краще, ніж із мінеральних добрив [3]. Крім основних для рослин поживних речовин, у безпідстилковому гною містяться багато мікроелементів, що дозволяє вважати їх комплексними добривами [4].

Якісно приготовлений безпідстилковий гній залишається одним з основних джерел збереження родючості ґрунту та довкілля.

Таким чином, необхідно забезпечити виробництво ефективного, екологічно-безпечного органічного добрива, розвивати енергозберігаючі інноваційні технології безвідходного агропромислового виробництва.

Мета роботи: вивчення впливу режимних та геометричних параметрів гомогенізатора на процес гомогенізації рідкого гною, визначення оптимальних параметрів робочих органів гомогенізатора та режимів його роботи.

Задачі дослідження:

- провести аналіз систем видалення гною та виявити шляхи покращення рівномірності його видалення;
- теоретично визначити раціональні параметри процесу видалення гною по гідравлічному каналу;
- розробити установку для гомогенізації гною в гідравлічному каналі.

Об'єкт дослідження: процес гомогенізації рідкого гною у гідравлічному каналі.

Предмет дослідження: Закономірності роботи установки для гомогенізації гною в гідравлічному каналі.

Методологія і методи дослідження. Відповідно до мети й завдання кваліфікаційної роботи було розділено на кілька етапів:

- пошук інформації з існуючих технологій прибирання тваринницького гною;

- науковий аналіз інформації та оцінка фактичного рівня стану устаткування для гомогенізації гною.

Методичною основою був системний підхід та фізичне і математичне моделювання.

Публікації:

Неук О.Ю. Огляд гідравлічних систем видалення гною. Наукові читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 121-129.

Неук О.Ю. Класифікація способів і засобів видалення гною. Студентські читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024 С. 145-147.

Сукманюк О. М., Неук О.Ю. Аналіз руху гною по гідравлічному каналу. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». 12-14 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 48-51.

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 43 сторінках машинописного тексту, містить 7 таблиць, 16 рисунків, списку використаних джерел з 17 найменування.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ

1.1. Класифікація способів і засобів видалення гною

Процес прибирання, що включає очищення місця розташування тварин від гною, видалення його з приміщення до місця тимчасового чи постійного зберігання, є початковим етапом технологічного процесу одержання органічного добрива.

На тваринницьких фермах застосовуються два основні способи видалення гною з тваринницького приміщення – механічний та гідравлічний. Використовують також комбінований спосіб, який поєднує в собі обидва вищенаведені.

Встановлено, що витрати на очищення стійл, збирання та транспортування гною до місця тимчасового зберігання і його навантаження становлять від 10% до 20% всіх трудових витрат на фермі або комплексі [4].

Основні вимоги, що ставляться до збирання гною – це забезпечення максимальної чистоти тваринницьких приміщень з мінімальними витратами коштів та праці, дотримання санітарно-гігієнічних та зооветеринарних вимог.

Механічний спосіб найчастіше використовують для видалення та транспортування гною [1]:

- на підприємствах великої рогатої худоби при стійловому та стійлово-пасовищному утриманні тварин із застосуванням підстилки, пологових відділеннях, профілакторіях, при підпільному зберіганні гною; у приміщеннях для телят та на відкритих відгодівельних майданчиках;

- свинарських підприємства потужністю до 12 тис. гол. на рік, що використовують корми власного виробництва та харчові відходи та на свинокомплексах, які використовують технологію холодного утримання тварин у легких ангарах;

- птахівничих підприємствах.

«Технічні системи і засоби механізації для видалення гною можна класифікувати за ознаками (рис. 1.1): способом використання, принципом дії, конструктивними ознаками робочих органів, типом їх приводу тощо.

За способом використання поділяються на пересувні та стаціонарні. Стаціонарні використовуються для видалення гною зі стійл та боксів. Пересувні застосовують не тільки у тваринницькому приміщенні, а й на вигульних майданчиків. Привод робочих органів засобів механізації для видалення гною може здійснюється за допомогою двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів». [5]



Рис. 1.1. Класифікація технічних системи і засобів механізації для видалення гною

Механічний спосіб видалення та транспортування гною здійснюється за допомогою скребкових транспортерів (рис. 1.2). У приміщеннях із прив'язним утриманням, як правило, використовують застарілі скребкові транспортери типу ТСН-160, ТСН-2,0Б, ТСН-3,0Б, ТСН-160А, штангові (ТШ-30-А, ТШПН-4, ШТУ та ін.), шнекові транспортери (ТШГ-190, ТШГ-250, ТШН-250, ТШН-300), скреперні установки (УС-10, УС-15, ТСГ-170, ТСГ-250 та ін.).

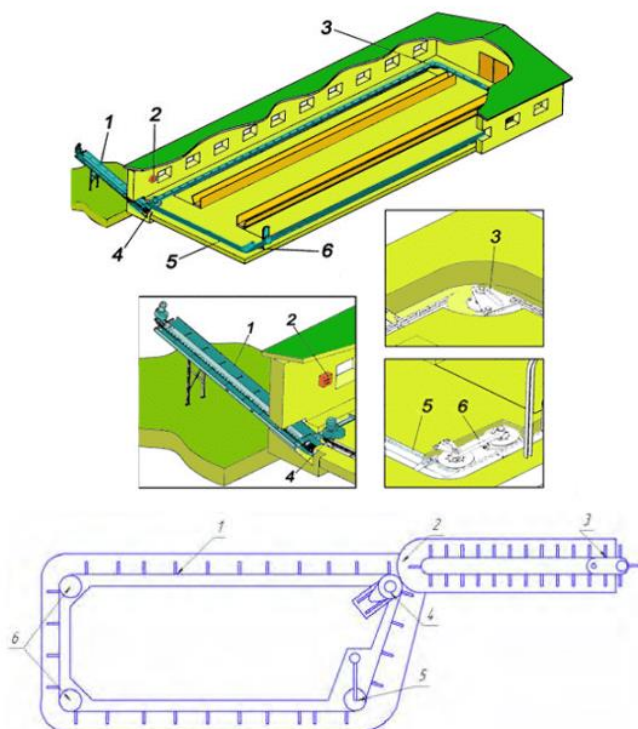


Рис. 1.2. Схема скребкового транспортера: 1 – горизонтальний конвеєр; 2 – похилий конвеєр; 3 – привід похилого транспортеру; 4 – привідна станція горизонтального конвеєра; 5 – натяжний пристрій; 6 – поворотні зірочки

Дельта-скрепер для видалення гною із тваринницьких приміщень ідеальний для корівника, де використовують солому. Скрепер видаляє гній у кінець гнойового проходу, звідки далі транспортується до місця зберігання (рис. 1.3). За допомогою новітньої електронної панелі управління можливе поетапне видалення гною. Потрапляння великої кількості соломи у вузький канал кругової ланцюгової системи або скреперно-стрижневої системи гноєвидалення може засмітити канал. Поетапне видалення гною допоможе уникнути даної проблеми.

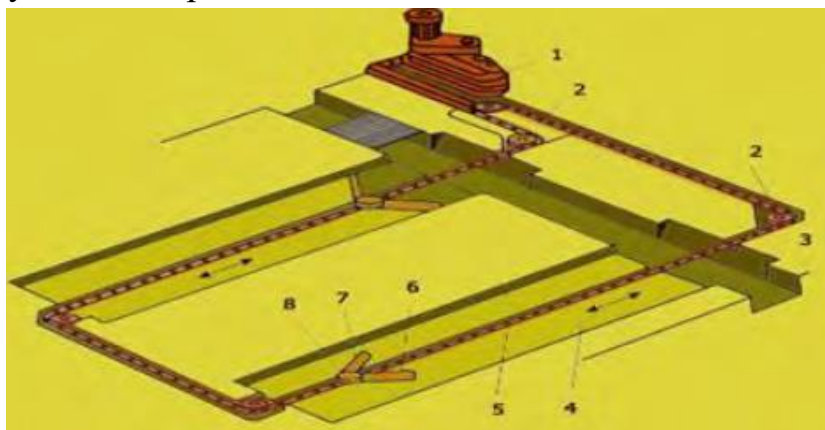


Рисунок 1.3. Схема скреперної установки: 1 – урухомник; 2 – поворотні ролики, 3 – поперечний гнойовий канал, 4 – повздовжні гнойові канали, 5 – тягові ланцюги, 6 – скрепери; 7 – повзун, 8 – шарнір

Дельта-скрепери використовують для видалення гною до проходу або по каналу, перекритому решітками. Їх застосовують коли гній дуже в'язкий (гній молодняку ВРХ, послід курей-несучок) або містить підстилку (гній підсосних свиноматок), що ускладнює використання гідротранспорту. При розміщенні дельта-скрепера під решітками зменшується забруднення тварин. Скрепер розроблений спеціально для бетонної підлоги в корівнику. Це можуть бути як плоскі бетонні підлоги, так і похилі, де гній стікає всередину. Крім цього комбіскрепер застосовується в приміщенні з решічастими підлогами. У даному випадку скребок вигрібає гній на решітки, під якими знаходиться гнойовий канал. Даний спосіб рекомендовано для корівників, де тварини утримуються без підстилки.

Найбільшого поширення знайшли ланцюгово-скреперні транспортери кругового руху. Вони мають міцний ланцюг з металевими скребками та роздільні приводи горизонтального та похилого транспортерів. При правильній експлуатації дані транспортери надійні та довготривалі у використанні.

Кругова ланцюгова система гноєвидалення використовується в поєднанні з гнойовими скреперами. Скрепер видаляє гній у кінець гною,

звідки гній потрапляє на кругову ланцюгову систему. За допомогою гнойового транспортера гній швидко переміщається до місця зберігання. Слабкою ланкою є похилий транспортер, так як верхній його кінець із силовою станцією знаходиться поза межами приміщення. Ланцюг у морози примерзає до дна транспортера; у місці завантаження в транспортний засіб зазвичай на підлозі накопичується гній, що призводить до забруднення тамбура. Недолік скребкових транспортерів – це часті поломки приводного механізму.

Шнекові транспортери гноєвидалення ТШГ-190, ТШГ-250, ТШН-250 призначені для збирання гною великої рогатої худоби у закритих решітками гнойових проходів, що забезпечує зручність роботи персоналу ферми та не травмує тварин при вигоні-загоні.

При використанні шнекових транспортерів гноєвидалення в гнойові канали монтують шнеки, що являють собою трубу з навитою спіраллю із металевої смуги. Привід кожного шнека від індивідуального електродвигуна, довжина поздовжнього та поперечного шнека залежить від довжини гнойових каналів.

Шнеки збираються із секцій, що з'єднуються. Гній прибирають з одного-двох поздовжніх шнеків, потім він потрапляє в поперечний шнек, з нього – у похилий вивантажний транспортер, що встановлюється окремо і не входить до комплексу шнекових транспортерів або установку для транспортування гною УТН-10.

Штангові транспортери ТШ-300 призначені для тваринницьких приміщень зі стійловим утриманням ВРХ. Видалення гною відбувається в поперечний канал за рахунок зворотно-поступального переміщення робочих органів повзунів із закріпленими на них скребками, що відкриваються.

Бульдозери та фронтальні навантажувачі застосовують для очищення гнойових проходів та заблокованих вільних площ, яким пересуваються тварини. Гнійний прохід має бути нижчим за рівень стійл. Для збирання гною в кінці гнойового проходу споруджують гноєприймач, перекритий решітками.

Механічний спосіб видалення гною має суттєвий недолік, що не дозволяє використовувати їх на великих тваринницьких фермах та комплексах. Транспортери та скреперні установки металомісткі та ненадійні в роботі (пориви ланцюга, зіскакування його із зірочок, примерзання скребків вивантажувального транспортера в зимовий період тощо) значна витрата електроенергії на технологічний процес та вимагають постійної присутності обслуговуючого персоналу [4-7].

При збиранні гною за допомогою бульдозера в зимовий час відбувається охолодження та наповнення вихлопними газами приміщення.

1.2. Огляд гідравлічних систем видалення гною

Використовуючи реологічні властивості рідкого гною, США, Англія, Нідерланди, Німеччина, Швеція та Норвегія гідравлічні способи видалення гною почали застосовувати в 60-ті роки минулого століття. На території України гідравлічні системи почали застосовувати пізніше.

Гідравлічні системи (рис. 1.4) видалення гною застосовують як на невеликих фермерських господарствах так і на великих. Транспортування рідкого гною самопливом у гноєсховище або накопичувач по спускних каналах або трубах є самим економічним способом транспортування. Гідравлічні способи видалення гною у порівнянні з механічними способами характеризуються більшою довговічністю та меншою металомісткістю, відсутністю електроприводів і рухомих частин у самих тваринницьких приміщеннях.

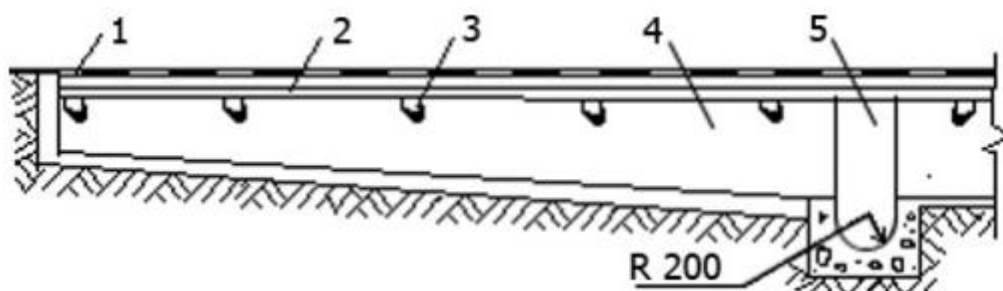


Рисунок 1.4. Гідравлічна система прибирання гною

Застосування самопливних систем видалення гною дозволяє скоротити витрати праці та наведені витрати на 10%-30% порівняно з механічними засобами [8]. Питома металомісткість гідравлічних систем збирання та транспортування гною в 4–6 разів менше, і питоми капітальні вкладення на одне місце нижчі на 30 %–40 % ніж при механічній системі [9].

З урахуванням санітарно-гігієнічних та ветеринарних вимог гідравлічні системи видалення гною мають переваги, так як значно знижується забрудненість підлоги у порівнянні з транспортерами, скреперними установками та бульдозерами. В даному разі вміст шкідливих речовин у приміщенні не перевищує значень гранично допустимої концентрації (ГДК). Однак при гідрозмиві вміст їх на 16% - 18% вищий, ніж при самопливних способах прибирання [10]. При самопливних способах видалення гній найбільш доступний механізації та автоматизації на всіх етапах процесу, починаючи з видалення його з приміщень та закінчуючи внесенням у ґрунт.

Використання гідротранспорту для переміщення рідкого гною дозволяє уникнути забруднення території ферми, не допускаючи небезпечного поширення інфекцій [11].

З вищевикладеного видно, що за ступенем механізації та автоматизації процесів, якістю одержуваного гною, витрат праці та енергії, втрат маси і поживних речовин та впливу на довкілля гідравлічний спосіб прибирання гною самопливом є менш енерговитратним у порівнянні з механічними засобами і більш відповідає зооветеринарним вимогам.

Поширення безпідстилкового способу утримання тварин обумовлено обмеженістю підстилкових матеріалів, меншими витратами праці на видалення гною і, головне, тим, що при безпідстилковому утриманні легше механізувати та автоматизувати процеси видалення гною з приміщень [12].

При безпідстилковому утриманні тварин на решітчастих підлогах застосовують такі системи:

Гідравлічна система. Таку систему видалення та транспортування гною допускається застосовувати у виняткових випадках, тільки при реконструкції та розширенні великих свинарських комплексів (54 тис. свиней/рік і більше) за неможливість застосування інших способів та технічних засобів для видалення гною, а також з урахуванням утилізації всіх його компонентів.

Для видалення гною з каналів або підлоги використовують воду, яка під тиском подається із сопла в торці поздовжнього каналу або зі шлангу. Недолік такої системи – розведення гною водою у 5–10 разів більше від вихідної кількості [12].

Самопливна система (періодичної чи безперервної дії). У даній системі безперервної дії екскременти тварин знаходяться на поверхні і безперервно стікають у поперечний канал (рис. 1.5) [12].

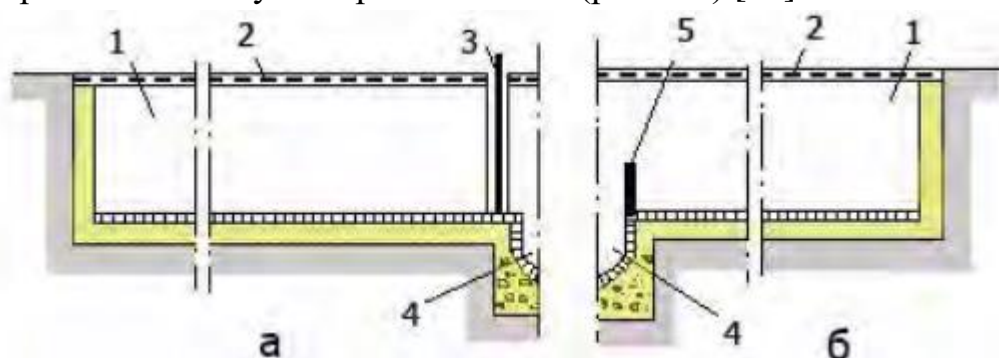


Рисунок 1.5. Схеми відстійно-лоткової періодичної дії (а) та самопливної безперервної дії (б) систем прибирання і видалення гною

Дана система передбачає щоденне очищення стійл від гною, що потрапляє у гнійний канал не систематизовано, а в міру надходження до

нього нових порцій. Система проста у використанні, але пред'являє особливі вимоги до технології утримання та годівлі свиней, а також улаштування та експлуатації її конструктивних елементів.

Для самопливної системи безперервної дії вміст води в гною грає вирішальну роль, так як вода є сполучною ланкою між твердими частинками, колоїдами та стінками каналу. Плинність гною можна значно покращити додаванням до каналу невеликої кількості води.

У процесі експлуатації самопливних систем безперервної дії необхідно знати, що текучість гною зменшується в наступних випадках:

- попадання залишків кормів у канал;
- годування тварин кукурудзяним силосом;
- випаровування вологи.

Щоб збільшити плинність гною та зменшити глибину каналу рекомендують розмістити в гирлі каналу поріжок або підвищувати рівень дна каналу у напрямі стоку гною. Як показали дослідження, дія поріжка залежить від коефіцієнта текучості гною [13]. Поріжок відіграє позитивну роль при запуску каналу в експлуатацію. Перед пуском самопливний канал необхідно наповнити водою на 10-20 см. Вода змочує сухі стінки каналу та компенсує рідину, що випаровується, в початковий період. Гній починає текти за певної товщини шару. Через деякий час у каналі утворюється нахил поверхні шару гною, який коливається близько середньої величини. Гній повинен постійно стікати, в іншому випадку його реологічні властивості погіршуються. Зменшення плинності гною може призвести до збільшення шару гною та виходу його за межі щілинної підлоги [14].

Надійна робота самопливної системи безперервної дії забезпечується при годівлі свиней комбікормами дрібного помелу та безпідстилочному утриманні їх у групових станках, де основним місцем дефекації тварин є щілинна підлога, розташована над гнойовим каналом [12], а також при годівлі свиней сухими комбікормами або рідкими кормами заводського виробництва з додаванням до раціону невеликої кількості трав'яного борошна [10]. При додаванні до кормової суміші зеленої маси, комбінованого силосу зменшується плинність гною, і самопливне переміщення його каналом погіршується.

У системі періодичної дії екскременти накопичуються в поздовжньому каналі доти, доки закритий шибер (рис. 1.5.а). Така система передбачає їхнє накопичення протягом 7–15 днів [11], або коли рівень гною досягає решітки чи щілинної підлоги [14]. При відкритті шибера екскременти витікають у поперечний канал. Рідкий гній із поперечних каналів самопливом надходить у гноезбірники, потім насосами перекачується в гноєсховища [14]. Дно

поздовжнього каналу виконують із нахилом 0,01 м у бік поперечного каналу. Поперечні канали зазвичай виконують на 0,2–0,3 м нижче поздовжнього з нахилом 0,005–0,01 м [14]. Канали можуть прокладатися без нахилів. При проектуванні самопливної системи гноєвидалення періодичної дії секційного типу із закільцьованими каналами довжина поздовжніх каналів повинна бути не більше 40 м [9]. При цьому довжина секцій приймається 6–10 м від початку каналу з боку шибера, що встановлюється перед поперечним каналом. Для закільцювання поздовжніх каналів їх глухі кінці в нижній частині попарно з'єднуються каналом заввишки не менше 300 мм і шириною, що дорівнює шириною поздовжніх каналів [8].

При достатньому нахилі гній може стікати від гноєзбірника в сховище трубопроводом з внутрішнім діаметром не менше 400 мм самопливом [11]. В'язкість гною з підвищенням швидкості його руху каналом сильно зменшується. Чим вища швидкість руху, тим нижча в'язкість. У поперечному каналі через вищу швидкість течії в'язкість нижче, ніж у поздовжньому каналі, завдяки чому в поперечних каналах майже немає перешкод у самотоку.

Застосування такої системи, на відміну системи безперервної дії, можливе при годівлі тварин будь-якими кормами та не пред'являє жорстких вимог до обмеження втрат води з автонапувалок. Система періодичної дії може бути рекомендована для застосування на свинокомплексах до 24 тис. гол/рік [12] при годівлі свиней комбікормами власного виробництва та включенні до раціону місцевих кормів (зелених та соковитих) і при відгодівлі великої рогатої худоби бардою та жомом, коли екскременти мають високу вологість (89%–92%) [14]. Самопливна система гноєвидалення періодичної дії може застосовуватися на всіх тваринницьких підприємствах при безпідстилковому утриманні тварин.

Комбінована система із рециркуляцією. За даною системою використовується рідка фракція, що відстоюна раніше видаленого і попередньо знезараженого гною [14]. При такій системі необхідні насоси для подачі рідкої фракції, що ускладнює її експлуатаційну надійність щодо систем безперервної та періодичної дії.

Щоб скоротити витрати на видалення гною, іноді застосовують здвоєні канали з відповідним збільшенням ширини щілинної підлоги. Однак це не суттєво впливає на величину трудових витрат, але значно збільшує капітальні витрати на пристрій системи гноєвидалення та погіршує умови її експлуатації [12].

Спосіб видалення гною з тваринницького приміщення самопливним каналам набув останніми роками поширення [15]. Цьому сприяло переважно

два чинники. По-перше, технічно даний спосіб дуже простий; по-друге, до гною свиней та великої рогатої худоби, як правило, не потрібно додавати воду. Крім того, самопливні канали можна влаштовувати при найрізноманітніших типах утримання тварин та формах стійл.

Транспортування безпідстилкового гною під решіткою або щілинною підлогою до гноезбірника відбувається автоматично і без технічних витрат. Надійність функціонування каналів дуже залежить від текучості гною. Глибина каналу також визначається текучістю гною. Шар гною в каналі повинен мати достатню висоту, щоб створювалася напруга, що перевищує граничну напругу зсуву, і забезпечувався постійний перебіг гною. При цьому глибина каналу має бути розрахована так, щоб навіть за екстремальних умов гній не піднімався до решітки або щілинної підлоги.

Самопливний канал повинен мати певну глибину, навіть якщо його довжина не перевищує кількох метрів. Канали самопливної системи періодичної дії виконують довжиною від 50 до 100 м, шириною 0,8-1,2 і глибиною 0,7-1,4 м з нахилом дна 0,005-0,02 м [15]. Мінімальна глибина самопливного каналу становить 0,6 м [14].

Обладнають канали гідрозатворами шиберного, хвостового, лоткового або шарнірно-важільного типів [16].

З наведених даних видно, що канали за довжиною відрізняються в 1,8-3 рази, за шириною в 1,7-3,7 і глибиною в 2-3 рази, звідки видно, що оптимальних параметрів каналів знайдено.

Внутрішня поверхня каналів повинна бути гладкою, з гарною гідроізоляцією та закладенням стиків, що не допускають фільтрації рідкої частини екскрементів через них та стінки.

У деяких фермерських господарствах мають місце випадки порушення роботи гідравлічних систем збирання гною, основними причинами яких є відсутність чи ненадійна гідроізоляція стін та дна каналів, попадання в них грубих кормів та сторонніх предметів, порушення правил експлуатації [14]. У той же час використання механічних засобів для збирання гною на великих свинофермах та комплексах помітно ускладнюється. Пояснюється це недостатньою експлуатаційною надійністю, малою довговічністю та великою металоємністю транспортерів, високими питомими експлуатаційними витратами, наявністю електроприводів та рухомих механізмів у свинарських приміщеннях. При передовій технології утримання поголів'я свиней без підстилки на щілинних підлогах при годівлі одно- та багатокомпонентними кормами рідкий гній ефективно видаляти гідравлічними методами.

Гідравлічні системи видалення гною на свинарських фермах та комплексах загалом працюють задовільно.

Повністю виключити витрати ручної праці на очищення станків від гною та створити необхідні санітарні умови для утримання тварин можна лише при застосуванні у свинарниках для різних статевих груп тварин суцільних решітчастих (щілинних) або перфорованих підлог [10].

Основними причинами обмеження використання самопливних систем збирання є такі:

- системи періодичної дії чутливі до витoku рідини через погану герметизацію гідрозатворів, шиберів, потрапляння сторонніх домішок, що знижують надійність їх роботи [5];

- у каналах систем збирання безперервної дії утворюється осад, вони переповнюються, з'являється суцільна кірка, збільшується трудомісткість і витрата води видалення осаду.

1.3. Гомогенізація рідкого гною

Існують два види гомогенізації гною:

- одноразове перемішування перед внесенням;
- систематичне перемішування до гомогенного стану через певні часові інтервали.

Багаторазове перемішування зі значенням швидкості перемішування більше 4 см/с покращує реологічні властивості гною та зменшує в'язкість. Це важливо для подальшого гідромеханічного транспортування, оскільки коефіцієнт корисної дії насосів та втрати напору в трубопроводах залежать від плинності гною. Підвищений вміст сухої речовини в осадовому шарі ускладнює гідромеханічне транспортування [14].

Гомогенізуючі пристрої необхідні також для рівномірного перемішування дезінфікуючих засобів, що вносяться в гній, при спалахах епізоотії.

1.3.1. Гідравлічні пристрої

Для гідравлічного перемішування рідкого гною використовують фекальні насоси високого тиску (рис. 1.6), трубопроводи та гідравлічні насадки. Перемішується перекачувальна маса струменем рідкої фракції.

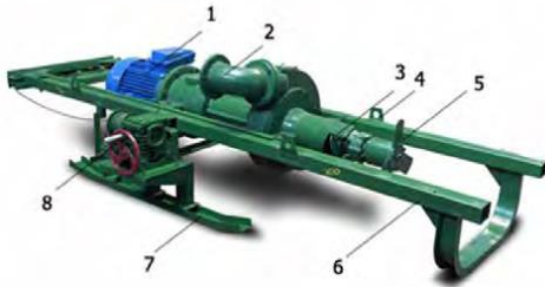


Рисунок 1.6. Загальний вигляд насоса для рідкого гною: 1 – електричний двигун; 2 – коліно для приєднання відповідного рукава; 3 – шнек; 4 – отвір для транспортування; 5 – лопатева мішалка; 6 – поворотна рама; 7 – лапа; 8 – лебідка

Якість перемішування визначають за витраченим на нього часу візуально, за кольором та консистенцією піднімається знизу гною та остаточно – по вологості. Прийнято вважати якість перемішування задовільною, якщо її значення вологості за шарами не відрізняються більш ніж на 1% -2%.

Швидкість переміщення залежить від діаметра або місткості сховища і напором насосу. До гідравлічних гомогенізуючих пристроїв відносять:

- гідравлічний струменевий апарат;
- занурювальний насос для циркуляції рідини;
- тангенційні чи радіальні насадки;
- насадки реактивної мішалки.

Перемішування гною з вмістом сухої речовини 6% за допомогою насадок неефективно. У рідкому гною потік створюється легше, ніж у напіврідкому.

Ефект гомогенізації залежить від швидкості течії, що досягається та зумовлених нею протитоків. Останні утворюються швидше і з меншими витратами енергії у сховищах місткістю менше 1000 м³ у порівнянні з великими сховищами. Затверділі плаваючий і осадовий шари не можуть бути зруйновані без додаткової механічної дії, тому необхідно підтримувати гомогенний стан гною шляхом частого короткочасного перемішування. Гідравлічні пристрої практично неможливо застосовувати для гомогенізації в каналах гідравлічних систем [14].

1.3.2. Пневматичні пристрої

Пневматична гомогенізація може здійснюватися через прокладений у гноесховище трубопровід стиснутого повітря або за допомогою пневматичного насоса із розподільниками. В обох випадках необхідні

потужні компресори, і обидва варіанти застосовні лише у прямокутних чи круглих сховищах місткістю не більше 200 м³ рідкого або напіврідкого гною.

Експлуатація таких систем складна, оскільки трубопроводи, покладені по дну гноєсховища, замулюються осадом при перервах у роботі та очищення їх досить трудомістке. Слід зазначити високі експлуатаційні витрати під час використання компресорних мішалок [14].

Основними недоліками при застосуванні гідравлічних і пневматичних мішалок – це необхідно будувати дорогі насосні або компресорні станції та виникають антисанітарні, недопустимі умови для обслуговуючого персоналу. За цими причинами перевагу мають механічні пристрої для гомогенізації, які можуть не тільки перемішувати розшарований рідкий гній, а й подрібнювати великі домішки [14].

1.3.3. Механічні пристрої

До механічних пристроїв для гомогенізації відносяться мішалки різної конструкції: хрестоподібні, лопатеві, веслоподібні, рамні і змішувачі з корпусом, що обертається.

Як робочі органи механічних мішалок служать різні крильчатки, диски, пропелери, гвинти, лопаті і хрестовини.

Хрестоподібні змішувачі застосовуються тільки у прямокутних сховищах рідкого гною, одержуваного при гідрозмиві, місткістю трохи більше 100 м³ [14].

Горизонтальні веслоподібні змішувачі використовуються у прямокутних сховищах місткістю до 500 м³ забезпечують кращу гомогенізацію порівняно з лопатевою мішалкою, так як весло має дію, що черпає.

Повна гомогенізація при цьому не досягається, оскільки осадовий шар не перемішується. Такі змішувачі застосовуються тільки в сховищах напіврідкого гною великої рогатої худоби.

Рамні змішувачі або мішалки-волокуші, при короткочасному багаторазовому включенні і відповідній швидкості перемішування забезпечують хорошу гомогенізацію рідкого гною, застосовуються як у круглих, так і прямокутних сховищах. Режим гомогенізації переважно ламінарний [13]. Такі змішувачі використовують для гомогенізації рідкого та напіврідкого гною великої рогатої худоби та свиней при вмісті в ньому сухої речовини від 3 до 12%.

Шнекові змішувачі з активним органом застосовуються в круглих і прямокутних сховищах місткістю більше 1000 м³, якщо гній містить менше ніж 2 % сухої речовини [14].

Щоб покращити спорожнення гнійних резервуарів, використовуються змішувачі для щілинної підлоги. Такі мішалки оснащені гвинтом, який опускають крізь щілину в підлозі під бетонну решітку, без її демонтажу.

Механічні змішувачі, що створюють аксіальний рух рідини, по конструкції дуже схожі, вони бувають гвинтові та лопатеві.

Гвинтові змішувачі перетворюють обертання валу двигуна та створюють гідравлічний тиск. Лопата гвинтової мішалки представляє собою гідродинамічний профіль, який працює під певним кутом нахилу до потоку рідини, відкидаючи його і таким чином утворюючи натиск.

Гвинтова мішалка складається з центральної маточини і кількох лопатей, має діаметр, що легко вимірюється. Число лопатей незначно впливає на ККД гвинтової мішалки.

1.4. Висновки по розділу 1

Порівняльний аналіз роботи гідравлічних систем показав, що для видалення свинячого гною найбільш перспективними є самопливні системи безперервної і періодичної дії.

При цьому найбільший інтерес представляє самопливна система періодичної дії, яка:

- не потребує особливих вимог до технології утримання свиней та експлуатації конструктивних елементів.
- не висуває жорстких вимог до обмеження витрат води з автонапувалок;
- може використовуватися при годуванні свиней комбікормами та включення до раціону зелених і соковитих кормів.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РІДКОГО ГНОЮ

2.1. Аналіз руху гною по гідравлічному каналу

Відповідно до закону Шведова–Бингама сили, які необхідні для переміщення, прямопропорційні швидкості течії і вологості гною.

Гній починає свій рух каналом тільки після досягнення певних напруг, створюваних власною масою, які називаються граничною напругою зсуву.

Гній у каналі займає певне положення, обмежене знизу дном та стінками каналу, зверху – профілем вільної поверхні гною, що має нахил у бік шиберної заслінки. Розміри одержуваного шару визначаються довжиною та шириною каналу. У практиці капітального будівництва тваринницьких приміщень поширення набули канали різних типорозмірів.

Таким чином, рух і рівновага шару гною в каналі забезпечується гравітаційними силами та обумовлено потенційною енергією. Потенційна енергія гною в каналі врівноважується силами тертя, що перешкоджають його руху, залежать від геометричних розмірів шару в каналі, і граничною напругою зсуву [12].

Вчений В. В. Гордєєв вивів рівняння висоти шару гною, що знаходиться у рівноважному стані:

$$s_p = \sqrt{\frac{Lhr_0}{k_T h \rho_T g - 2L_1 r_0}}, \quad (2.1)$$

де L – довжина каналу, м;

h – ширина каналу, м;

r_0 – гранична напруга здвигу, Н/м²; $r_0 = 0,02$ кг/м·с;

k_T – коефіцієнт гідростатичного тиску ($k_T = 0,333$);

ρ_T – густина гною, кг/м³;

L_1 – відносна довжина каналу, м.

В отриманому рівнянні добуток $k_T h \rho_T g$ визначає питому гідростатичну силу руху, $2L_1 r_0$ – силу опору зсуву гною у вертикальних площинах, Lhr_0 – силу опору руху гною в горизонтальній площині. Рівняння описує статичний стан гною в каналі до початку руху (гідравлічна система безперервної дії) або після закінчення (гідравлічна система періодичної дії). Для визначення початку руху гною каналом розрахована товщина збільшення шару гною Δs , яка склала 0,02-0,05 м. Висота шару гною в каналі визначається за формулою [8]:

$$s = s_p + \Delta s. \quad (2.2)$$

Ширину каналу h можна визначити за формулою:

$$h \geq L_T - (L_{\Pi} + L_K), \quad (2.3)$$

де L_T – довжина тварини, м;

L_{Π} – ширина цілої полоси між годівницею і каналом видалення гною, м;

L_K – ширина тієї частини годівниці, яку займає голова тварини під час поїдання корму, м.

При самопливному способі збирання гною періодичної дії висота гідрозатвору визначається глибиною каналу, тобто:

$$s \leq s_3 \leq s_K, \quad (2.4)$$

де s – висота шару гною, м;

s_3 – висота гідрозатвору, м;

s_K – висота каналу, м.

За показник ефективності роботи самопливної системи приймають коефіцієнт надійності функціонування каналів k_n , що представляє собою відношення об'єму гною $V_{ГЗ}$, що залишився у каналі після спорожнення, до об'єму гною $V_{ГП}$, що знаходиться у каналі перед пуском.

Якщо прийняти, що $V_{ГЗ} = s_p L h$ і $V_{ГП} = s L h$, тоді $k_n = 1 - V_{ГЗ} / V_{ГП}$.

При вирішенні низки технічних завдань, пов'язаних із використанням рідкого гною, необхідно знати закономірності його руху [12].

До рідкого гною з достатнім ступенем наближення може бути використана теорія Бінгама. Відповідно до цієї теорії пластичні тіла можуть характеризуватись двома константами – граничною напругою зсуву r_0 та коефіцієнтом динамічної в'язкості η .

2.2. Визначення критичної швидкості потоку

У рідкому гною, що розшарувався, тверді частинки знаходяться на дні та на поверхні або тільки на дні. Як за одним, так і за іншим характером розшарування в каналі під час гомогенізації рідка фаза гною повинна текти з такою швидкістю u щоб частинки переміщалися не тільки в горизонтальному напрямку, але були б підняті з дна каналу. Для визначення необхідної швидкості потоку при гомогенізації розглянемо, які сили діють на частинку, коли вона знаходиться на дні каналу, і має для визначеності, форму кулі діаметром d_0 та масу m .

При ламінарному потоці сили, що діють на частинку, показані на рис. 2.1.

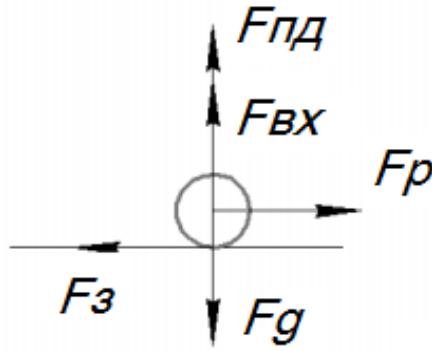


Рисунок 2.1. Схема руху на частинки сил: F_g – сила тяжіння; $F_{вх}$ – виштовхуючи сила; $F_{пд}$ – піднімальна сила, $F_з$ – сила зчеплення, F_p – рухома сила потоку.

Для того, щоб частинка була піднята, необхідно виконати нерівність:

$$F_{пх} \geq g(m - V_{ч}\rho_p), \quad (2.5)$$

де $F_{пх}$ – виштовхуючи сила, Н;

$V_{ч} = \frac{\pi d_0^3}{6}$ – об'єм частинки, м³;

ρ_p – густина рідини, кг/м³. $\rho_p = 1000$ кг/м³.

Для перенесення частинки в горизонтальному напрямку необхідне виконання нерівності:

$$F_p \geq F_c + k_t(g(m - V_{ч}\rho_p) - F_{пх}), \quad (2.6)$$

де k_t – коефіцієнт тертя між частинкою і дном каналу. $k_t = 0.3$

Внаслідок умов (2.5) та (2.6) при деяких припущеннях, використовуючи формули Бернуллі та Ньютона, отримуємо формулу для швидкості потоку, при якому частинка буде піднята:

$$v_{п} \geq 2 \sqrt{\frac{gd_0}{3} \left(\frac{\rho_{ч}}{\rho_p} - 1 \right)}, \quad (2.7)$$

де $\rho_{ч}$ – густина частинки, кг/м³; $\rho_{ч} = 1120$ кг/м³.

d_0 – діаметр частинки, м. Приймаємо $d_0 = 0,0005$ м [12].

Швидкість потоку, при якому частинка буде перенесена в горизонтальному напрямку:

$$v_{г} \geq 2 \sqrt{\frac{2gd_0k_t(\rho_{ч}-\rho_p)-r_0}{3\rho_p(\varphi+2k_t)}}, \quad (2.8)$$

де φ – коефіцієнт опору, м/с.

Для знайдення φ можна використовувати відношення Рітінгера:

$$\varphi = \frac{\omega_c}{\sqrt{gd_0 \left(\frac{\rho_{ч}}{\rho_p} - 1 \right)}}, \quad (2.9)$$

де ω_c – середня величина частинки, м³; $\omega_c = 16$ мм/с при величині частинки менше 1 мм.

З формул (2.7) та (2.8) отримуємо, що швидкість потоку, при якому частинка буде піднята та переміщатися в горизонтальному напрямку.

При турбулентному потоці частка переміщатиметься, якщо виконано співвідношення:

$$F_p \geq F_c + g(m - V_c \rho_r), \quad (2.9)$$

Аналогічно попередньому знаходимо критичну швидкість потоку, при якому частинка буде переміщатися:

$$v_k \geq 2 \sqrt{\frac{2gd_0 k_t (\rho_c - \rho_p) - r_0}{3\rho_p \varphi}}, \quad (2.10)$$

Таким чином, для умов переміщення частинки по каналу швидкість потоку повинна бути більшою або рівною критичній швидкості, при якій частинка буде переміщуватись, тобто $v_{\Pi} \geq v_k$.

Коефіцієнт опору:

$$\varphi = \frac{0,016}{\sqrt{9,81 \cdot 0,0005 \cdot \left(\frac{1120}{1000} - 1\right)}} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$v_k \geq 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,00015 \cdot 0,3(1120 - 1000) - 0,02}{3 \cdot 1000 \cdot 0,8}} = 0,033 \text{ м/с.}$$

Таким чином, значення критичної швидкості потоку, при якій частка гною переміщатиметься каналом, дорівнює 0,033 м/с.

Нехай лопатева мішалка має радіус R , висоту H і здійснює n обертів за секунду. Один оберт вона здійснює за час $T=1/n$. За даний час частинка, що знаходиться на відстані r проходить шлях, рівний $2\pi r$ зі швидкістю $2\pi n r$. Відповідно, з точністю до нескінченно малого порядку вище першого, суміш об'ємом $\pi((r + \Delta r)^2 - r^2)H \approx 2\pi H r \Delta r$ набуває швидкість, що дорівнює $2\pi n r H$.

Інтегруючи по радіусу, отримуємо:

$$\int_0^R 2\pi n r \cdot 2\pi H r dr = 4\pi^2 H n \int_0^R r^2 dr = \frac{4\pi^2 H n R^3}{3}, \quad (2.11)$$

Відповідно, для продуктивності Q має рівність:

$$QV = \frac{4\pi^2 H n R^3}{3}, \quad (2.12)$$

Звідки

$$Q = \frac{4\pi^2 H n R^3}{3V}. \quad (2.13)$$

2.3. Визначення швидкості та часу осадження частки у рідкому гомогенізованому гною

Розглянемо процес осадження твердої частки гною після гомогенізації в каналі гідравлічної системи періодичної дії під впливом сили тяжіння, що є рушійною силою процесу.

Приймаємо, що частинки мають сферичну форму діаметром d , густиною ρ , об'ємом V_T і вагою m . Швидкість частинки по напрямку співпадає зі силою тяжіння g . При русі частинки на нею діють виштовхуюча сила Архімеда \vec{F}_A і сила опору середовища \vec{F}_O (рис. 2.2).

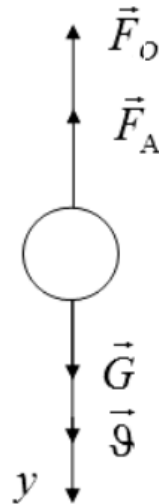


Рисунок 2.2. Схема діючих на частинку сил

Наведемо в декартовій системі координат рівняння руху твердої частки рідини під впливом сили тяжіння:

$$m \frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = \sum \vec{F}_i = \vec{G} + \vec{F}_O + \vec{F}_A, \quad (2.14)$$

Спроектувавши на вісь y , отримаємо:

$$m \frac{d\vartheta_y}{dt} = G - F_O + F_A, \quad (2.15)$$

Розглянемо сили, що входять до рівняння руху (2.15).

Сила тяжіння:

$$G = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ч}} g, \quad (2.16)$$

де m – вага частинки, кг;

d – діаметр частинки, м.

Сила Архімеда

$$F_A = \rho_{\text{ч}} V_T g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_A g, \quad (2.17)$$

де V_T – об'єм частинки, м^3 .

Сила гідродинамічного опору середовища (сила Стока), віднесена до поперечного перетину:

$$F_o = \theta \frac{\pi d^3}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_o, \quad (2.18)$$

де θ – коефіцієнт гідравлічного опору середовища.

При умові сталості швидкості осадження рівняння (2.15) буде:

$$G - F_o - F_A = 0.$$

Підставивши вираз для діючі сил, отримуємо:

$$\theta \frac{\pi d^3}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_o = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ч}} g - \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{А}} g. \quad (2.19)$$

Звідси отримуємо швидкість осадження

$$\vartheta \geq \sqrt{\frac{4d(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{А}})g}{3\varphi\rho_{\text{А}}}}, \quad (2.20)$$

Коефіцієнт опору φ залежить від числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{\vartheta d \rho_o}{\mu}, \quad (2.21)$$

В даному випадку коефіцієнт опору

$$\varphi = \frac{18,5}{R_e^{0,3}}. \quad (2.22)$$

Тривалість осадження частинки

$$t = \frac{s}{\vartheta}, \quad (2.23)$$

де s – висота шару рідкого гною.

Отриманий вираз (2.20) для визначення швидкості вільного осадження ϑ відноситься до режиму, при якому частинки, що осаджуються, практично не впливають на рух один одного. Процес осадження частинок у рідкому гною проходить в умовах, коли частинки, що осідають, впливають на рух один одного, тобто концентрація твердих частинок така, що відбувається стиснене осадження, швидкість якого менша, ніж вільного, внаслідок тертя та зіткнень між частинками [15].

Розглянемо процес відстоювання неоднорідної системи, при якій спостерігається поступове збільшення концентрації частинок на дні у напрямку зверху донизу (рис. 2.3).

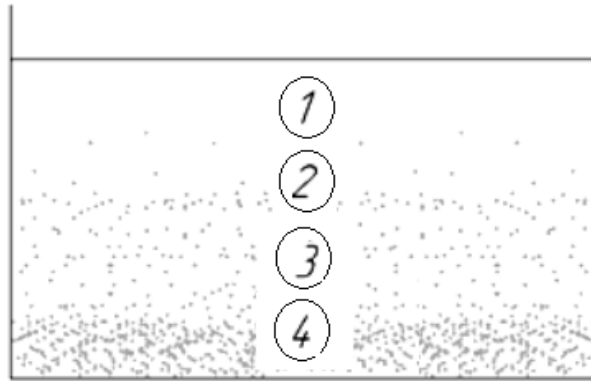


Рисунок 2.3. Схема процесу відстоювання: 1 – освітлена рідина; 2 – вільне осадження; 3 – згущена суспензія; 4 – осад

При цьому утворюються чотири зони: зона 4 – шар осаду; зона 3 – згущена суспензія; зона 2 – вільного осадження; зона 1 – освітлена рідина.

У зоні згущеної суспензії відбувається обмежене осадження частинок, що супроводжується тертям та взаємними зіткненнями.

При цьому дрібніші частинки гальмують рух більших, а частинки великих розмірів захоплюють у себе дрібні частинки, прискорюючи їхній рух. В результаті спостерігається тенденція до зближення швидкостей осадження часток різних розмірів [9].

Зменшення швидкості частинок у міру наближення до дна пояснюється це тим, що гальмується дія рідини, що витісняється частинками, які осаджуються і рухаються у зворотному напрямку.

При цьому висота окремих зон змінюється в часі до моменту повного розшарування неоднорідної системи на осад та освітлену рідину. Це є наслідком зміни швидкості відстоювання v у часі t (рис. 2.4) [8].

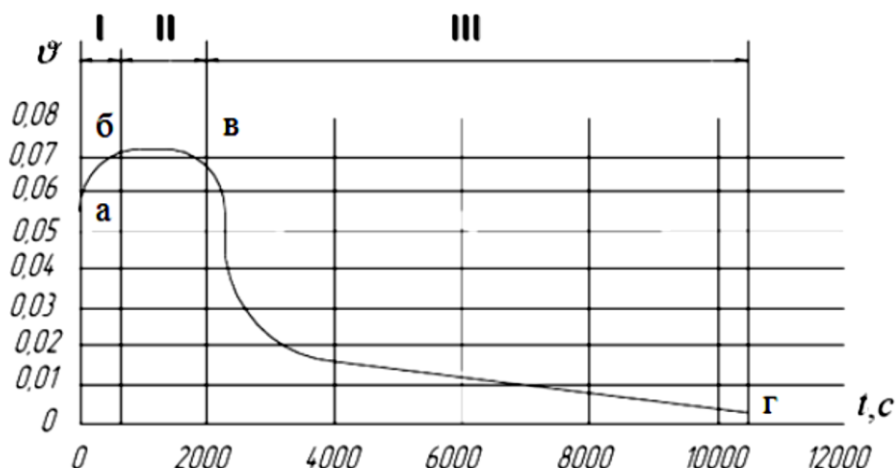


Рисунок. 2.4. Графік залежності швидкості відстоювання від часу

На початку відстоювання осідають переважно більш великі частинки, що викликають найбільш інтенсивний зворотній рух рідини. Однак у міру зменшення концентрації цих частинок вплив зворотного струму рідини, що

гальмує, слабшає, і швидкість відстоювання зростає (рис. 2.4, відрізок а-б) до моменту встановлення динамічної рівноваги між діючою силою та силою опору рідини. У наступний період часу спільне осадження частинок відбувається із постійною швидкістю (рис. 2.4, відрізок б-в). На завершальній стадії процесу відбувається ущільнення осаду, тобто частинки розташовуються близько один до одного, і витіснення рідини стає ускладненим. При цьому процес відстоювання протікає з швидкістю, що зменшується (рис. 2.4, відрізок в-г).

Швидкість обмеженого осадження менше швидкості вільного осадження. Це пояснюється тим, що при стиснутому осадженні частинки мають більший опір рідини та додатковий опір, обумовлений тертям із сусідніми частинками.

При осадженні частинок в обмежених умовах, коли їхня концентрація велика, виявляються такі ефекти: зіткнення частинок, що призводять до гасіння швидкості і як би до збільшення опору; захоплення менших за розміром тихохідних частинок більшими, швидкохідними. Тому в природних умовах розрахункову швидкість осадження множать на поправочний коефіцієнт ε , що залежить від концентрації C_e .

$$\varepsilon = \frac{(1-C_e)^2}{1+2,5 \cdot C_e+7,32 \cdot C_e^2}, \quad (2.24)$$

Необхідно враховувати, що якщо форма осаджувальних частинок відрізняється від сферичної, опір їхнього руху зростає, а швидкість зменшується. У цьому випадку використовується поправочний коефіцієнт ψ .

Коефіцієнт називається коефіцієнтом форми і визначається за формулою:

$$\psi = \frac{F_k}{F}, \quad (2.25)$$

де F_k – поверхня кулі, що має такий же об'єм, що і розглядаєме тіло, маюче поверхню F .

У спрощеному вигляді для деяких форм частинок коефіцієнт ψ можна визначити за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1

Поправочні коефіцієнти до швидкості осадження

Форма частинки	Коефіцієнт ψ
Округла	0,77
Кутова	0,67
Довга	0,58
Пластинчаста	0,43

Таким чином, підставивши вираз (2.20) поправочний коефіцієнт ε і коефіцієнт ψ отримуємо швидкість обмеженого осадження частинок у рідкому гною:

$$v_0 = \varepsilon\psi \sqrt{\frac{4d(\rho_c - \rho_p)g}{3\varphi\rho_p}}, \quad (2.26)$$

Розрахуємо швидкість та час осадження твердих частинок різного діаметра в гомогенізованому рідкому гною. Щільність твердої частки гною приймаємо рівною 1120 кг/м^3 , динамічна в'язкість гомогенізованого рідкого гною при значенні вологості 92% складе $0,2 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$, висота шару гною канал 1 м. Результати розрахунку зводимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Швидкість та час осадження частинок різного діаметру в гомогенізованому свинячому гною (значення вологості 92%)

$d, \text{ мм}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
$v, \text{ м/с}$	0,00012	0,00032	0,00053	0,00072	0,00086	0,001	0,0013	0,0014
$t, \text{ с}$	3224	1924	1406	1138	1000	834	770	716

З даних табл. 2.2 видно, що із збільшенням діаметра твердої частинки збільшується швидкість і зменшується час її осадження, і чим менше частинка, тим більший час вона перебуває у зрівноваженому стані.

При перемішуванні рідкого гною в каналі частинки дисперсної фази мають складний рух: разом з потоком, створюваним лопатями робочого органу, вони рухаються вздовж каналу швидкістю V . При припиненні дії змішувача та відкритті шиберної заслінки частинки деякий час продовжують рухатися зі швидкістю V і одночасно опускаються зі швидкістю обмеженого осадження v_0 . Необхідно враховувати, щоб при даній швидкості осадження v_0 та швидкості руху потоку V , після припинення дії гомогенізатора та відкриття шиберної заслінки, час осадження частинок t дорівнювало часу руху рідкого гною по каналу довжиною L :

$$t = \frac{s}{v_0} = \frac{L}{V}, \quad (2.27)$$

Порівнюючи формули: (2.26) і (2.27), знаходимо довжину каналу

$$L = \frac{V \cdot s}{v_0}, \quad (2.28)$$

Отримані залежності можна використовувати для розрахунку процесу видалення гною із каналів гідравлічних систем тваринницьких приміщень з використанням гомогенізатора.

За виконання технологічного процесу гомогенізації рідкого розшарованого гною, на переміщення лопатевої мішалки в масі гною витрачається певна потужність, величина якої залежить від геометричних параметрів змішувача.

Основні геометричні розміри лопатевих змішувачів – діаметр та ширина лопаті.

Так як мінімальна глибина гною 0,6 м, приймаємо максимальний діаметр лопатевого змішувача 0,5 м, щоб не пошкодити внутрішні стінки каналу і робочий орган мішалки.

Ширину лопаті змішувача приймають виходячи з виразу [5]:

$$l = 0.25D, \quad (2.29)$$

Тоді мінімальна ширина лопаті змішувача: $l = 0.25 \cdot 0,5 = 0,125$ м.

Оскільки рідкий гній, що розшарувався, являє собою багатофазну систему (щільний осад та рідка фракція), то для збільшення поверхні міжфазного контакту, зменшення кавітації та досягнення необхідного потоку, що розвивається мішалкою, використовуємо лопатеву мішалку з лопатями, що розширюються, у формі сектора. Тоді довжина зовнішньої кромки лопаті $Lk = 0,2$ м, довжина внутрішньої кромки лопаті $l = 0,125$ м.

2.4. Висновки по розділу 2.

На підставі рівнянь Нав'є-Стокса та нерозривності потоку побудовано математичну модель розподілу швидкостей осаду та рідкої фракції у замкнутому каналі гідравлічної системи.

На підставі аналізу побудованої математичної моделі встановлено, що швидкості перебігу осаду та рідкої фракції під впливом напору, створюваного гомогенізатором, залежать головним чином від їх фізико-механічних та реологічних властивостей й розподілу шарів по висоті.

В результаті аналізу отриманої залежності встановлено значення середніх швидкостей осаду та рідкої фракції при гомогенізації, відповідно, 0,012 та 0,18 м/с, при цьому значення динамічної в'язкості осаду – 0,2 Н·с/м², рідкої фракції – 0,01 Н·с/м²; продуктивність гомогенізатора приймалася 430 м³/год, ширина прямокутного каналу – 1,2 м, висота шару осаду – 0,2 м, висота шару рідкої фракції – 0,8 м.

Аналітично отримані рівняння для визначення швидкості та часу осадження частинок різного діаметра в рідкому гомогенізованому гною.

На підставі аналізу отриманих рівнянь встановлено, що зі збільшенням середнього діаметра частки з 0,1 до 5,0 мм; швидкість її осадження збільшується з 0,0012 до 0,0267 м/с, час осадження зменшується з 716 до 38 с. В результаті розрахунку витрачається потужність на гомогенізацію становить 22,9 кВт, при цьому значення питомого опору руху лопаті змішувача в рідкому гною - 2,0 Н/м², частота обертання змішувача - 1000 хв⁻¹, кількість лопатей змішувача – 4, кут встановлення лопат – 35°.

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ГОМОГЕНІЗАТОРА

3.1. Опис будови та принцип роботи гомогенізатора

Гомогенізація гною в каналах гідравлічних систем його видалення з тваринницьких приміщень є важливою технологічною операцією, що забезпечує повноту збирання гною з таких каналів та впливає на мікроклімат у тваринницькому приміщенні.

Метою досліджень процесу гомогенізації рідкого безпідстилкового гною є вивчення впливу режимних та геометричних параметрів гомогенізатора на процес гомогенізації рідкого гною, визначення оптимальних параметрів робочих органів гомогенізатора та режимів його роботи.

Ефективність технологічного процесу характеризується двома показниками – якістю перемішування та енергоємністю процесу. Однак координати екстремумів цих функцій зазвичай не збігаються. Тому як цільова функція доцільно прийняти якість перемішування гною, при якому кількість сухої речовини в осадовому шарі відповідає значенню вологості 92%, при якому забезпечується гідротранспортабельність рідкого гною з найменшими витратами енергії.

На підставі аналізу конструкції машини встановлено, що такі фактори, як частота обертання змішувач ω (мін^{-1}), кут установлення лопатей змішувача α (град) до площини перпендикулярної осі валу гомогенізатора, кількість лопатей z (шт.), кут установки валу a до дна каналу (град), зовнішній діаметр D змішувач (м), висота s гною в каналі (м), є найбільш значущими і недостатньо вивченими.

Дослідження виконувались на спеціально виготовленою установкою (рис. 3.1, 3.2).

Установка складається з резервуару 1 (розмір $2 \times 0,7 \times 0,3$ м), в якому є перегородки 6, стійка 5, на якій встановлений електродвигун 4 з валом 3, на кінці якого закріплена лопатева мішалка 2. Підставка має поворотну верхню частину за допомогою якої можна змінювати кут нахилу валу в резервуарі.

Виготовлено насадки, що відрізняються кількістю лопатей, різним кутом їх атаки та діаметром.

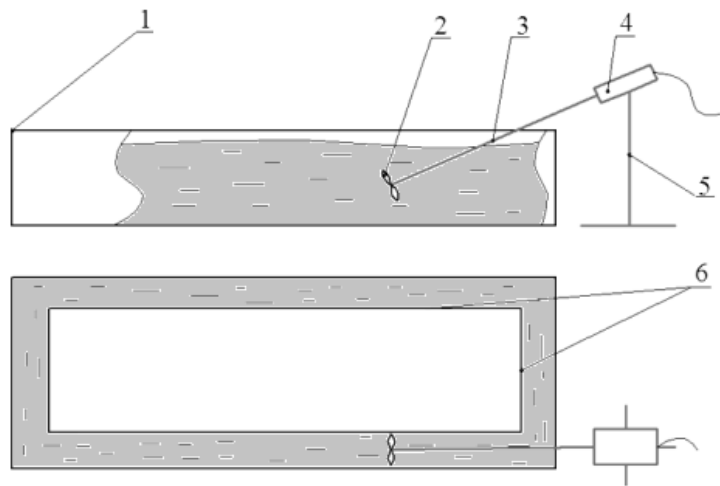


Рисунок 3.1. Схема установки: 1 – резервуар; 2 – лопатева мішалка; 3 – вал; 4 – електродвигун; 5 – стійка; 6 – перегородка



Рисунок 3.2. Загальний вигляд установки

Для вимірювання частоти обертання валу використовувався електронний безконтактний тахометр DeLaval VPR100 (рис. 3.3.).



Рисунок 3.3. Безконтактний тахометр DeLaval VPR100.

Для проведення досліджень був підготовлений аналог рідкого гною зі значенням вихідної вологості 92%, до складу якого входили: вода, торфокрошка та 5% від усієї маси – силікатний клей. Готовий аналог рідкого гною завантажувався в установку та витримувався 48 год. За цей час відбувалося його розшарування на два шари: нижній осадовий шар (осад) та верхній шар (рідка фракція). Вимірювання показали, що значення вологості склали: нижній шар осаду – 78%, верхній шар – 99%. Далі в суміш занурювався гомогенізатор, і відбувалося перемішування.

При аналізі якості перемішування враховувалось, що кількість сухої речовини в осаді $m_{\text{ср}}$ повинна відповідати осадку рідкого гною, а саме: кількість сухої речовини в осаді має відповідати значенню вологості 92%, тобто вологості вихідного гною, завантаженого в установку. Досвідченим шляхом встановлено, що при значенні вологості гною 92 % маса сухої речовини в пробі становила трохи більше 2,4 г.

Таким чином, описана установка дозволяє проводити дослідження процесу перемішування рідкого гною у прямокутному замкнутому каналі та визначати оптимальні технологічні та конструкційні параметри робочого органу та режими роботи.

Відомі численні методи визначення твердих тіл та рідин. Їх прийнято розділяти на прямі та непрямі. Прямі методи мають на увазі безпосередній поділ матеріалу на суху речовину та вологу, непрямі – вимірювання величини, функціонально пов'язаної з вологістю матеріалу. Непрямі методи вимагають попереднього калібрування з метою встановлення залежності між вологістю матеріалу та вимірюваною фізичною величиною.

Найбільш поширеним прямим методом є метод висушування, що полягає в повітряно-тепловому сушінні зразка матеріалу до досягнення рівноваги з навколишнім середовищем; ця рівновага умовно вважається

рівнозначною повного видалення вологи. На практиці застосовується висушування до постійної маси. У наукових дослідженнях та на машиновипробувальних станціях частіше застосовують так звані прискорені методи сушіння, коли сушіння ведеться за підвищеної температури.

Сутність даного методу полягає: після закінчення процесу гомогенізації з готової суміші відбирають проби, які піддають прискореному сушінню в сушильній шафі, далі зважують проби на електронних вагах.

Даний метод визначення вологості забезпечує необхідну точність результатів, доступний для використання як у лабораторних умовах, так і безпосередньо в господарствах, і тому був прийнятий при визначенні вологості та кількості сухої речовини.

При контрольному відборі проб слід дотримуватися умов рівності проб, взятих у різних точках установки. Для розв'язання цього завдання запропоновано наступний спосіб відбору проб.

Об'єм ємності установки розбили на сорок рівних частин вертикальною площиною. Таким чином, для взяття проб одержали 40 рівних об'ємів.

У процесі визначення масової частки твердих частинок застосовувалися скляні чаші діаметром 80 мм та висотою бортика 100 мм. Визначали масу чистої сухої чаші m_0 з точністю до 1 мг. У чашу відбиралася середня проба матеріалу, маса проби $(40 \pm 0,1)$; зважувалась проба для випробувань у чаші (m_1) з точністю до 1мг. Потім чаша поміщалася в сушильну шафу, нагріту до значень температури 105 °С, і витримувалася в шафі протягом 240хв. Після закінчення часу нагрівання чаша охолоджувалася до кімнатної температури. Потім зважувалася чаша із залишком (m_2) з точністю до 1 мг. Масова частка нелетких речовин M розраховувалася за такою формулою:

$$M = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} 100\%. \quad (3.1)$$

Для прискореного сушіння використовувався сушильний шафа тип 2В-151. Зважування здійснювалося на електронних вагах ВЛК-500 з точністю до 1 мг.

3.2. Аналіз перемішаної гнойової маси по довжині каналу

Аналіз гомогенності перемішаної гною по довжині каналу виконаний на підставі результатів визначення сухої маси в пробах, взятих у 4 точках від змішувача (рис. 3.4).

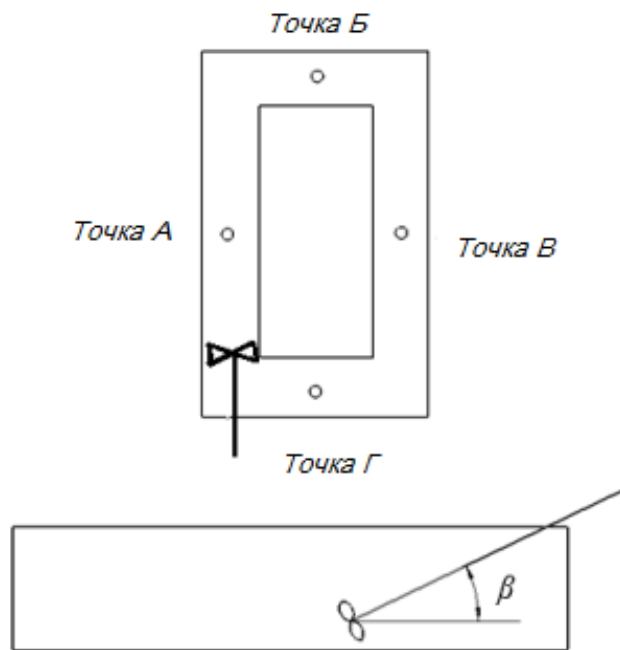


Рисунок 3.3. Місця відбору проб

У кожній точці брали по 3 проби при всіх режимах перемішування (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Маса сухої речовини в осаді після перемішування

Маса сухої речовини в осаді, г											
Точка А			Точка Б			Точка В			Точка Г		
3,6	3,4	3,7	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	3,5	3,7
2,4	2,5	2,2	2,2	2,4	2,3	2,4	2,3	2,5	2,3	2,5	2,3
3,6	3,7	3,4	3,5	3,8	3,6	3,7	3,7	3,8	3,6	3,8	3,5
3,7	3,8	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9
3,6	3,7	3,4	3,4	3,6	3,5	3,4	3,8	3,5	3,5	3,7	3,3
2,5	2,4	2,6	2,4	2,5	2,5	2,4	2,6	2,5	2,4	2,4	2,6
2,6	2,7	2,9	2,8	2,9	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,8	2,7
2,6	2,5	2,7	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,7	2,8	2,5	2,7
2,3	2,5	2,4	2,4	2,8	2,3	2,4	2,6	2,5	2,5	2,5	2,3
3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,7	3,7	3,5	3,8	3,6	3,5	3,7

Для оцінки впливу режимів перемішування та точки відбору проби виконано двофакторний аналіз проведених вимірів ($10 \cdot 4 \cdot 3 = 120$).

На цьому етапі всі режими розглядаємо як один фактор, що варіюється на 10 рівнях, точку відбору проб – як другий фактор, що варіюється на 4 рівнях. Мета дисперсійного аналізу – встановити, чи існує статистично значуща відмінність між режимами, між точками відбору та взаємовпливом режим-точка відбору.

Результати аналізу (табл. 3.2) показують, що лише режим перемішування є статистично значущим чинником. Точки відбору та взаємовплив точки відбору з режимом не надають суттєвого впливу на масу сухої речовини. Перемішана маса гомогенна по всій довжині каналу перемішування.

Таблиця 3.2

Результати дисперсійного аналізу впливу режиму перемішування та точки відбору проб на масу сухої речовини

Ефект	Сума кв. від. SS	Степені свободи	Середній кв. від. MS	Критерій Фішера F	Рівень значимості α
Точка	0,014	3	0,005	0,4	0,83
Режим	77,804	19	4,089	277,5	0,00
Точка \times Режим	0,289	56	0,006	0,4	0,99
Помилка	2,364	159	0,016		

Таким чином, результати замірів сухої речовини при різних режимах обробки по всіх 4 точках взяття проб можна розглядати як повторення дослідів.

Рівні варіювання факторів наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Кодування факторів, що варіюються

Показники	Фактори, що варіюються			
	n , частота обертів змішувача, хв^{-1}	α , кут встановлення лопатей змішувача, град	z , число лопатей змішувача, шт.	β , кут встановлення валу змішувача до дна каналу, град
Кодове значення факторів	X_1	X_2	X_3	X_4
Основні рівні $X_i=0$	1000	20	4	35
Інтервали варіювання	500	10	1	10
Нижній рівень $X_i=-1$	500	10	3	15
Верхній рівень $X_i=+1$	1500	30	5	45

Для приближення отриманої залежності використовуємо рівняння регресії у вигляді поліному 2-го порядку.

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i X_i + \sum_{\substack{i=1 \\ k=i+1}}^4 b_{ik} X_i X_k + \sum_{i=1}^4 b_{ii} X_i^2.$$

Статистичні значимі коефіцієнти регресії, розраховані по алгоритму за критерієм Стюдента коефіцієнтів і наведені в табл. 3.4.

Коефіцієнти регресії	b0	b1	b2	b3	b4	b12	b13
	2,899	-0,378	-0,424	-0,034	0,068	0,216	-0,024
Довірливі інтервали	±0,046	±0,015	±0,016	±0,018	±0,017	±0,017	±0,020
Коефіцієнти регресії	b23	b14	b34	b11	b22	b33	b44
	-0,064	-0,042	0,024	0,224	0,173	-0,0156	-0,158
Довірливі інтервали	±0,019	±0,020	±0,020	±0,028	±0,036	±0,032	±0,032

Розрахункові значення параметрів оптимізації по рівнянню регресії 2-го порядку зі статистичними значимими коефіцієнтами (табл. 3.4).

Аналіз адекватності рівняння за критерієм Фішера показує, що рівняння регресії неповного 3-го порядку:

$$Y = 2.899 - 0.378X_1 - 0.424X_2 - 0.034X_3 + 0.068X_4 + 0.216X_1X_2 - 0.024X_1X_3 - 0.064X_2X_3 - 0.042X_1X_4 + 0.024X_3X_4 + 0.224X_1^2 + 0.0173X_2^2 - 0.0156X_3^2 - 0.158X_4^2$$

адекватно описує результати експерименту:

$$S^2_{ад} = 0,0173; F_e = 1.469; F_{7, 220, 0,95} = 2,051$$

Як показує із значень коефіцієнтів регресії, найбільший вплив на процес гомогенізації мають фактори X_1 та X_2 – швидкість обертання валу змішувача та кут встановлення лопатей змішувача. Сукупність цих факторів найбільшою мірою визначає інтенсивність створюваного потоку маси.

Вплив інших факторів проявляється в основному через ефекти їх взаємодії з основними факторами.

Для пошуку режиму перемішування, що забезпечує мінімальне значення залишку сухої речовини (максимальну гомогенність суспензії), дане завдання оптимізації вирішене за допомогою програми Mathcad з обмеженнями на фактори у відповідність з її інтервалами варіювання.

$$Y(X_1, X_2, X_3, X_4) \rightarrow \min$$

$$-1 \leq X_1 \leq +1$$

$$-1 \leq X_2 \leq +1$$

$$-1 \leq X_3 \leq +1$$

$$-1 \leq X_4 \leq +1$$

В результаті знайдені 4 граничні мінімуми (таблиці 3.4) .

Таблиця 3.4.

Режими перемішування, що забезпечують найкращу гомогенізацію

Нормовані фактори				Натуральні фактори			Відгук	
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	n, об/хв	α°	z	β°	Y, г
0,580	1	1	-1	1350	35°	3	15	2,10
0,552	1	-1	-1	1280		4	20	2,14
0,564	1	-1	1	1300		4	20	2,16
0,600	1	1	1	1340		5	45	2,18

Для проведення аналізу побудовані поверхні відгуку, що наведені на рис. 3.4.

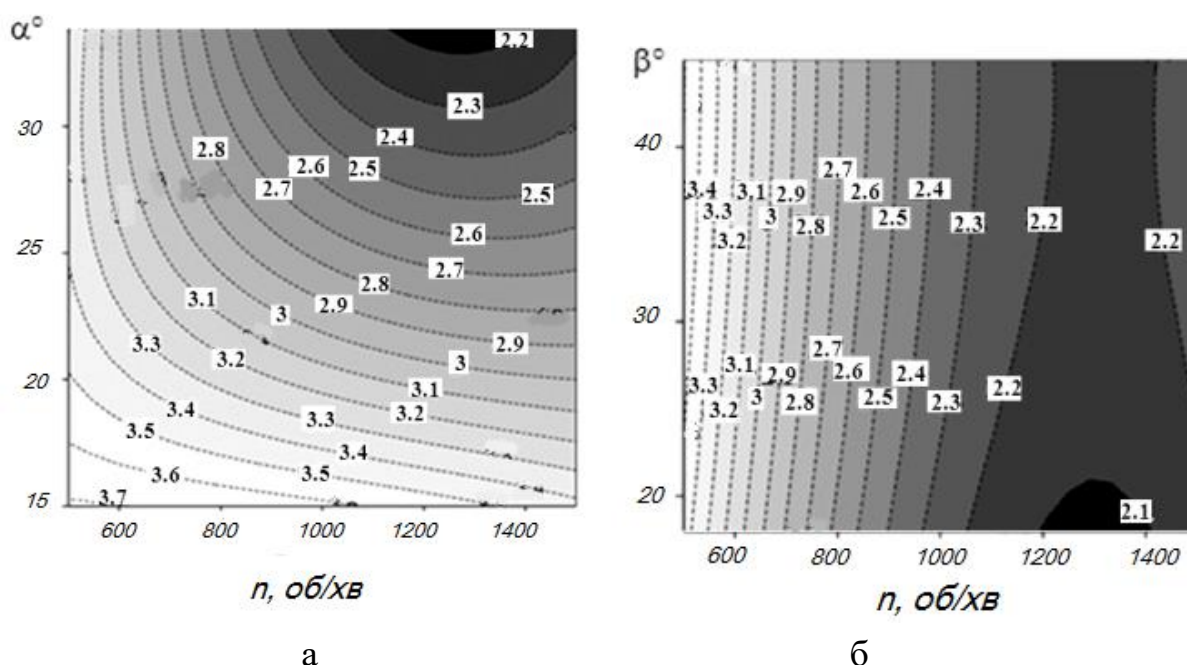


Рисунок 3.4. Перетин поверхні відгуку (лінії рівнів розрахункових значень маси сухого залишку) в координатних площинах:

а – швидкість обертання валу – кут встановлення лопатей змішувача; б – швидкість обертання валу – кут встановлення валу змішувача до дна каналу

Внаслідок аналізу графіків (рис.3.4) було встановлено, що оптимальним за критерієм гомогенності є режим перемішування при швидкості обертання валу гомогенізатора 1100 об/хв при становленні 4 лопаток на кут 35 °, кут нахилу валу 15 °.

Отримані залежності (див. рис. 3.4) дозволяють визначити діапазон параметрів гомогенізатора, що забезпечують якісне перемішування та транспортування рідкого гною: частота обертання змішувача гомогенізатора 1000-1300 хв⁻¹, кут встановлення лопатей 35 °, кут нахилу валу 15 ° -45 °.

У зв'язку з тим, що ВВП тракторів має частоту обертання 1000 хв^{-1} , для реалізації оптимального режиму перемішування потрібно додатково встановити проміжний редуктор. Якщо це економічно не виправдано, то для пошуку оптимального режиму вирішення задачі знайдено за таких умов:

Значення мінімальної швидкості перебігу рідини в процесі перемішування, при якій осад на дні каналу ставав гідротранспортабельним, становить $0,14 \text{ м/с}$. Таким чином, отримане значення швидкості руху рідини є мінімальним для забезпечення процесу ефективного перемішування у прямокутному каналі рідкого розшарованого гною зі значенням вологості 92% .

Знаючи швидкість руху рідини і довжину каналу установки, можемо визначити час, необхідний перемішування гною в каналі (рис. 3.5).

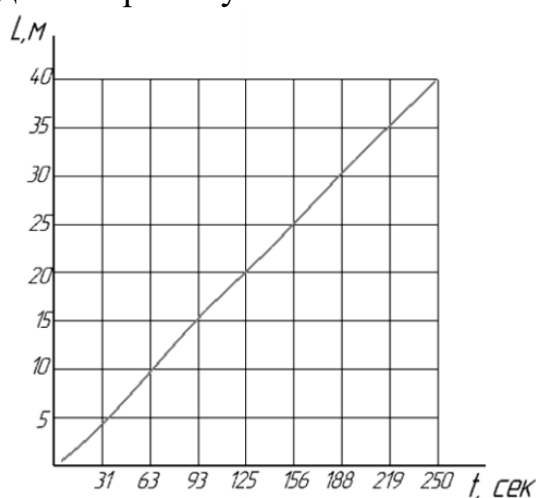


Рисунок 3.5. Графік залежності часу перемішування гною від довжини каналу

Як видно з даних графіка, зі збільшенням довжини каналу збільшується час на перемішування маси гною. Знаючи об'єм рідини в каналі установки (650 л) та час, за який цей об'єм пройде через переріз каналу, визначали об'ємну продуктивність гомогенізатора, яка становить $120\text{-}130 \text{ л/с}$, або $420\text{-}460 \text{ м}^3/\text{год}$.

3.3. Визначення потужності на процес гомогенізації рідкого гною

Найважливішим показником роботи будь-якої машини є енергоємність процесу. Для визначення даного показника було проведено дослід на установці (рис. 3.1) для визначення потужності споживаної гомогенізатором з певними оптимальними параметрами при перемішуванні гною у відкритому замкнутому каналі.

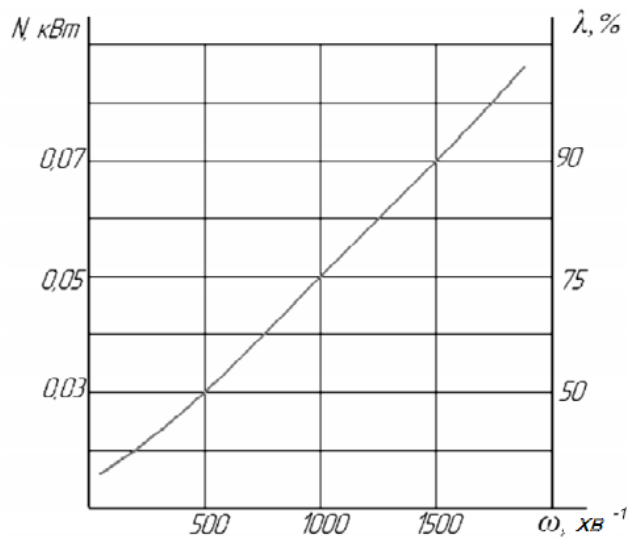


Рисунок 3.6. Графік залежності споживаної потужності та ступеня змішування від частоти обертання змішувача

За результатами отриманих даних побудовано графік залежності споживаної потужності та ступеня змішування від частоти обертання змішувача при значенні вологості гною 92% (рис. 3.6).

З даних графіка (рис. 3.6) видно, що за відповідного ступеня змішування, що дорівнює 75 %, мінімальні витрати енергії на перемішування гною (при значенні вологості 92 %) становитимуть 0,05 кВт·год, при частоті обертання змішувача 1000 хв^{-1} . При подальшому збільшенні числа оборотів змішувача збільшується ступінь змішування та зростають витрати енергії.

3.4. Висновки по розділу 3

За результатами проведення теоретичних досліджень було отримано залежності, що дозволяють визначити оптимальні технологічні та конструкційні параметри гомогенізатора, що забезпечує перемішування гною в каналі гідравлічної системи прибирання гною: частота обертання змішувача гомогенізатора – 1100–1300 хв^{-1} , кут встановлення лопатей – 35°, число лопатей – 4, кут нахилу валу гомогенізатора на дно каналу – 15°–35°.

За результатами проведення досліджень встановлено, що за певних оптимальних параметрів гомогенізатора значення мінімальної швидкості руху гною замкнутому каналу, при якому відбувається перемішування становить 0,14 м/с.

ВИСНОВКИ

Порівняльний аналіз роботи гідравлічних систем показав, що для видалення гною найбільш перспективними є самопливні системи безперервної і періодичної дії.

При цьому найбільший інтерес представляє самопливна система періодичної дії, яка:

- не потребує особливих вимог до технології утримання свиней та експлуатації конструктивних елементів.

- не висуває жорстких вимог до обмеження витрат води з автонапувалок;

- може використовуватися при годуванні свиней комбікормами та включення до раціону зелених і соковитих кормів.

На підставі аналізу отриманих рівнянь встановлено, що зі збільшенням середнього діаметра частки з 0,1 до 5,0 мм; швидкість її осадження збільшується з 0,0012 до 0,0267 м/с, час осадження зменшується з 716 до 38с.

За результатами проведення теоретичних досліджень було отримано залежності, що дозволяють визначити оптимальні технологічні та конструкційні параметри гомогенізатора, що забезпечує перемішування гною в каналі гідравлічної системи прибирання гною: частота обертання змішувача гомогенізатора – 1100–1300 хв⁻¹, кут встановлення лопатей – 35°, число лопатей – 4, кут нахилу валу гомогенізатора на дно каналу – 15°–35°.

За результатами проведення досліджень встановлено, що за певних оптимальних параметрів гомогенізатора значення мінімальної швидкості руху гною замкнутому каналу, при якому відбувається перемішування становить 0,14 м/с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водяницький Г.П. Методичні вказівки з курсового та дипломного проектування «Проектування і розрахунок технологічних процесів тваринницьких підприємств промислового типу». Житомир.:ДАУ, 2005. 194 с.
2. Машина для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, - 207 с.
3. Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи на тему: «Розробка технологічної схеми та проектування потоково-технологічної лінії видалення та утилізації гною» з дисципліни: «Проектування і розрахунок технологічних процесів у тваринництві» для спеціальності 208 «Агроінженерія», факультету інженерії та енергетики / Сукманюк О.М., Дерев'яно Д.А.// Житомир: ЖНАЕУ, 2019. 17 с.
4. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М (авт. Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та ін.) Харків ХНТУСГ, 2009. 429 с.
5. Ревенко І.І. та ін. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. К.: Урожай, 1999.
6. Ревенко І.І. та ін. Машиновикористання у тваринництві. К.: Урожай, 1999.
7. Павленко С.І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження / С. І. Павленко, О.О. Ляшенко, Д.М. Лисенко, В.І. Харитонов // Збірник наукових праць ВНАУ. – 2012 – № 2.
8. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.П. Скорика, О.І. Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.
9. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с
10. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.
11. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А.Ясенецького. К.: Урожай, 1991. 320 с.

12. Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта , В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. К.: Урожай, 1994. 264 с.

13. Хомик Н.І. Машина та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 2 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. – 224с.

14. Машина та обладнання для тваринництва: підручник [Текст] /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка, В.М. Полупанов та ін.; за ред. І.Г. Бойка. – Том 1. – Харків: Видавництво ЧП «Черв'як», 2006. – 225с.

15. Машина та обладнання для тваринництва: підручник [Текст] /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; за ред. І.Г. Бойка. – Том 2. – Харків: Видавництво ЧП «Черв'як», 2006. – 279с.

16. Запахи від тваринництва: причини та способи їх усунення. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/828-zapahi-vid-tvarinnitstva-prichini-ta-sposobiusunennya>

17. Шкатов О.С. Про можливість застосування електрогідроімпульсного способу очищення відходів тваринницького виробництва / О. С. Шкатов, Т.Б. Гур'єва, С.В. Любвицький Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2000. – Вип. 1 (8). – С.31-34.