

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**Пояснювальна записка**  
до дипломної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»  
на тему:  
**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів  
сепаратора рідкого гною**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-3-20  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Панасенко Владислав Анатолійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Алієв Ельчин Бахтияр огли

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Яропуд Віталій Миколайович

Дніпро, 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Панасенко Владислав Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів сепаратора рідкого гною

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старш. дослід.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_.

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючого техніко-технологічного забезпечення прибирання і переробки рідкого гною. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Сучасний стан механізації прибирання гною на тваринницьких фермах. 2. Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи безнапірного дугового сепаратора. 3. Програма і методика експериментальних досліджень безнапірного дугового сепаратора. 4. Результати експериментальних досліджень безнапірного дугового сепаратора. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічна оцінка використання дугового сепаратора в технологічних лініях переробки гною. Висновки. Список використаних джерел. Додатки





Панасенко В. А. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів сепаратора рідкого гною. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи безнапірного дугового сепаратора. В третьому розділі наведено програму і методику експериментальних досліджень безнапірного дугового сепаратора. В четвертому розділі представлені результати експериментальних досліджень безнапірного дугового сепаратора. В п'ятому розділі проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

**Ключові слова:** рідкий гній, прибирання, переробка, сепаратор, параметри, ефективність, дослідження

## ЗМІСТ

Вступ .....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ .....	9
1.1 Аналіз основних технологій очищення, знезаражування і утилізації гною .....	9
1.2 Аналіз способів та засобів розділення рідкого гною на фракції .....	10
1.3 Висновки з розділу .....	20
1.4 Мета та задачі досліджень .....	20
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ БЕЗНАПІРНОГО ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА .....	22
2.1 Аналіз робочого процесу безнапінного дугового сепаратора .....	22
2.2 Обґрунтування основних параметрів чистика .....	31
2.3 Визначення масової продуктивності дугового сепаратора з відтискним пристроєм .....	35
2.5 Висновки з розділу .....	36
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БЕЗНАПІРНОГО ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА .....	37
3.1 Характеристика умов проведення досліджень .....	37
3.2 Програма експериментальних досліджень .....	37
3.3 Методика визначення параметрів фільтруючої перегородки безнапінного дугового сепаратора .....	38
3.4 Методика експериментальної перевірки параметрів безнапінного дугового сепаратора з різною конструкцією відтискного пристрою .....	40
3.5 Методика визначення продуктивності безнапінного дугового сепаратора і якісних показників його роботи .....	42
3.4 Висновки з розділу .....	44
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БЕЗНАПІРНОГО ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА .....	45
4.1 Визначення параметрів фільтрувальної перегородки безнапінного	

дугового сепаратора .....	45
4.2 Визначення продуктивності безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою і якісних показників його роботи .....	47
4.3 Взаємозв'язок основних параметрів експериментального дугового сепаратора з відтискними валиками із показниками його роботи .....	51
4.4 Висновки з розділу .....	59
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...</b>	<b>61</b>
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які впливають на працівників та довкілля .....	61
5.2 Склад повітря в виробничих приміщеннях та в плив на працівників та довкілля .....	65
5.3 Хвороби тварин та вплив на працівників .....	68
5.4 Дії у разі настання надзвичайної ситуації .....	71
5.5 Висновки з розділу .....	72
<b>6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ .....</b>	<b>73</b>
6.1 Розрахунок економічного ефекту .....	73
6.2 Висновки з розділу .....	77
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>78</b>
Список використаних джерел .....	80
Додатки .....	85

## ВСТУП

При створенні великих тваринницьких ферм та комплексів промислового типу виникла низка проблем, що потребують якнайшвидшого вирішення. Однією з таких проблем є переробка та використання рідкого гною, що отримується у величезних обсягах. Гною стоки можуть бути джерелами забруднення поверхневих і ґрунтових вод, оскільки містять яйця гельмінтів і цілий ряд збудників різних хвороб. Гнойові стоки містять цінні органічні речовини, проте використання їх у непереробленому вигляді дуже обмежене через цілу низку негативних явищ.

Відомо кілька типів систем утилізації рідкого гною, проте найбільш економічними для великих ферм і комплексів, що дозволяють вирішити проблему захисту водних джерел від забруднення і отримали найбільше поширення є системи з поділом гною на фракції, їх подальшою обробкою та використанням. Тільки за умови поділу на фракції безпідстилкового гною можна використовувати для зрошувальних поливів і зрошення по зрошувальних системах його рідку фракцію, яка забезпечує надійну роботу дощувальних установок.

Оскільки основним елементом системи, що передбачає поділ гною на фракції, є розділова установка, то її ефективної роботи залежить і ефективність всієї системи. До цього часу серйозним стримуючим фактором подальшої інтенсифікації тваринницьких комплексів шляхом концентрації поголів'я тварин є відсутність надійного та високопродуктивного технічного засобу для фракціонування рідкого гною.

Недостатньо високий рівень механізації переробки та використання гнійних стоків, незважаючи на високу вартість споруд (до 40 % кошторисної вартості будівництва комплексу), не дозволяє раціонально використовувати стоки як органічне добриво.

Відсутність надійних розділових пристроїв для рідкого гною та недостатність теоретичних розробок, присвячених вивченню процесу його поділу, визначило напрямок даної роботи.



# 1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ

## 1.1 Аналіз основних технологій очищення, знезаражування і утилізації гною

Вибір технології прибирання і утилізації гною залежить в першу чергу від його вологості, а це в свою чергу залежить від способу утримання тварин, кількості і виду підстилки. Різниця між технологіями простежується за представленою схемою (рис. 1.1). Де позначені всі основні послідовні операції [17, 18, 38, 39].



Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу очищення, зберігання та утилізації гною на тваринницьких фермах

Можна виділити наступні технології видалення та обробки гною:

1) технологія збору, видалення, зберігання і внесення твердого підстилкового гною в ґрунт:

2) технологія збору і видалення напіврідкого безпідстилкового гною з приготуванням, зберіганням і внесенням в ґрунт твердого компосту, отриманого з використанням торфу, подрібненої соломи, тирси, інших компостних матеріалів і мінеральних добрив;

3) технологія збору і видалення рідкого безпідстилкового гною з зберіганням і внесенням його в ґрунт в рідкому вигляді;

4) технологія збору і видалення безпідстилкового гною з розділенням на тверду і рідку фракції, з наступним зберіганням і використанням кожної фракції окремо.

Аналіз технологій збору і утилізації гною показав, що найменш енергоємною і малозатратною є четверта, яка не вимагає підстилкового матеріалу і затрат праці на видалення гною від місць відпочинку тварин. Однак питання поділу рідкого гною на тверді та рідкі фракції з метою скорочення трудових витрат на їх утилізацію не було повністю вирішене [18].

## **1.2 Аналіз способів та засобів розділення рідкого гною на фракції**

При отриманні рідкого гною його зберігання і обробка значно ускладнюється, а це в свою чергу пов'язано з значними капітальними і експлуатаційними витратами [16, 18]. З метою їх зниження рідкий гній розділяють на тверду та рідку фракції. При цьому зменшуються затрати на зберігання, так як тверду фракцію складають на ділянках з твердим покриттям і через два-три місяці використовують в якості органічного добрива. Для зберігання рідкої фракції можна використовувати найпростіші земляні сховища з екраном, виконаним із плівкових покриттів та інших матеріалів. Необхідності обладнувати сховища змішувальними пристроями немає.

Розділення рідкого гною і отриманих при цьому проміжних продуктів

здійснюють (рис. 1.2) шляхом осадження, фільтрування, флоатації і термічної сушки [16, 18, 39].

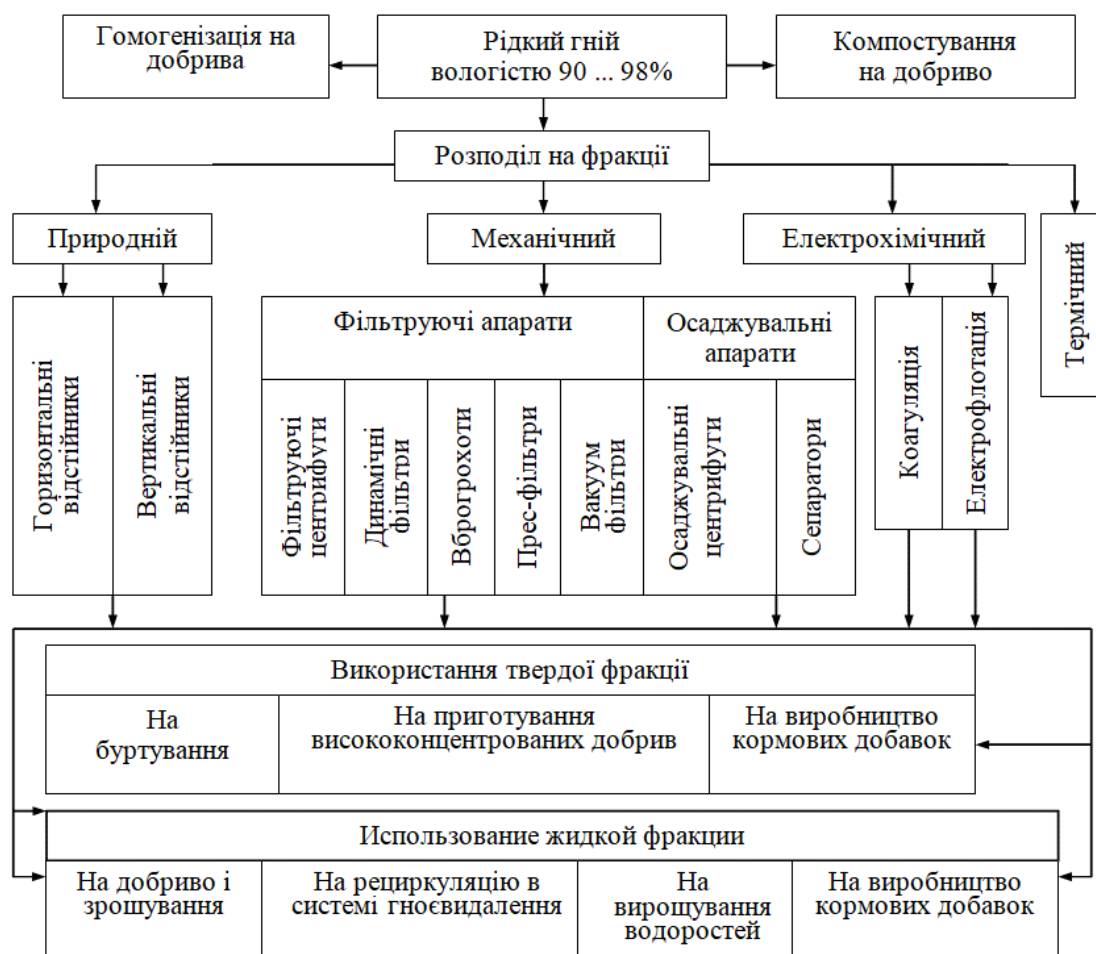
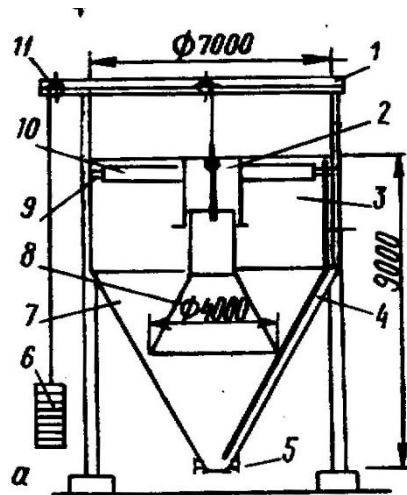


Рисунок 1.2 – Класифікація способів переробки рідкого гною

Розділення шляхом осадження зважених твердих частин під впливом силового поля і відокремлення їх у вигляді осаду від рідини широко застосовують на практиці. Процеси осадження здійснюють в областях механічних сил: гравітаційних та інерційних. При цьому умовою, що забезпечує поділ в полях механічних сил, є різниця між щільністю твердих часток і рідкою фазою. При цьому силове поле діє на частинки обох фаз однакового розміру з різною інтенсивністю, тому можна переміщати одну фазу відносно іншої. У процесі осаду тверді частинки рухаються відносно рідкої фази.

Осадження, яке відбувається під дією гравітації і називається відстоюванням, здійснюють в різних типах відстійників: вертикальних,

горизонтальних і радіальних (рис. 1.3). Для осадження під дією інерційних сил, зокрема центробіжних, застосовують гідроциклони і осадові центрифуги [16].



1 – майданчик з огорожею; 2 – центральна направляюча труба;  
3 – відстійна частина; 4 – труба скидання спливаючих речовин; 5 – патрубок виведення осаду; 6 – противага; 7 – мулова частина; 8 – розтруб; 9 – зливний лоток; 10 – пінозбиральний лоток; 11 – зливний лоток

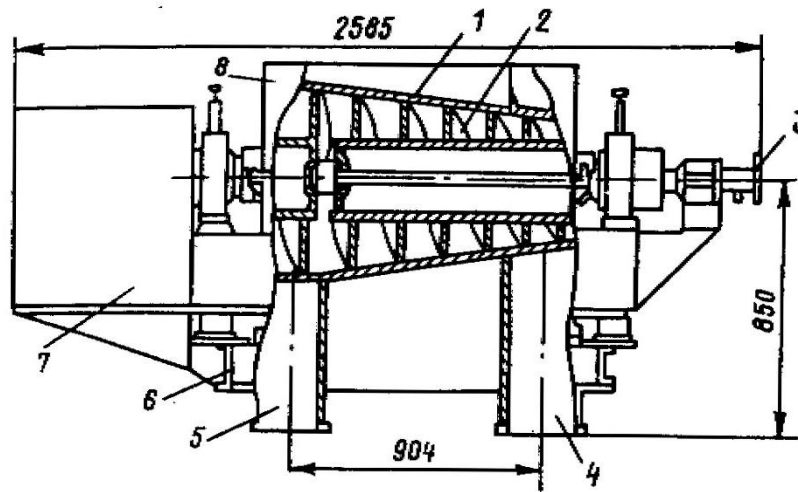
Рисунок 1.3 – Схема вертикального металевого відстійника об'ємом 200 м<sup>3</sup>

В існуючих лініях обробки рідкого гною відстійники застосовують для виділення грубо і тонкодисперсних зважених речовин перед подачею його на подальшу обробку. Широко використовують відстійники і для видалення тонкодисперсних суспензій з фільтрату, отриманого при машинному розділенні гною за допомогою вібросит, віброгрохотів, дугових сит, фільтруючих центрифуг і т.д.

Переваги відстійників перед іншими пристроями для видалення зважених речовин заключаються в простоті пристрою і експлуатації, високій ефективності процесу, не потребує енергетичних затрат для ведення процесу. Однак вони мають ряд недоліків: громіздкість, велику капіталомісткість, малу продуктивність внаслідок низької інтенсивності процесу, не забезпечують отримання осаду необхідної вологості [16].

З метою інтенсифікації процесу осадження суспензій використовують

тонкошарові відстійники, гідроциклони і осаджувальні центрифуги (рис. 1.4)



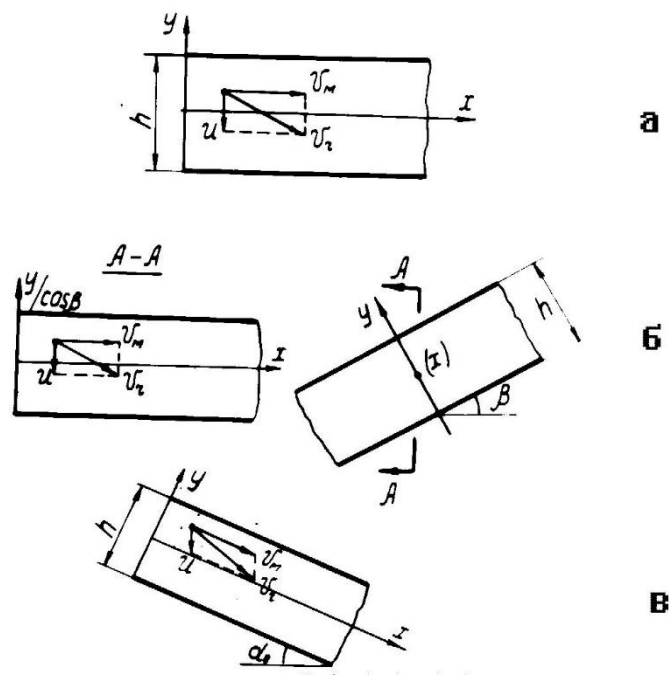
1 – ротор; 2 – шнек; 3 – живильна труба; 4 – лоток виведення осаду;  
5 – лоток виведення фугату; 6 – рама; 7 – електропривод; 8 – кожух

Рисунок 1.4 – Схема горизонтальної осадкової центрифуги ОГШ-502К-4 із шнековим вивантаженням осаду

Досвід експлуатації осаджувальних центрифуг показав наступні їх переваги [16]: компактність, високу ступінь зневоднення осадів, обробка продукту виконується в замкнутому просторі, що осаджувальні центрифуги малопродуктивні і енергоємні, не забезпечують отримання освітленої рідини необхідної якості (табл. 1.1), складні в конструкції і експлуатації. Зазначені недоліки стримують широке застосування осаджувальних центрифуг в технологічних лініях обробки рідкого гною.

У практиці закордонних фірм для поділу рідкого гною на тваринницьких фермах знаходять застосування гідроциклони [16]. Вони відрізняються компактністю конструкції і досить високою пропускною спроможністю. Однак, як показали дослідження П.А. Фурсина, якість поділу рідкого гною в гідроциклонах невисока (вологість твердої фракції складає 75-81%, рідкої - до 96%) і одержувані в процесі обробки продукти не кондиційні. В зв'язку з цим в лініях розділу рідкого гною гідроциклони можуть знайти застосування в якості пристроїв для попереднього його поділу.

В умовах гострого дефіциту енергетичних ресурсів інтенсифікація процесу відстоювання шляхом застосування енергонасичених технічних засобів не завжди виправдана. Аналіз показує, що інтенсифікувати процес без залучення додаткових джерел енергії, застосовуючи тонкошарові відстійники, які широко використовують для освітлення промислових і господарсько-побутових стічних вод. Залежно від взаємної орієнтації напрямку руху очищеного продукту і відведеного осаду, конструктивних параметрів розрізняють тонкошарові відстійники з прямим, зворотним, комбінованим і поперечним нахилом секцій (рис. 1.5) [16]. Останні є найбільш універсальними. У цьому типі відстійників продукт очищення рухається горизонтально, перпендикулярно площині поперечного перерізу установки (рис. 1.5, б). При цьому легкі суспензії спливають і збираються в верхній частині відстійника, а важкі осідають і, сповзаючи по поверхням направляються на подальшу обробку.



а – з горизонтальними секціями; б – з поперечним нахилом секцій;

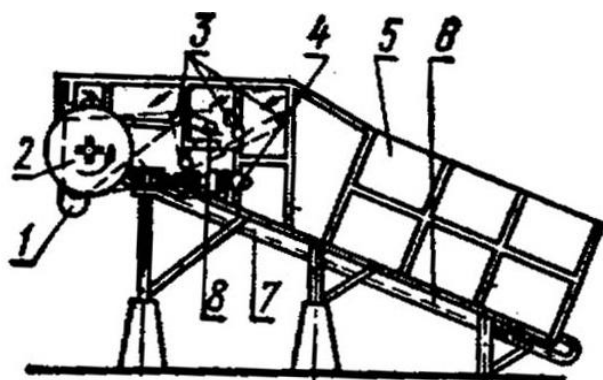
в – з поздовжнім нахилом секцій

Рисунок 1.5 – Схеми седиментації зважених частин в тонкошарових відстійниках

Застосування принципу тонкошарового відстоювання дозволяє організувати

ламінарний режим руху освітлюваного продукту, практично повністю виключити негативний вплив на процес освітлення конвекційних і щільних струмів. Проте залишається неясним чи зможуть тонкошарові відстійники освітлювати висококонцентровані суспензії, до яких відноситься вихідний рідкий гній і рідка фракція, що отримується на вживаних в даний час фільтрувальних установках [40].

Поділ під дією гравітаційних сил здійснюють в похилих ситах і зневоднюючих бункерах (рис. 1.6), інерційних сил в віброфільтрах (рис. 1.7), в віброгрохотах (рис. 1.8), дугових сепараторах (ситах) (рис. 1.9), барабанних сепараторах (рис. 1.10), в центрифугах (рис. 1.11), поверхневих сил тиску - в шнек-пресах (рис. 1.12), стрічкових вакуум-фільтрах, стрічкових і поршневих пресах [16, 18].

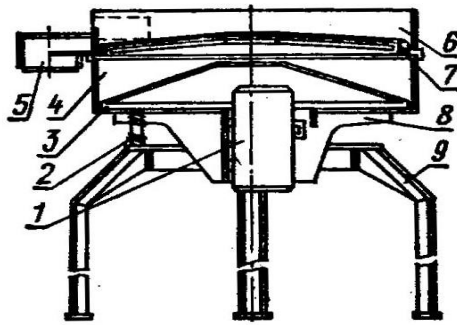


1 – вивантажувальний шнек; 2 – живильний бітер; 3 – відбійний бітер;  
4 – привод транспортера; 5 – призматична камера; 6 – днище; 7 – планчатий  
транспортер; 8 – привод вивантаження

Рисунок 1.6 – Схема зневоднюючого бункера-дозатора

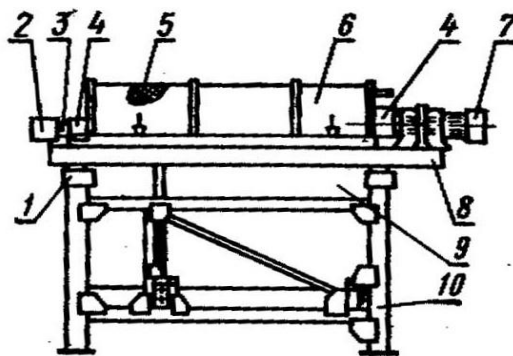
Дугові сита відрізняються простотою і надійністю в роботі. Вони дозволяють досить якісно здійснювати поділ рідкого гною і гнійних стоків на рідку і тверду фракції при значному зниженні порівняно з іншими апаратами енергоємності і затрат праці при експлуатації.

Пристрій виконаний у вигляді похило встановленої фільтрувальної поверхні.



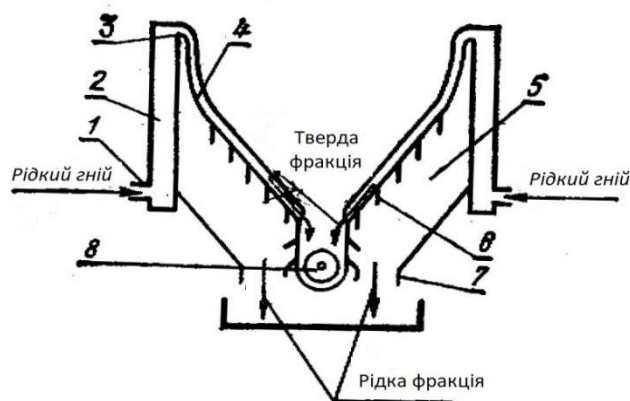
1 – двигун-вібратор; 2 – пружина; 3 – конічне дно; 4 – нижній бункер;  
5 – лоток для виведення твердої фракції; 6 – верхній бункер; 7 – фільтрувальна  
перегородка; 8 – основа вібросита; 9 – рама

Рисунок 1.7 – Схема віброфільтра



1 – амортизатори; 2 – вібратор; 3 - вал вібратора; 4 – опори; 5 – барабан;  
6 – кожух; 7 – привод барабану; 8 – підрамник; 9 – піддон; 10 – рама віброгрохоту

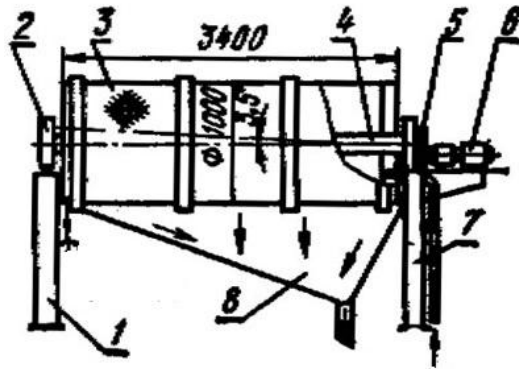
Рисунок 1.8 – Схема барабанного віброгрохоту ГБН-100



1 – вхідний патрубок; 2 – приймальна камера; 3 – переливний гребінь; 4 – відбивач;  
5 – корпус; 6 – відбивач; 7 – патрубок відводу фільтрату; 8 – шнековий транспортер

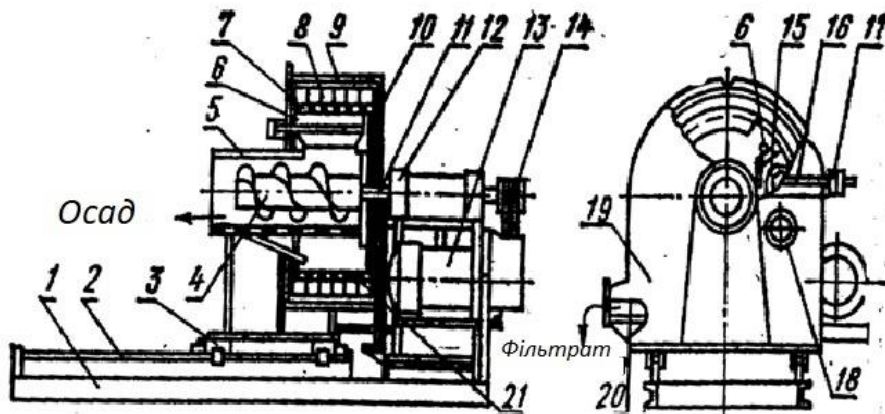
Рисунок 1.9 – Схема дугового сита конструкції ІМЕСГ





1 – передня опора; 2 – підшипник; 3 – барабан; 4 – вал; 5 – зірочка;  
6 – електропривод; 7 – задня опора; 8 – піддон

Рисунок 1.10 – Схема низькообертового барабанного сепаратора



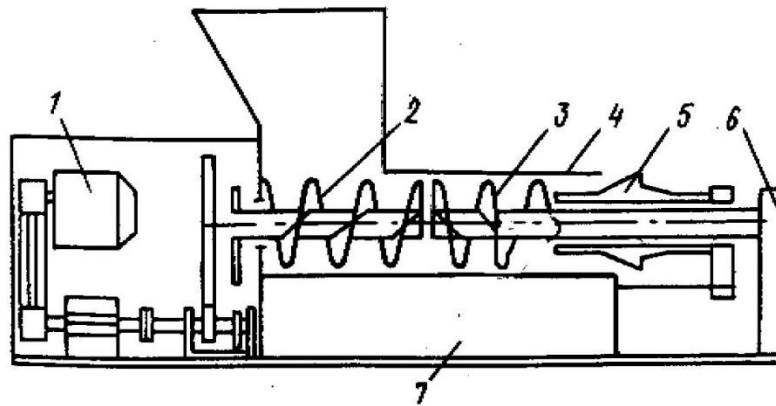
1 – станина; 2 – направляюча; 3 – опора кожуха; 4 – шнек виводу твердої фракції;  
5 – корпус шнека; 6 – ніж; 7 – ротор; 8 – лопатка; 9 – кожух; 10 – задня панель;  
11 – вал; 12 – підшипник; 13 – електродвигун; 14 – клинопасова передача;  
15 – живильник; 16 – важіль живильника; 17 – вага; 18 – вхідний патрубок  
живильника; 19 – передня панель; 20 – патрубок відводу фільтрату;  
21 – фільтрувальна перегородка

Рисунок 1.11 – Схема фільтрувальної центрифуги конструкції ІМЕСГ

Рідина і мілкі тверді частинки проходять скрізь решітку, виготовлену із нержавіючої сталі в вигляді клинового дроту, затриманий осад за рахунок сил тяжіння сповзає з поверхні сита, постійно очищаючи робочу поверхню.

Досвід роботи дугових сит показує [3–16], що вони пропускають

10...12 м<sup>3</sup>/год гнійних стоків на 1 м довжини переливного жолоба при ефективності виділення домішок до 35%. Вологість виділеної твердої фракції досягає 89%.



1 – електропривод; 2 – подавальний шнек; 3 – пресуючий шнек; 4 – перфорований циліндр; 5 – піджимний конус; 6 – гідропривод піджимного конуса; 7 – кожух

Рисунок 1.12 – Схема фільтр-преса 1Т-ВПО-20А

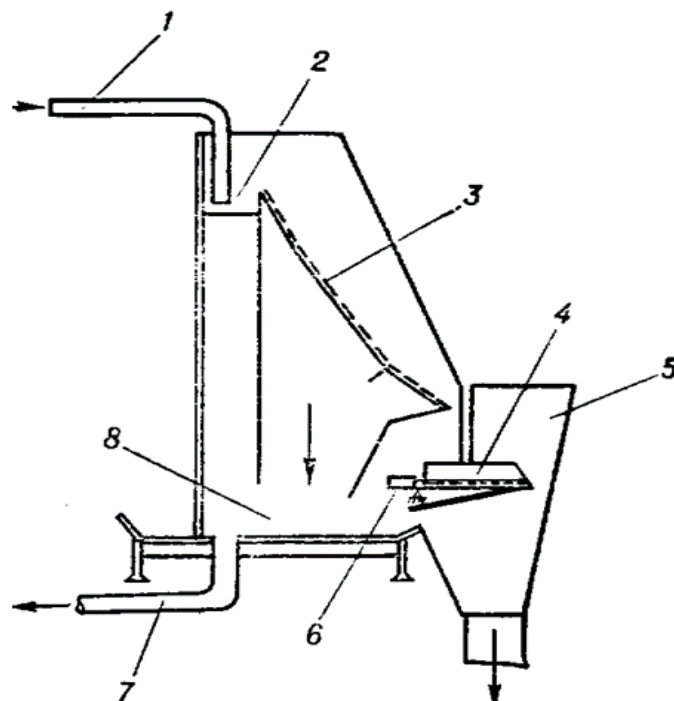
Незважаючи на простоту конструкції, відсутність рухомих швидкозношуваних частин істотнім недоліком конструкції є висока вологість осаду, отриманого на дуговому ситі. Це обумовлене двома причинами. По-перше, через неможливість рівномірно розподілити по витраті і концентрації потік вихідного гною по поверхні фільтрату, відкладення виділених домішок відбувається нерівномірно. Це створює причини для прориву вихідного гною в місцях найменшого опору руху. Зростаючи при цьому швидкості руху гною на поверхні дугового сита не забезпечують потрібного зневоднення, в результаті вологість виділених домішок різко збільшується. По-друге, дослідження показали, що потік фільтрату, рухаючись по внутрішній стороні фільтрувальної поверхні зменшує і без того малу рушійну силу процесу фільтрації - перепад тисків.

Домагатися зменшення вологості твердої фракції можна різними шляхами [16, 30]. Британська фірма «Віккеріс», наприклад, для даної цілі доукомплектувала дугове сито поршневым пресом потужністю 7,5 кВт. Дугове сито СД-Ф-50 конструкції Запорізького конструкторсько-технологічного інституту сільськогосподарського машинобудування має валковий віджимний

пристрій з електроприводом потужністю 0,37 кВт. Можливість потрапляння вихідного стоку в тверду фракцію в цій конструкції усунена за рахунок зміни конфігурації фільтрувальної поверхні, нижня частина якої утворює карман, вивантаження твердої фракції з нього здійснюється скребками, а дообезводнення її - притискними валиками.

Скребки і валики установлені на одній осі і приводяться в обертання електродвигуном. Збільшенню продуктивності сприяла установка відбивних козирків на внутрішній поверхні фільтрувальної сітки, які дозволяють відірвати від неї потік фільтрату.

Напрямки вдосконалення конструкції дугових сит наступні. Зниження вологості твердої фракції за рахунок її гравітаційного видалення, усунення розрідження твердої фракції за рахунок прориву вихідного продукту, можливо здійснити при встановленні відкидної полиці з розташованим в верхній її частині фільтруючого елемента (рис. 1.13) [2].



1 – подавальний трубопровід; 2 – водорозподільний лоток; 3 – похила перфорована поверхня; 4 – поворотна полиця; 5 – приймач твердої фракції; 6 – противага; 7 – відвідний трубопровід рідкої фракції; 8 - приймач фільтрату.

Рисунок 1.13 – Дугове сито з зневодненням твердої фракції гною

З представленою аналізу випливає, що при розробці та створенні енергозберігаючих машинних технологій поділ рідкого гною на фракції з економічної точки зору доцільно проводити в безнапірному дуговому сепараторі, який по основним показникам перевершує всі існуючі.

### **1.3 Висновки з розділу**

1. Аналіз технологій прибирання і утилізації рідкого гною показав, що найменш енергоємною і маловитратною є технологія з поділом на тверду та рідку фракції, з подальшим зберіганням і використанням кожної фракції окремо.

2. Аналіз засобів механізації для розділення рідкого гною на фракції показав, що ряд переваг при виконанні цього процесу мають безнапірні дугові сепаратори. Вони заключаються в простоті пристрою і експлуатації, високій надійності технологічного процесу, відносно малих метало- і енергоємкостях. Однак, як і всі розглянуті технологічні засоби, вони не забезпечують отримання твердої фракції необхідної вологості, тому їх застосовують в поєднанні з іншими пристроями.

3. Аналіз досліджень показує, що домінуючою точкою зору є прагнення представити його як витік рідини через отвір в тонкій стінці. Певна група авторів розглядає цей же процес як процес різання. І нарешті, Г.Л. Майдуковим і Дарсі висловлено припущення про можливість розгляду процесу у вигляді фільтрування.

### **1.4 Мета та задачі досліджень**

Представлений аналіз виконаних дослідів безнапірних дугових сепараторів дозволяє зробити висновок, що вони в основному застосовуються в технологічних лініях поділу на фракції рідкого свинячого гною.

Дослідів, по поділу гною великої рогатої худоби, в літературі зустрічається дуже мало, що не дозволяє конструкторам і технологам розробляти надійні,

високопродуктивні і малоенергоємні установки і в цілому технологічні лінії.

Тому метою цієї роботи є підвищення ефективності поділу рідкого гною дуговим сепаратором безнапірного типу на тверду і рідку фракції за рахунок удосконалення його робочого процесу і обґрунтування параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– проаналізувати існуючі способи і засоби механізації поділу рідкого гною на фракції і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему безнапірного дугового сепаратора;

– виконати теоретичний аналіз робочого процесу роботи безнапірного дугового сепаратора;

– експериментально визначити раціональні конструктивні і режимні параметри безнапірного дугового сепаратора;

– визначити техніко-економічну ефективність безнапірного дугового сепаратора з покращеним робочим процесом.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА

### 2.1 Аналіз робочого процесу безнапірного дугового сепаратора

Дуговий сепаратор (рис. 2.1) складається з корпусу 7, на якому кріпляться фільтрувальна перегородка 3, виконана в вигляді криволінійного сита, і приймальний бак 1. В нижній частині корпусу дугового сепаратора передбачено патрубок відводу фільтрату 8. Для покращення відводу фільтрату встановлені відбивачі 4. Дуговий сепаратор (рис. 2.1) складається з корпусу 7, на якому кріпляться фільтрувальна перегородка 3, виконана в вигляді криволінійного сита, і приймальний бак 1. В нижній частині корпусу дугового сепаратора передбачено патрубок відводу фільтрату 8. Для покращення відводу фільтрату встановлені відбивачі 4.

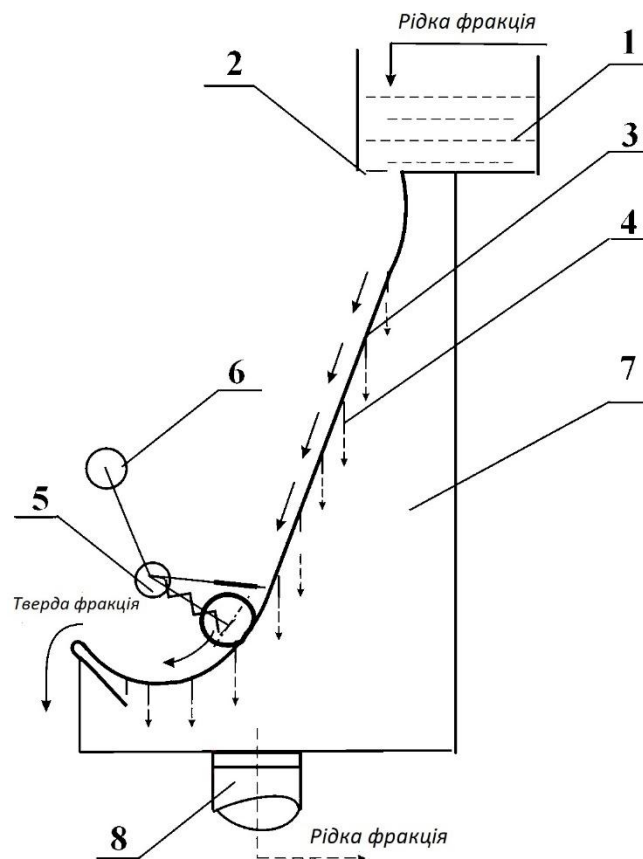
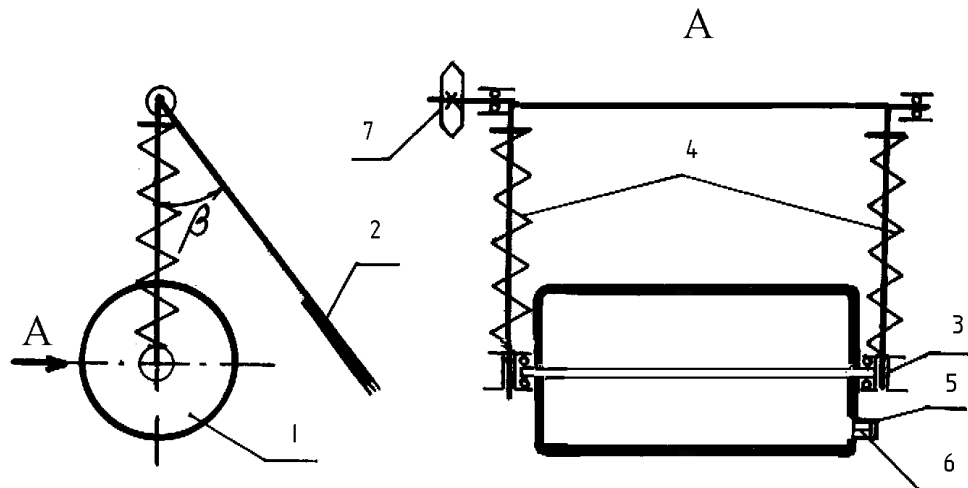


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема дугового сепаратора рідкого гною

Пропонується доукомплектувати дуговий сепаратор більш досконалим віджимним пристроєм 5 з приводом від електродвигуна 6. Віджимний пристрій (рис 2.2) складається з пустотілого валика 1 і встановленого з ним на одному валу

чистика 2.



1 – валик, 2 – чистик, 3 – кронштейн, 4 – пружина, 5 – штуцер, 6 – золотник;  
7 – привідна зірочка

Рисунок 2.2 – Схема віджимного пристрою

Валик, в свою чергу, може вільно обертатись навколо своєї осі завдяки підшипникам кочення, встановленим в кронштейнах 3. Він виготовлений в вигляді пустотілого циліндру з м'якою оболонкою і обладнаний штуцером з золотником для подачі всередину повітря.

Працює дуговий сепаратор наступним чином. Рідкий гній (рис. 2.1) подається в приймальний бак 1 до певного рівня. При відкриванні заслінки 2 на задану витрату, він під дією сили тяжіння витікає з баку, рівномірно розподіляючись по ширині сепаратора і, рухаючись по перфорованій поверхні, фільтрується під дією гравітаційних сил. Рідка фракція, пройшовши через фільтрувальну перегородку 3, по відбивачам 4 стікає в піддон і відводиться через патрубок 8. Тверда фракція, потрапляючи в зону дії валика (зона відтиску), дообезводнюється за рахунок додаткової сили тиску, а чистик що рухається вслід за валиком зчищає осад (тверду фракцію) з фільтрувальної перегородки і скидає його в приймальний бункер.

Виступаючі за межі кромки чистика ворсу щітки, що стикаються з перфорованою поверхнею, повністю очищають її від залишків твердої фракції.

Аналітичний огляд показав, що у дослідників немає єдиної точки зору на

характер і рушійні сили процесу виділення твердих частин дуговим сепаратором. Вивчення характеру виділення твердих частин безнапірним дуговим сепаратором і режиму руху потоку рідкого гною дозволило нам зробити ряд припущень, покладених в основу справжніх досліджень:

1) робочий процес безнапірного дугового сепаратора слід розглядати як безперервне фільтрування з утворенням рухомого шару осаду;

2) рух потоку рідкого гною по фільтрувальній поверхні дугового сепаратора сталий, нерівномірний і безнапірний;

3) глибина потоку рідкого гною, який рухається вздовж фільтруючої поверхні безнапірного дугового сепаратора, змінюється по експоненті;

4) швидкість руху потоку рідкого гною вздовж сепаратора постійна і рівна середній швидкості  $\bar{v}$ ;

5) швидкість фільтрування постійна і залежить тільки від вологості рідкого гною;

6) режим фільтрування має ламінарний характер.

Теорія розглянутого нами процесу є частиною загальної теорії фільтрування, яка базується на емпіричному законі Дарсі. Використовуючи його визначимо параметри робочого процесу безнапірного дугового сепаратора. Основний параметр сепаратора - об'ємну продуктивність  $Q_c$  можна визначити з рівняння матеріального балансу [11]

$$Q_c = Q_\phi + Q_{m\phi}, \quad (2.1)$$

де  $Q_\phi$  – об'ємна продуктивність сепаратора по рідкій фракції, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{m\phi}$  – об'ємна продуктивність сепаратора по твердій фракції, м<sup>3</sup>/с.

Згідно визначенню об'ємна продуктивність сепаратора по фільтрату рівна

$$Q_\phi = \sum_{i=1}^n \frac{V_{\phi i}}{\tau_{\phi i}}, \quad (2.2)$$

де  $i$  – номер ділянки;

$n$  – кількість ділянок,  $n = 3$ .

Звідси

$$Q_\phi = \frac{V_{\phi 1}}{\tau_{\phi 1}} + \frac{V_{\phi 2}}{\tau_{\phi 2}} + \frac{V_{\phi 3}}{\tau_{\phi 3}}, \quad (2.3)$$



де  $V_{\phi 1}$ ,  $V_{\phi 2}$ ,  $V_{\phi 3}$  – об’єм рідкої фракції, виділеної з гною за час  $\tau_{\phi 1}$ ,  $\tau_{\phi 2}$ ,  $\tau_{\phi 3}$ , с, відповідно на першій, другій та третій ділянках сепаратора, м<sup>3</sup>.

Об’ємна продуктивність по твердій фракції визначається за виразом

$$Q_{m\phi} = \frac{V_{m\phi}}{\tau_{\phi}}, \quad (2.4)$$

де  $V_{m\phi}$  – об’єм твердої фракції, утвореної за час  $\tau_{\phi}$  фільтрування, м<sup>3</sup>.

Об’єми фільтратів визначені на основі рівняння фільтрування з врахуванням прийнятого допуску, що швидкість фільтрування не змінюється ( $d\bar{V}_{\phi i}/d\tau_{\phi i} = const$ ) на кожній з ділянок і в одиницю часу через будь-який елемент фільтруючої поверхні проходить свій однаковий об’єм фільтрату.

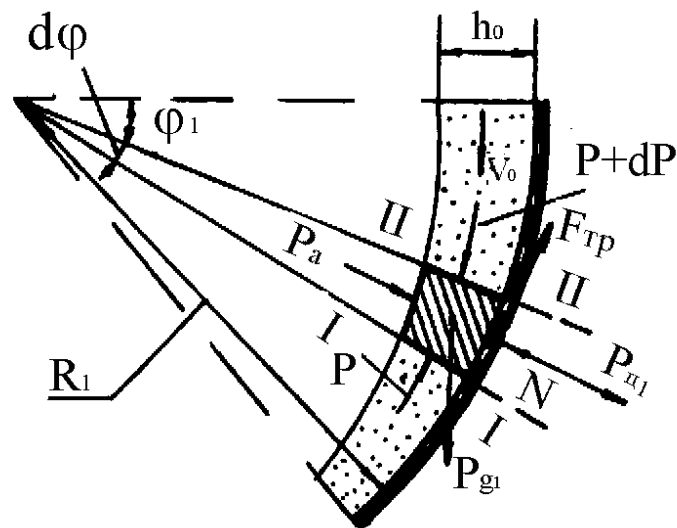
Тому для  $i$ -ої ділянки об’єм рідкої фракції  $V_{\phi i}$ , згідно рівняння (1.10), буде рівний [11]

$$V_{\phi i} = F_{\phi i} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_i \tau_{\phi i}}{\mu_{\phi i} \chi r_{oi}} + \left( \frac{r_{ni}}{2\chi r_{oi}} \right)^2} - \frac{r_{ni}}{2\chi r_{oi}} \right]. \quad (2.5)$$

Розглянемо кожен з трьох ділянок окремо. Для зони фільтрування в виразі (2.5) невідомий тиск фільтрування  $\Delta P_1$ . Для його визначення розглянемо елементарний об’єм рідкого гною, розташований між двома нескінченно близькими радіальними перетинами [37]. Виділений об’єм знаходиться під дією поверхневих і об’ємних сил (рис. 2.3).

Аналіз діючих сил показує, що тиск фільтрування обумовлено дією сил тяжіння  $P_{g1}$  і відцентрової сили  $P_{u1}$ .

Остання направлена по нормалі до фільтруючої поверхні сепаратора і змінюється при русі потоку в зв’язку з зменшенням його маси в процесі фільтрування.



$P$  – сила, обумовлена гідродинамічним тиском, діє в перетині I – I, в напрямку, протилежному напрямку руху потоку;  $P + dP$  – гідродинамічне посилення, діюче в перетині II – II в напрямку руху потоку;  $F_{тр}$  – сила тертя елементарного об'єму по робочій поверхні дугового сепаратора, направлена в сторону, протилежну напрямку руху потоку;  $N$  – реакція фільтрувальної перегородки, направлена радіально;  $P_{цл}$  – відцентрова сила інерції;  $P_{г1}$  – сила тяжіння;  $P_a$  – сила діюча на вільну поверхню елементарного об'єму

Рисунок 2.3 – Схема сил, що діють на елементарний об'єм рідкого гною в зоні фільтрування безнапірного дугового сепаратора

Зміна маси потоку по довжині фільтруючої поверхні дугового сепаратора призводить до різного впливу гравітаційних сил. Виходячи з викладеного, тиск фільтрування  $\Delta P$  визначимо як [37]

$$\Delta P = \Delta P_{g1} + \Delta P_{ц1} = \frac{m_1 g}{F_{\phi 1}} \sin \phi_1 + \frac{m_1 v_0^2}{F_{\phi 1} R_{H1}}, \quad (2.6)$$

- де  $\Delta P_{g1}$  – тиск фільтрування від дії сил тяжіння, Па;
- $\Delta P_{ц1}$  – тиск фільтрування від дії відцентрових сил, Па;
- $m_1$  – маса рідкого гною в зоні фільтрування, кг;
- $\phi_1$  – кут між напрямком дії тангенційної складової сил тяжіння і відцентрової сили, чисельно рівний центральному куту дуги зони фільтрування, град.;

$F_{\phi_1}$  – площа фільтрування,  $F_{\phi_1} = B_C R_1 \phi_1$ , м<sup>2</sup>;

$B_C$  – ширина фільтруючої поверхні, м;

$R_1$  – радіус кривизни першої ділянки, м;

$v_0$  – початкова швидкість руху потоку, м·с<sup>-1</sup>;

$R_{H1}$  – радіус, визначаючий положення центру ваги об'єму гною що розділяється, приймаємо  $R_{H1} = R_1 - h_0 / 2$ , м;

$h_0$  – початкова висота рідкого гною, який витікає з баку, м.

Для визначення початкової швидкості  $v_0$  витіку рідкого гною через отвір в дні баку використовуємо рівняння Бернуллі для витікання рідини через отвір в тонкій стінці [1].

Маса потоку на різних ділянках дугового сепаратора неоднакова і залежить від висоти  $h$ , яка в відповідності з прийнятим допуском визначається залежністю для зони фільтрування

$$h = h_0 \exp\left(-K_\phi \frac{R_1}{v_0} \phi_1\right). \quad (2.7)$$

З врахуванням (2.7) маса елементарного об'єму становить

$$dm_1 = B_C R_1 h_0 \rho_H \exp\left(-K_\phi \frac{R_1}{v_0} \phi_1\right) d\phi_1, \quad (2.8)$$

де  $\rho_H$  – щільність рідкого гною, кг/м<sup>3</sup>.

Застосовуючи теорему про середнє, знайдемо масу гною в зоні фільтрування дугового сепаратора

$$m_1 = B_C h_0 \rho_H \frac{v_0}{K_\phi} \left[1 - e^{-K_\phi \frac{\phi_1 R_1}{v_0}}\right] \quad (2.9)$$

і середній тиск фільтрування від дії сил тяжіння

$$\Delta P_{g1} = \frac{0,3m_1 g}{B_C R_1}. \quad (2.10)$$

Тоді з врахуванням (2.9) і (2.10) вираз (2.6) матиме вигляд

$$\Delta P_1 = \frac{h_0 \rho_H v_0}{\phi_1 R_1 K_\phi} \left[1 - e^{-K_\phi \frac{\phi_1 R_1}{v_0}}\right] \left(\sin \phi_1 g + \frac{v_0^2}{R_{H1}}\right). \quad (2.11)$$

Оскільки

$$\tau_{\phi_1} = \frac{\phi_1 R_1}{\bar{v}}, \quad (2.12)$$

де  $\bar{v}$  – середня швидкість руху потоку, м/с, то для зони фільтрування

$$\frac{v_{\phi 1}}{\tau_{\phi 1}} = B_C v_o \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_1 \tau_{\phi 1}}{\mu_{\phi 1} \chi r_{o1}} + \left( \frac{r_{\phi 1}}{2\chi r_{o1}} \right)^2} - \frac{r_{n1}}{2\chi r_{o1}} \right]. \quad (2.13)$$

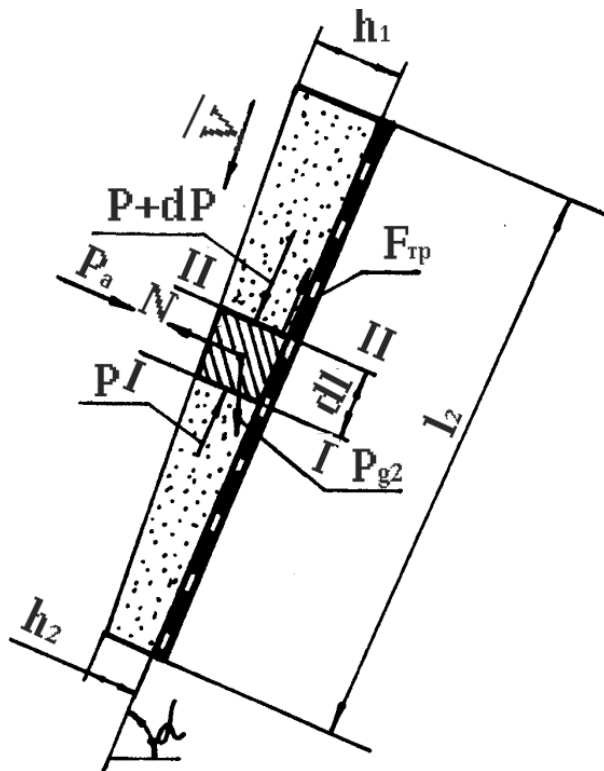
Зона зневоднення на прямолінійній ділянці являє собою пряму, розташовану під кутом  $\alpha$  до горизонту. Для визначення тиску фільтрування  $\Delta P_2$  виділимо елементарний об'єм гною, утворений двома нескінченно близькими перпендикулярними перетинами (рис. 2.4).

Аналіз діючих сил показує, що тиск фільтрування обумовлено дією тільки сили тяжіння  $Pg_2$ . Виходячи з викладеного, тиск фільтрування  $\Delta P_2$  буде рівний [37]

$$\Delta P_2 = \Delta P g_2 = \frac{m_2 g \cos \alpha}{F_{\phi 2}}, \quad (2.14)$$

де  $m_2$  – маса гною в зоні зневоднення, кг;

$F_{\phi 2}$  – площа фільтрування,  $F_{\phi 2} = B_C \cdot l_2$ , м<sup>2</sup>;



$Pg_2$  – сила тяжіння гною;  $l_2$  – довжина прямолінійної зони зневоднення,

$\alpha$  – кут нахилу поверхні зони до горизонту

Рисунок 2.4 – Схема сил, діючих на елементарний об'єм гною в зоні зневоднення сепаратора

Для визначення  $m_2$  знайдемо залежність зміни висоти по довжині  $l_2$  зони зневоднення

$$h = h_1 \exp\left(-K_\phi \frac{l_2}{v}\right). \quad (2.15)$$

З врахуванням (2.15) маси елементарного об'єму буде складати

$$dm_2 = B_C \cdot h_1 \rho'_H \exp\left(-K_\phi \frac{l_2}{v}\right) dl_2, \quad (2.16)$$

де  $\rho'_H$  – щільність гною, що надходить в зону зневоднення, рівна щільності твердої фракції після зони фільтрування  $\rho_{m\phi 1}$ , кг/м<sup>3</sup>.

Оскільки 
$$\tau_{\phi 2} = \frac{l_2}{v}, \quad (2.17)$$

то

$$\frac{V_{\phi 2}}{\tau_{\phi 2}} = B_C \bar{v} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_2 \tau_{\phi 2}}{\mu_{\phi 2} \chi r_{02}} + \left(\frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}}\right)^2} - \frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}} \right]. \quad (2.18)$$

Зону відтиску дугового сепаратора до впливу відтискного валика розглядаємо подібно зоні фільтрування, а значить

$$\frac{V'_{\phi 3}}{\tau'_{\phi 3}} = B_C \bar{v} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P'_3 \tau'_{\phi 3}}{\mu_{\phi 3} \chi r'_{03}} + \left(\frac{r'_{n3}}{2\chi r'_{03}}\right)^2} - \frac{r'_{n3}}{2\chi r'_{03}} \right], \quad (2.19)$$

де  $r'_{03}$  – масовий опір осаду на третій ділянці до впливу валика, м/кг;

$r'_{n3}$  – опір фільтрувальної поверхні зони відтиску, м/м<sup>2</sup>.

Відомо, що об'єм твердої фракції [11] можна визначити з виразу

$$V_{m\phi} = \frac{m_{m\phi}}{\rho_{m\phi}} = \frac{\chi \sum_{i=1}^n V_{\phi i}}{C_{m\phi} \rho_{m\phi}}, \quad (2.20)$$

де  $m_{m\phi}$  – маса твердої фракції, отриманої в процесі фільтрування, кг;

$C_{m\phi}$  – масова концентрація абсолютно сухої речовини в твердій фракції, %;

$\rho_{m\phi}$  – щільність твердої фракції, кг/м<sup>3</sup>, визначеної з виразу [11]

$$\rho_{m\phi} = \frac{100 \rho'_{m\phi} \rho_\phi}{100 \rho_\phi + (\rho'_{m\phi} - \rho_\phi) W_{m\phi}}, \quad (2.21)$$

де  $\rho'_{m\phi}$  – щільність абсолютно сухої речовини твердої фракції, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_\phi$  – щільність рідкої фракції, кг/м<sup>3</sup>;

$W_{m\phi}$  – вологість твердої фракції, отриманої в процесі фільтрування, %;

$\sum_{i=1}^n V_{\phi i}$  – об'єм рідкої фракції, виділеної з трьох зон, м<sup>3</sup>.

$$\sum_{i=1}^n V_{\phi i} = V_{\phi 1} + V_{\phi 2} + V_{\phi 3}. \quad (2.22)$$

Тоді з врахуванням рівності (2.5) і (2.22) вираз (2.20) матиме вигляд

$$V_{m\phi} = \frac{\chi B_c (R_1 \phi_1 + l_2 + R_3 \phi_3)}{C_{m\phi} \rho_{m\phi}} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_1 \tau_{\phi 1}}{\mu_{\phi 1} \chi r_{01}} + \left( \frac{r_{n1}}{2\chi r_{01}} \right)^2} - \frac{r_{n1}}{2\chi r_{01}} \right] \times \\ \times \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_2 \tau_{\phi 2}}{\mu_{\phi 2} \chi r_{02}} + \left( \frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}} \right)^2} - \frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}} \right] \cdot \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_3' \tau_{n3}}{\mu_{\phi 3} \chi r_{03}} + \left( \frac{r'_{n3}}{2\chi r_{03}} \right)^2} - \frac{r'_{n3}}{2\chi r_{03}} \right]. \quad (2.23)$$

Час фільтрування визначиться з врахуванням виразів (2.12) і (2.17)

$$\tau_\phi = \sum_{i=1}^n \tau_{\phi i} = \frac{R_1 \phi_1 + l_2 + R_3 \phi_3}{\bar{v}}. \quad (2.24)$$

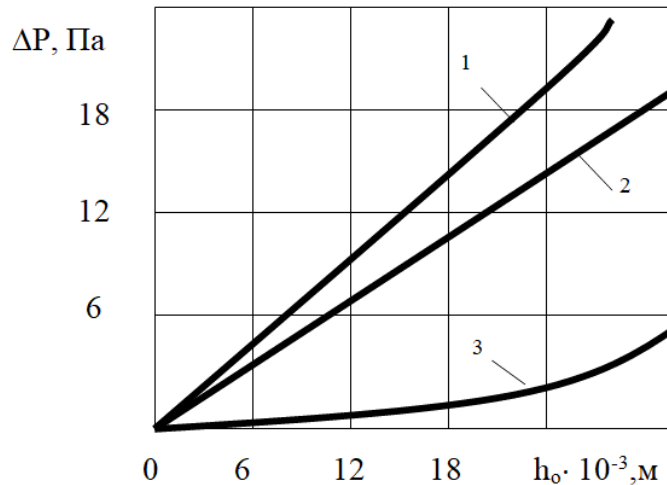
Тоді підставивши вирази (2.13), (2.18), (2.19), (2.23), (2.24), з врахуванням (2.2) і (2.3), в (2.1) отримаємо рівняння для визначення об'ємної продуктивності безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою

$$Q_c = B_c \left[ v_0 A_1 + \bar{v} \cdot \left( A_2 + A_3 + \frac{\chi A_1 A_2 A_3}{C_{m\phi} \rho_{m\phi}} \right) \right], \quad (2.25)$$

$$\text{де } A_1 = \sqrt{\frac{\Delta P_1 \tau_{\phi 1}}{\mu_{\phi 1} \chi r_{01}} + \left( \frac{r_{n1}}{2\chi r_{01}} \right)^2} - \frac{r_{n1}}{2\chi r_{01}}; \quad A_2 = \sqrt{\frac{\Delta P_2 \tau_{\phi 2}}{\mu_{\phi 2} \chi r_{02}} + \left( \frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}} \right)^2} - \frac{r_{n2}}{2\chi r_{02}};$$

$$A_3 = \sqrt{\frac{\Delta P_3' \tau_{n3}}{\mu_{\phi 3} \chi r_{03}} + \left( \frac{r'_{n3}}{2\chi r_{03}} \right)^2} - \frac{r'_{n3}}{2\chi r_{03}}.$$

Аналіз виразу (2.25) показує, що об'ємна продуктивність безнапірного дугового сепаратора, без врахування дії відтискного валику, залежить від його конструктивних і режимних параметрів, а також фізико-механічних і реологічних властивостей потоку досліджуваного гною. При відомих конструктивних параметрах дугового сепаратора і властивостях рідкого гною що розділяється, визначальний вплив на його продуктивність надає тиск фільтрування  $\Delta P$  і початкова швидкість руху потоку  $v_0$ . Обидва фактора в свою чергу залежать від глибини потоку гною (рис. 2.5)



$$1 - \Delta P = f(h_0); 2 - \Delta P_g = f(h_0); 3 - \Delta P_u = f(h_0)$$

Рисунок 2.5 – Залежність тиску фільтрування від початкової глибини потоку рідкого гною в зоні фільтрування

З даного графіка видно, що повний тиск в зоні фільтрування визначається в основному дією гравітаційної складової, а дія відцентрових сил грає другорядне значення.

## 2.2 Обґрунтування основних параметрів чистика

Форма чистика (рис. 2.2) може бути виконана в вигляді бульдозерного відвалу або прямолінійної форми. Для простоти в виготовленні ми прийняли в нашому дуговому сепараторі його прямолінійної форми і, як було сказано вище, жорстким з кромкою, яка торкається фільтруючої поверхні, виготовленої з еластичного матеріалу, що має щіткоподібну форму.

Розташування площини чистика було обрано за радіусом обертання навкруги осі  $O$ . Так як, якби чистик був розташований під гострим кутом до дотичної дуги сепаратора, то відбувалося б вивантаження твердої фракції під ним, і виконувалось погане вивантаження в кінці зони відтиску. А також якби був тупий кут, то відбувалося б ковзання твердої фракції по чистику. Висота чистика  $H$  повинна бути такою, щоб при видаленні твердої фракції вона не перевалилась

через нього. Розглянемо таке положення чистика, коли об'єм тіла волочиння перед ним був рівний об'єму твердої фракції в зоні відтиску  $V_{фз}''$ .

Припустимо, що ця умова буде виконуватись, коли чистик знаходиться в вертикальному положенні (рис. 2.13). Тоді з достатньою точністю об'єм призми волочиння  $V_{np}$  визначається з виразу [20]

$$V_{np} = \frac{1}{2} HaB_C, \quad (2.26)$$

де  $a$  – нормаль до площини чистика, м;

$V_{np}$  – об'єм призми волочиння, м<sup>3</sup>;

$B_C$  – довжина призми волочиння, рівна довжині чистика, а значить і ширині сепаратора, м.

Висоту чистика  $H$  можна виразити як

$$H = H_1 + H_2, \quad (2.27)$$

де  $H$  – висота чистика, м.

Причому

$$H_1 = a \cdot \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (2.28)$$

де  $\varphi_0$  – кут природного уклону гною при переміщенні, град.

З врахуванням рівнянь (2.27) і (2.28) рівняння (2.26) прийме вигляд

$$V_{np} = \frac{1}{2} a B_C (a \operatorname{tg} \varphi_0 + H_2). \quad (2.28)$$

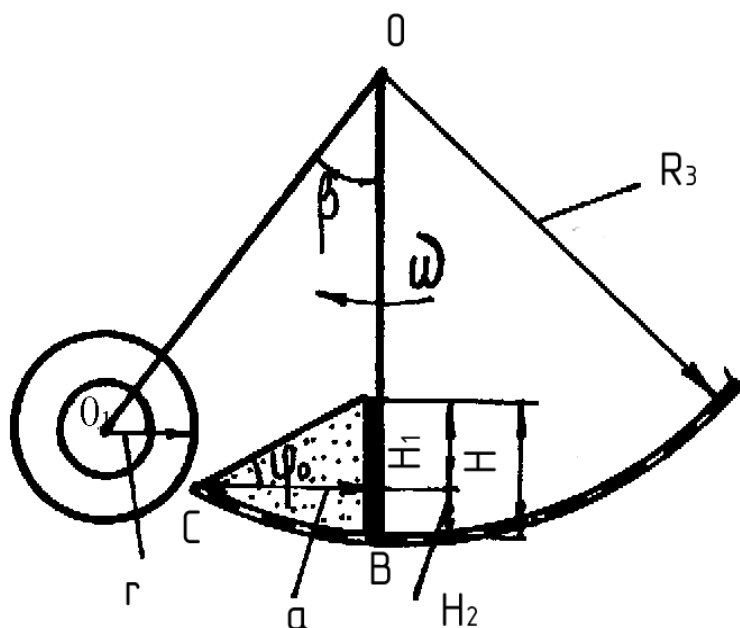


Рисунок 2.13 – Параметри призми переміщення перед чистиком



З рис. 2.13 видно, що  $a$  являється напівхордою, тому її можна визначити за виразом

$$a = \sqrt{2R_3H_2}. \quad (2.29)$$

Підставивши (2.29) в (2.28), отримаємо

$$V_{np} = \frac{1}{2}\sqrt{2R_3H_2}B_C(\sqrt{2R_3H_2}tg\phi_0 + H_2). \quad (2.30)$$

Об'єм твердої фракції, що прибирається на третій ділянці можна визначити за виразом

$$V''_{m\phi_3} = \frac{\pi}{2}B_C R_3 h_4. \quad (2.31)$$

При рівності  $V_{np}$  і  $V''_{m\phi_3}$  отримаємо квадратне рівняння і, знайшовши його корінь  $H_2$ , отримаємо

$$H_2 = -0,5R_3tg\phi_0 + \sqrt{0,5R_3(0,5R_3tg^2\phi_0 + \pi h_4)}. \quad (2.32)$$

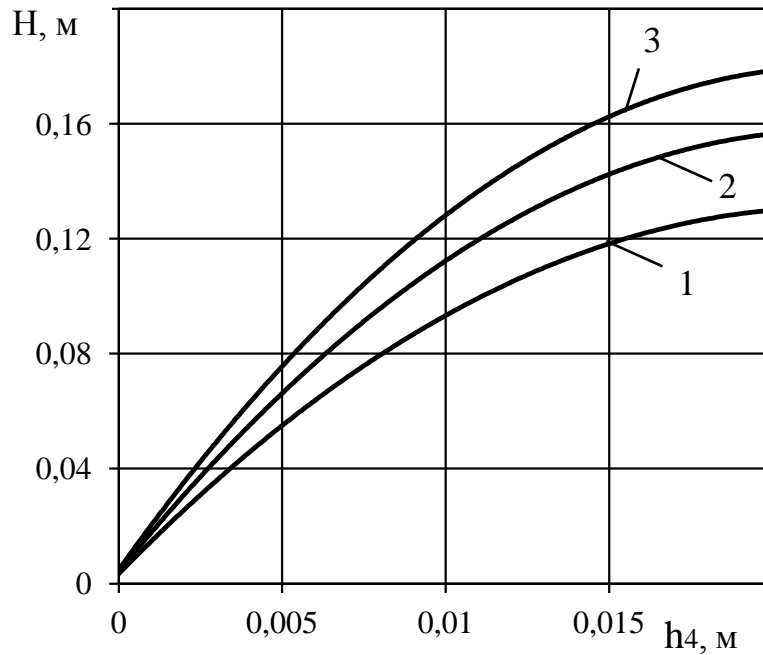
З врахуванням виразів (2.32) і (2.74) вираз (2.27) отримає вигляд

$$H_1 = \sqrt{2R_3(-0,5R_3tg\phi_0 + \sqrt{0,5R_3(0,5R_3tg^2\phi_0 + \pi h_4)})tg\phi_0}. \quad (2.33)$$

Отриманні вирази (2.77) і (2.78) підставимо в (2.71)

$$H = tg\phi_0 \left( \sqrt{2R_3(-0,5R_3tg\phi_0 + \sqrt{0,5R_3(0,5R_3tg^2\phi_0 + \pi h_4)})} - 0,5R_3 \right) + \sqrt{0,5R_3(0,5R_3tg^2\phi_0 + \pi h_4)}. \quad (2.34)$$

З виразу (2.34) слідує, що висота чистика буде залежати від конструктивних параметрів дугового сепаратора, висоти шару гною що прибирається і його фізико-механічних властивостей (рис. 2.14).



1 –  $R_3 = 0,2$  м; 2 –  $R_3 = 0,3$  м; 3 –  $R_3 = 0,4$  м

Рисунок 2.14 – Залежність висоти чистика  $H$  від глибини твердої фракції після відтиску  $h_4$  при  $\varphi_0 = 45^\circ$

З рис. 2.14 видно, що при збільшенні радіуса кривизни зони відтиску  $R_3$  і глибини твердої фракції після відтиску  $h_4$ , висота чистика  $H$  буде збільшуватись.

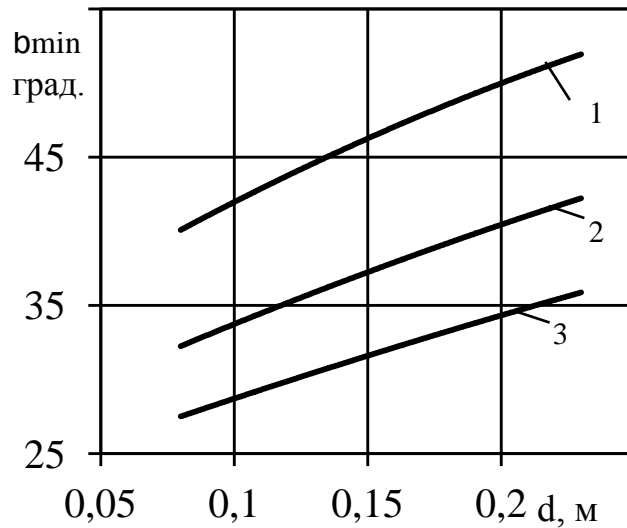
З рис. 2.13 видно, що мінімальний кут  $\beta$  між чистиком і валиком може бути рівний

$$\beta \frac{a+r}{R_3 - H_{2min}} \quad (2.35)$$

Тоді підставивши вираз (2.74), (2.77) в (2.80) отримаємо

$$\beta \frac{\sqrt{2R_3(-0,5R_3 \operatorname{tg} \phi_0 + \sqrt{0,5R_3(0,5R_3 \operatorname{tg}^2 \phi_0 + \pi h_4)}) + r}}{R_3(1 + 0,5 \operatorname{tg} \phi_0) - \sqrt{0,5R_3(0,5R_3 \operatorname{tg}^2 \phi_0 + \pi h_4)}} \min \quad (2.36)$$

Аналіз формули (2.81) показує, що центральний мінімальний кут встановлення чистика за валиком прямо залежить від діаметру валика, радіусу кривизни зони відтиску дугового сепаратора і шару твердої фракції після відтиску  $h_4$  (рис. 2.15).



1 –  $R_3 = 0,2$  м; 2 –  $R_3 = 0,3$  м; 3 –  $R_3 = 0,4$  м

Рисунок 2.15 – Залежність кута між валиком і чистиком  $\beta_{min}$  від діаметра валика  $d$  при  $h_4 = 0,02$  м

### 2.3 Визначення масової продуктивності дугового сепаратора з відтискним пристроєм

Масову продуктивність експериментального дугового сепаратора  $Q_g$  за твердою фракцією можна визначити за формулою [20]

$$Q_g = V_{mf3}'' \rho_{mf3}'' n, \quad (2.37)$$

де  $Q_g$  – масова продуктивність сепаратора за твердою фракцією, кг/хв;

$n$  – частота обертання чистика,  $хв^{-1}$ , визначається як

$$n = \frac{30\omega}{\pi} \quad (2.38)$$

Отримаємо

$$n = \frac{60\bar{v}(2\pi - \beta)}{\pi^2 R_3}. \quad (2.39)$$

Отримані вирази (2.59) і (2.84) підставимо в (2.82) і отримаємо

$$Q_g = \frac{30\bar{v}(2\pi - \beta)\chi_{BC}}{\pi C_{mf}} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_3'' \tau_{\phi 3}''}{\mu_{\phi 3}'' \chi r_{03}''} + \left( \frac{r_{n3}''}{2\chi r_{03}''} \right)^2} - \frac{r_{n3}''}{2\chi r_{03}''} \right]. \quad (2.40)$$

## 2.4 Висновки з розділу

1. Робочий процес безнапірного дугового сепаратора слід розглядати як безперервне фільтрування з утворенням рухомого шару осаду. Об'ємна продуктивність дугового сепаратора залежить від його конструктивно-режимних параметрів та від фізико-механічних і технологічних властивостей оброблюваного рідкого гною.

2. Основний вплив на продуктивність безнапірного дугового сепаратора надає тиск фільтрування, викликане дією гравітаційних і відцентрових сил. Основним в розглянутому процесі являється тиск, обумовлений гравітаційною складовою, а тиск, викликане відцентровою силою інерції, надає несуттєвий вплив на процес.

3. При розробці конструкції безнапірного дугового сепаратора слід передбачити сполучення криволінійної ділянки з прямолінійною, розташування якого визначає кут сходу, а його довжина повинна визначатись експериментально.

4. Аналіз вибраної конструктивно-технологічної схеми безнапірного дугового сепаратора показав, що для більш якісного видалення вологи з твердої фракції гною великої рогатої худоби і очищення фільтруючої перегородки, на ділянку сходу її в приймальний бункер, для створення додаткового відтискового тиску, повинні бути встановлені пустотілі, заповнені стиснутим повітрям валики з еластичною гнучкою поверхнею і чистики щіткоподібної форми.

5. Теоретичні дослідження робочого процесу безнапірного дугового сепаратора, обладнаного для додаткового відтиску вологи з твердої фракції гною пустотілими валиками з еластичною оболонкою, дасть змогу отримати функціональні рівняння для визначення його основних конструктивних і режимних параметрів.

## **3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БЕЗНАПІРНОГО ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА**

### **3.1 Характеристика умов проведення досліджень**

Експериментальні дослідження проводились з метою перевірки достовірності виконаних теоретичних досліджень.

В дослідженнях використовували гній, отриманий від великої рогатої худоби при годуванні її наступним добовим раціоном: силос кукурудзи – 20,0 кг; сіно люцерни – 1,0 кг; солома озимої пшениці – 3,0 кг; кормовий буряк – 5,0 кг; концентровані корми з мінеральними домішками – 1,5 кг.

З калу і сечі, зібраних в чистому вигляді від тварин, складалась суміш (гній) з масовим співвідношенням калу, сечі і технологічної води 2:1, 2:1:1, 2:1:2, 2:1:3.

Вологість такого гною по розрахункам повинна змінюватися від 87,5% до 97%, при вологості калу 82,5%, що відповідає реальним умовам виробництва, де отримують гній аналогічної вологості.

### **3.2 Програма експериментальних досліджень**

Теоретичні дослідження по обґрунтуванню елементів конструкції і визначенню режимних параметрів дугового сепаратора для рідкого гною великої рогатої худоби проводились з певними припущеннями. Тому, з метою уточнення даних параметрів і визначення відсутніх, програмою експериментальних досліджень передбачалось:

1) вивчення характеру видалення твердих частинок безнапірним дуговим сепаратором;

2) визначення основних параметрів фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора;

3) встановлення впливу основних параметрів сепаратора на показники його роботи;

4) визначення функціонального взаємозв'язку між кінцевою вологістю

твердої фракції рідкого гною і основними конструктивними і технологічними параметрами сепаратора;

5) визначення раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи сепаратора за допомогою аналізу рівняння регресії і експериментальної перевірки;

б) перевірка продуктивності і якості роботи безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою і при його наявності в лабораторних і виробничих умовах.

### 3.3 Методика визначення параметрів фільтруючої перегородки безнапірного дугового сепаратора

Основні параметри фільтрувальних перегородок приведені в таблиці 3.1. [16, 30].

Досліди по визначенню конструктивних параметрів фільтрувальних перегородок проводили на вказаних типах сит при поперечному, повздовжньому і під кутом  $45^\circ$  розташування отворів (щілин) до направлення потоку гною що поділяється. Досліди проводили на лабораторній установці, яка містила дуговий сепаратор, ємність з підготовки гною, живильник, насос.

Таблиця 3.1 – Параметри фільтрувальних перегородок

Тип фільтрувальної перегородки	Шифр фільтрувальної перегородки	Пористість фільтрувальної перегородки, %.
Полотно решіткове з продовгуватими отворами	2а-08×16-2×0,6	26...27
	2а-10×20-2×0,3	29...32
	2а-16×20-2×1,0	33...38
	2а-20×20-2×1,0	39...41
	2а-30×20-2×1,0	46
Сітка щілинна колосникоподібна	2а-10×10-2×0,6	29...32
	2а-20×16-2×1,0	39...41
	2-0×18Н10-22-0,8	30,8
	2а-0×18Н10-82-2,0	47,5

Ефективність виділення сепаратором твердих частинок розраховували за формулою [11]

$$\eta_c = \frac{C_n - C_\phi}{C_n} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де  $C_n$  – масова частка абсолютно сухої речовини в рідкому гної, %;

$C_\phi$  – масова частка абсолютно сухої речовини в фільтраті, %.

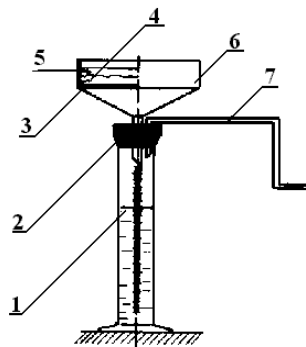
Водовідділяюча властивість сита на ділянці фільтрування розраховували за формулою [11]

$$E_\phi = \frac{Q_\phi}{Q_c} \cdot 100\% = \frac{Q_c - Q_{m\phi}}{Q_c} \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Якість фільтрату оцінювали за його вологістю, а кольматацію перегородки - по коефіцієнту  $K_k$ , враховуючому збільшення питомого опору фільтруючої перегородки працюючого сепаратора в порівнянні з умовно чистою перегородкою.

Досліди проводили при різній товщині шару осаду. Питомий опір умовно чистої перегородки і працюючого сепаратора визначали за допомогою воронки Бюхнера.

Досліди проводили по такій схемі. В воронку Бюхнера, обладнану запірним диском (рис. 3.1) установлювали фільтрувальну перегородку з певними параметрами.



- 1 – мірний циліндр; 2 – пробка; 3 – фільтрувальна перегородка з запірним диском;  
 4 – тверда фракція (осад); 5 – вихідна пробка; 6 – воронка Бюхнера;  
 7 – трубка-сапун

Рисунок 3.1 – Установка для визначення питомого опору осаду і фільтрувальної перегородки

Питомий опір фільтрувальної перегородки визначали за допомогою

основного рівняння фільтрування, в якому вважали  $r_o = 0$  (фільтрування при відсутності осаду над фільтруючою перегородкою). При цьому отримали залежність

$$r_n = \frac{\Delta P F_\phi \tau_\phi}{\mu_\phi V_\phi}, \quad (3.3)$$

тиску фільтрування в якій визначили за виразом (2.11).

Коефіцієнт  $K_\kappa$  визначали за формулою

$$K_\kappa = \frac{r_{nn}}{r_n}, \quad (3.4)$$

де  $r_{nn}$  – питомий опір фільтрувальної перегородки працюючого сепаратора, м/м<sup>2</sup>;

$r_n$  – питомий опір умовно чистої перегородки, м<sup>-1</sup>.

### **3.4 Методика експериментальної перевірки параметрів безнапірного дугового сепаратора з різною конструкцією відтискного пристрою**

Дослідження основних параметрів відтискного пристрою безнапірного дугового сепаратора проводили на установці (рис. 3.2), яка обладнана приводом, дозволяючим змінювати його кутову швидкість, і пристроєм для установки різних відтискних валиків.

Порядок проведення дослідів полягав в наступному. Послідовно вмикаючи електродвигун приводу відтискного пристрою і насос подачі гною, а засувками регулювали подачу рідкого гною на фільтрувальну перегородку. При встановленому режимі роботи лабораторної установки виконували відбір проб для визначення вологості вихідного гною, осаду, який поступає в зону відтиску, і фільтрату, а також твердої фракції після відтиску валиками. Відбір проб проводили з п'ятикратним повторенням, вологість проб визначали за стандартною методикою (ГОСТ 8770-85). Кут нахилу фільтрувальної перегородки в процесі дослідів був постійним і складав 50°. Центральний кут дуги перфорованої перегородки зони фільтрування складав 45°, зони відтиску – 100°, радіус кривизни перфорованої ділянки – 0,3 м, ширина – 1,0 м. Відносний живий



перетин перегородки - 0,13. Відтискні валики розташовували один відносно одного через  $120^\circ$ , чистик відносно останнього валика міг змінювати свій кут від  $25$  до  $55^\circ$ . В дослідженнях використовували валики з жорсткою і гнучкою оболонками діаметром 80, 100, 120, 150, 200 мм. Валики з гнучкою оболонкою були наповнені повітрям під необхідним тиском, який змінювався в межах від 1 до 5 кПа, і контролювався за допомогою манометра. Сила притиснення  $P_d$  валика на шар осаду регулювали пружинами шляхом установлення або знімання додаткових шайб і змінювали від 20 до 960 Н. Кутову швидкість відтискного пристрою  $\omega$  змінювали покроково в межах від 0,6 до  $1,8 \text{ c}^{-1}$  шляхом заміни змінних зірочок.



Рисунок 3.2 – Експериментальний безнапірний дуговий сепаратор з віджимними валиками

Для порівняння водовідділяючої властивості відтискного пристрою  $E_o$  з жорсткими і гнучкими валиками при однаковому тиску відтиску (питомим тиском)  $P_{om} = 5 \text{ кПа}$  на шар твердої фракції провели наступний експеримент. Після заповнення зони відтиску однаковою висотою осаду вмикали в роботу відтискного пристрою з певним валиком, при цьому діаметри жорсткого і

гнучкого були однакові і рівні  $d = 150$  мм.

Водовідділяючу властивість відтискного пристрою визначали за формулою

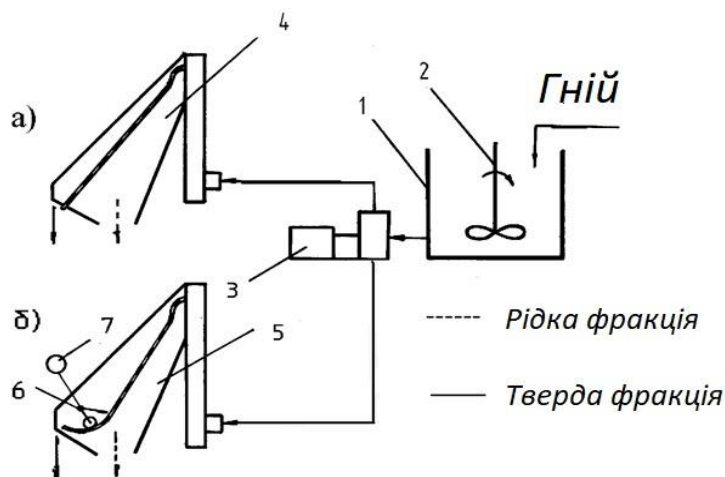
$$E_o = \frac{V'_{mf3} - V''_{mf3}}{V'_{mf3}} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

де  $V'_{mf3}$  – об'єм твердої фракції в зоні відтиску до дії валику, м<sup>3</sup>;

$V''_{mf3}$  – об'єм твердої фракції в зоні відтиску після дії валика, м<sup>3</sup>.

### 3.5 Методика визначення продуктивності безнапірного дугового сепаратора і якісних показників його роботи

Експериментальні дослідження по визначенню продуктивності безнапірного дугового сепаратора проводили на експериментальній технологічній лінії, яка включала два зразка сепаратора: з відтискним пристроєм (рис. 3.3, б) і без відтискного пристрою (рис. 3.3, а), фекальний насос, витратний бак (резервуар-посередник) постійного рівня з механічною мішалкою, трубопроводи з блокуючою арматурою, контрольно-вимірювальна апаратура.



1 – резервуар-посередник, 2 – механічна мішалка, 3 – фекальний насос, 4 – безнапірний дуговий сепаратор без відтискного пристрою, 5 – безнапірний дуговий сепаратор з відтискним пристроєм, 6 – відтискний пристрій, 7 – привод відтискного пристрою

Рисунок 3.3 – Схема експериментальної лінії поділу рідкого гною безнапірним дуговим сепаратором без відтискного пристрою (а) і з відтискним пристроєм (б)

Безнапірний дуговий сепаратор (рис. 3.3, а) складається з двох ділянок: зони фільтрування, обумовленою центральним кутом  $\varphi_1 = 45^\circ$ , радіусом кривизни 0,3 м і шириною 1 м і з'єднаної з нею зони зневоднення на прямолінійній ділянці довжиною 1,5 м. Сепаратор встановлювали на рамі з поворотним пристроєм, який забезпечував можливість плавної зміни кута нахилу сепаратора від 30 до 60°. Аналогічний безнапірний дуговий сепаратор (рис. 3.3, б) був додатково обладнаний відтискним пристроєм.

Експерименти проводили в наступній послідовності. Рідкий гній фекальним насосом подавали в резервуар-посередник з об'ємною подачею, яка перевищує необхідну витрату. Залишок гною по зворотному трубопроводу направляли в гноєприймач. Підготовлений в посереднику гній подавали в живильний пристрій сепаратора, з якого сформований потік поступав на криволінійну ділянку, де під дією гідродинамічного напору ділиться на фракції. Отримана при цьому тверда фракція подавалась на прямолінійну ділянку, де додатково зневоднювались. Рідку фракцію з обох ділянок збирали в піддоні і направляли на подальшу обробку.

При встановленому режимі роботи сепаратора проводили заміри його об'ємної продуктивності по рідкій і твердій фракціях. Одночасно відбирали проби для визначення якісних показників процесу (вологості рідкої і твердої фракції, вміст в них суспензій). Об'ємну продуктивність визначали за допомогою мірних ємностей і секундоміра. Продуктивність по вихідному гною визначали додаванням складових і контролювали шляхом заміру об'єму його в гноєприймачі. Досліди проводили на рідкому гною великої рогатої худоби вологістю 91,80%; 96,65%; 98,45% при початковій глибині потоку 0,006...0,024 м.

Аналогічні досліди проводили на сепараторе, який обладнаний відтискним пристроєм. Збір і облік рідкої фракції, яка виділялась на ділянці обладнаний відтискним пристроєм, проводили окремо.

Потужність приводу відтискного пристрою і витрату енергії визначали за загальноприйнятою методикою при допомозі приладу К-50.

### 3.6 Висновки з розділу

1. З метою встановлення дійсного характеру виділення твердих частинок безнапірним дуговим сепаратором проводились досліди по визначенню об'ємних продуктивностей установки по твердій і рідкій фракціям. Критеріями при виборі фільтрувальних перегородок були ефективність поділу, якість фільтрату і кольматація щілин перегородки частинками твердої фракції.

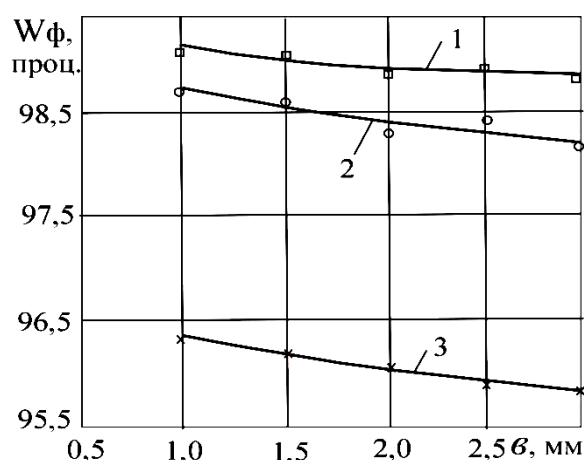
2. Метою функціонування дугового сепаратора являється отримання вологи твердої фракції, яка відповідає агротваринницьким вимогам. Теоретично через цілий ряд причин підрахувати її складно, тому задача вирішилась методом факторного планування експерименту. В задачу дослідження входило: відбір значущих факторів, проведення відсіюючих експериментів і експериментів по опису процесу зневоднення рівнянням регресії, отримання раціональних параметрів відтискного пристрою сепаратора.

3. Для проведення експериментів: відсіюючих – скористались дробовим факторним експериментом; по опису процесу зневоднення осадів поліномом другої ступені прийняли композиційний ортогональний план. Аналіз отриманого рівняння регресії проводили методом двовимірних перерізів, а оптимізацію його - канонічним аналізом.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БЕЗНАПІРНОГО ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА

### 4.1 Визначення параметрів фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора

Результати досліджень представлені в табл. 4.1. Вологість рідких фракцій зменшується із збільшенням ширини щілин фільтруючої перегородки (рис. 4.1).



1 –  $W_n = 91,80\%$ ; 2 –  $W_n = 96,65\%$ ; 3 –  $W_n = 98,45\%$

Рисунок 4.1 – Залежність вологості рідкої фракції  $W_{\phi}$  від ширини щілини  $v$  фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при вихідній вологості гною

Крім того, утворений шар твердої фракції є кращим фільтром, ніж сама фільтрувальна перегородка. Однак, коефіцієнт кольматації при цьому різко зростає (рис. 4.2). Найбільш інтенсивний ріст має місце з шириною щілин менше 1 мм. Збільшення пористості фільтрувальної перегородки мало впливає на величину коефіцієнта кольматації.

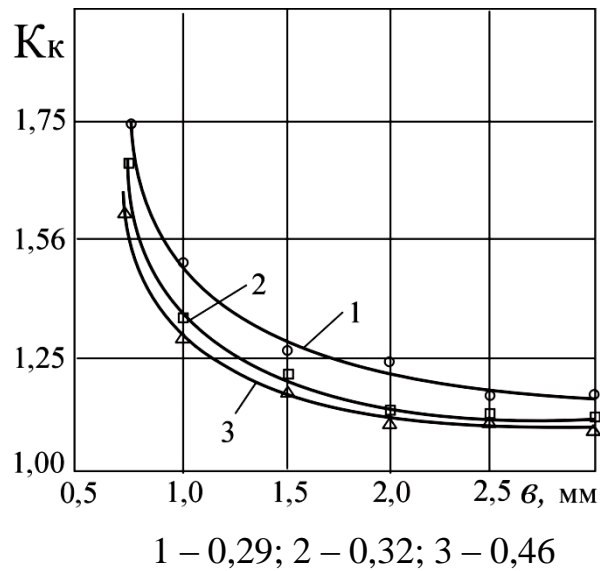


Рисунок 4.2 – Залежність коефіцієнта кольматації  $K$  від ширини щілин фільтрувальної перегородки  $v$  безнапірного дугового сепаратора при пористості перегородки

Таблиця 4.1 – Результати визначення ефективності поділу і водовідділяючої здатності фільтрувальних перегородок

Вологість гною, %.	Початкова висота потоку, мм	Розмір отворів фільтрувальної перегородки, мм	Розташування отворів (щілин) до напрямку потоку гною	Вологість, %.		Об'ємна продуктивність сепаратора, $\text{м}^3/\text{сх}10^{-3}$		Ефективність поділу, $\eta_c$	Водовідділяюча здатність, %, $\epsilon_{\text{ф}}$
				Рідкої фракції	Твердої фракції	По рідкій фракції	По твердої фракції		
91,7	60	2×16	Поперечне	96,15	86,9	454	186	40	73,3
91,7	54	2×16	Поздовжнє	96,28	88,38	390	123	59	72,9
91,7	50	2×16	Під кутом 45°	97,04	88,05	437	213	64	72
91,7	68	2×10	Поперечне	96,45	86,91	392	383	46,9	51,7
91,7	56	2×10	Поздовжнє	96,73	88,45	347	321	71,5	62,4
91,7	55	2×10	Під кутом 45°	97,04	88,33	317	152	47	57,4
96,5	58	2×16	Поперечне	99,05	87,12	439	69	50,8	74,8
96,5	58	2×16	Поздовжнє	99,46	89,52	409	40	86,5	68,7
96,5	62	2×16	Під кутом 45°	99,42	87,62	424	45	57,2	65
96,5	70	2×10	Поперечне	99,17	88,03	413	39	69,4	52,9
96,5	52	2×10	Поздовжнє	98,62	88,27	367	49	38,7	73,1
98,4	34	2×10	Під кутом 45°	99,02	87,74	210	36	66	77,7
98,4	48	2×16	Поперечне	99,31	87,72	373	39	46,2	73,4
98,4	49	2×16	Поздовжнє	99,5	87,6	360	41	51,2	77,6

Вологість гною, %.	Початкова висота потоку, мм	Розмір отворів фільтрувальної перегородки, мм	Розташування отворів (щілин) до напрямку потоку гною	Вологість, %.		Об'ємна продуктивність сепаратора, м <sup>3</sup> /сх10 <sup>-3</sup>		Ефективність поділу, %, $\eta_c$	Водовідділююча здатність, %, $\epsilon_{\text{ф}}$
				Рідкої фракції	Твердої фракції	По рідкій фракції	По твердої фракції		
98,4	51	2×16	Під кутом 45°	99,33	88,63	346	42	56,2	70,9
98,4	51	2×10	Поперечне	99,66	90,47	245	79	45,3	49,8
98,4	67	2×10	Поздовжнє	99,48	91,9	549	33	37,3	75,2
98,4	66	2×10	Під кутом 45°	99,75	89,28	364	40	72,4	51,2

#### 4.2 Визначення продуктивності безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою і якісних показників його роботи

Експериментальні дослідження, проведені на дуговому сепараторі без відтискного пристрою показали, що при зміні глибини потоку рідкого гною на фільтрувальній поверхні сепаратора сумарна його продуктивність збільшується по криволінійній залежності (рис. 4.3, крива 2).

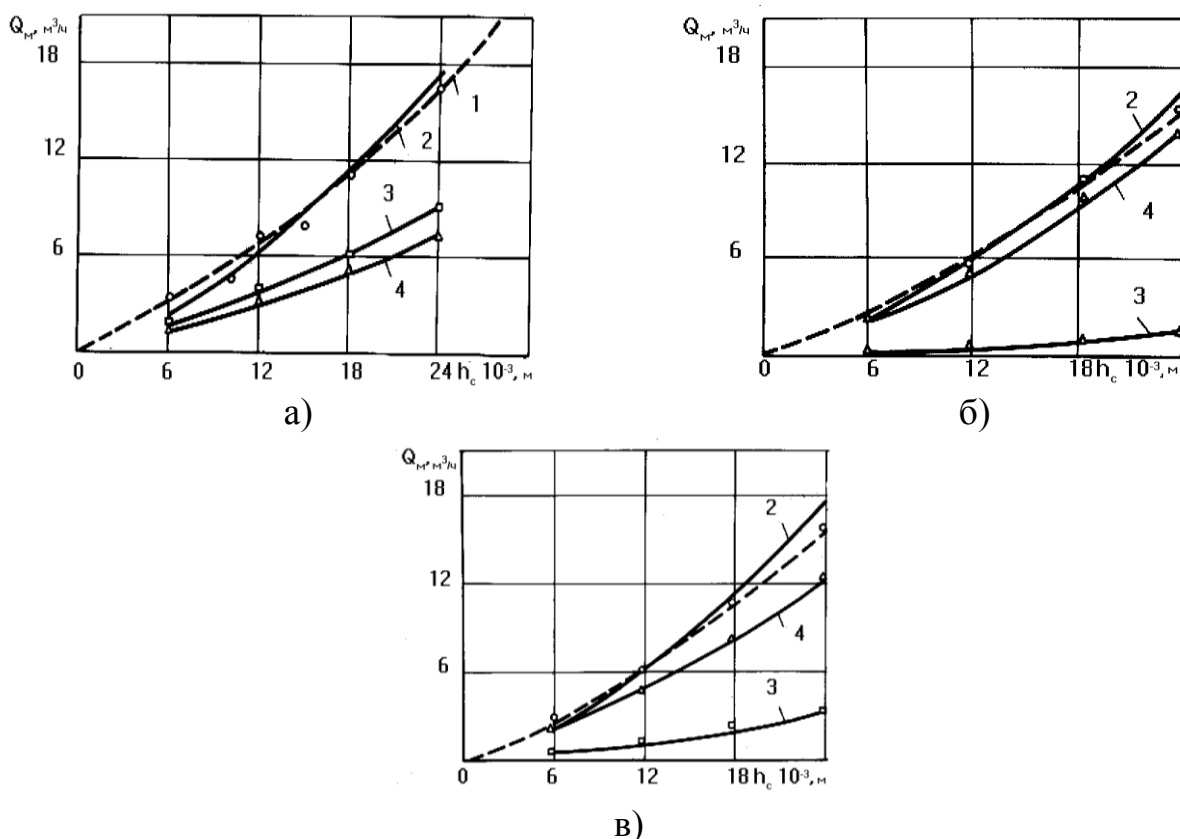
Аналогічний характер мають залежності продуктивності сепаратора від глибини потоку по твердої (кривій 3) і рідкій (кривій 4) фракціям (рис. 4.3). Кількісне співвідношення продуктів, отриманих при поділі рідкого гною, залежать від його вихідної вологості. Так, при вологості гною 91,80% вихід твердої фракції дещо вищий, ніж рідкої.

Отриманий характер кривих пояснюється складом вихідного рідкого гною, в якому при 91,80-відсотковій вологості міститься приблизно однакова кількість води і екскрементів тварин (відношення 1:1), а при 96,65 і 98,45 - відповідно 4:1 і 10:1.

Отримані експериментальні залежності продуктивності сепаратора порівнювали з кривою 1, побудованою за рівнянням (2.25). Погодження експериментальних і розрахункових даних в розглянутому діапазоні глибини потоку рідкого гною задовільне. Значна розбіжність (більше 15% на лівій границі діапазону) пояснюється нестабільністю формування рухомого шару твердої фракції через малу глибину потоку. Однак на практиці при  $h \leq 0,006$  м працюють

досить рідко, так як при цьому не забезпечується необхідна продуктивність сепаратора і погіршується його ефективність. При глибині потоку  $h_c > 0,024$  м розбіжність розрахункових і експериментальних даних пояснюється тим, що через високу швидкість руху потоку процес фільтрування на дузі з центральним кутом  $\varphi = 45^\circ$  не закінчується, і певна частина вільної вологи йде з твердою фракцією.

Вищевикладене дозволяє встановити діапазон робочої глибини потоку гною в дуговому сепараторі  $0,006 \text{ м} \leq h_0 \leq 0,024 \text{ м}$ . У встановленому діапазоні продуктивність безнапірного сепаратора з шириною фільтруючої перегородки, рівній 1 м, на поділ рідкого гною вказаної вологості складає  $7,3 \dots 59,0 \text{ м}^3/\text{год}$ .



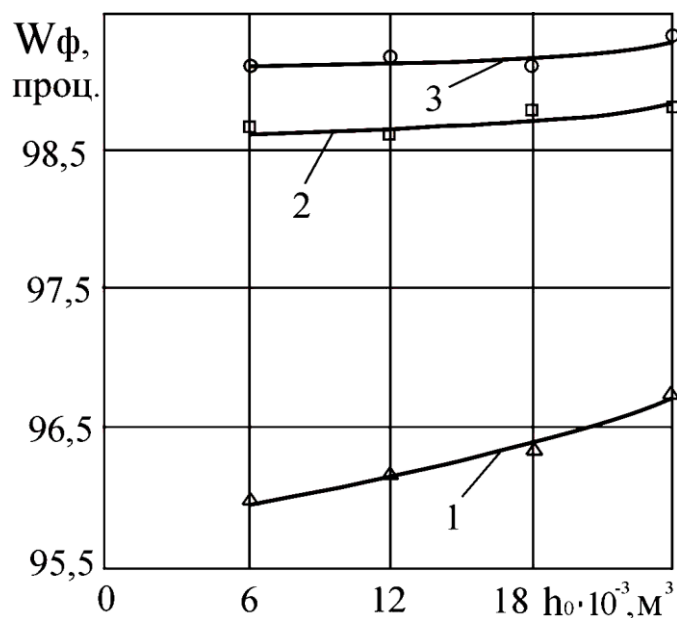
1 –  $Q_n = f(h_0)$  – теоретична; 2 –  $Q_n = f(h_0)$  – експериментальна; 3 –  $Q_{m\phi} = f(h_0)$ ;  
4 –  $Q_\phi = f(h_0)$

Рисунок 4.3 – Залежність продуктивності безнапірного дугового сепаратора  $Q_n$  без відтискного пристрою від глибини потоку гною  $h_c$  при його вологості 91,80% (а), 98,45% (б), 96,65% (в)

Експериментальні дослідження, проведені нами на дуговому сепараторі без



відтискного пристрою, показали, що якість фільтрату, визначена його вологістю, залежить як від вологості рідкого гною, так і від глибини потоку його (рис. 4.4) на фільтрувальній перегородці. У всіх дослідах збільшення глибини потоку сприяло підвищення якості фільтрату. При цьому значне підвищення якості фільтрату мало місце лише при поділі висококонцентрованого гною (крива 1). Пояснюється тим, що утворений в процесі фільтрування рухомий шар твердої фракції є кращим фільтром, ніж фільтрувальна перегородка. При поділі низькоконцентрованого рідкого гною високу якість фільтрату отримано в основному за рахунок меншого його забруднення твердими частинками, концентрація яких невелика.



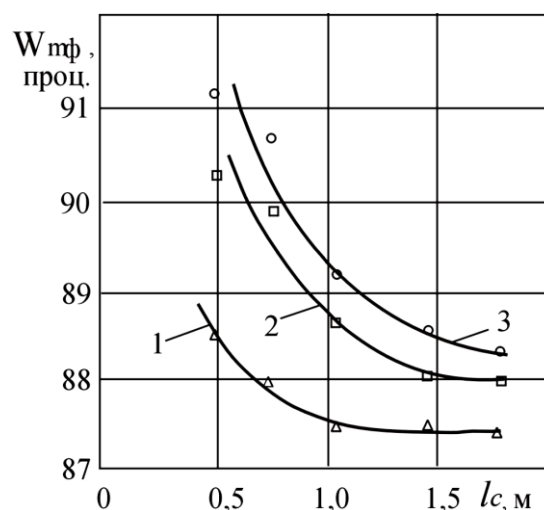
1 –  $W_n = 91,80\%$ ; 2 –  $W_n = 96,65\%$ ; 3 –  $W_n = 98,45\%$

Рисунок 4.4 – Залежність вологості рідкої фракції  $W_\phi$  від початкової глибини потоку  $h_0$  гною на фільтрувальній перегородці безнапірного дугового сепаратора при вихідній вологості гною

Ефективність поділу рідкого гною безнапірним дуговим сепаратором склала 17,2...46,0%. Нижня границя отримана при поділі гною вологістю 98,45% і  $h_0 = 0,006$  м, верхній - відповідно 96,65% і  $h_0 = 0,024$  м. Найбільша ефективність при вологості 96,65% ймовірно обумовлена найкращим співвідношенням параметрів фільтрувальної перегородки і рідкого гною.

Вологість твердої фракції в кінці зони фільтрування з центральним кутом  $\varphi = 45^\circ$ , у всіх дослідах змінювалася несуттєво і складала 89,2...91,1% (рис. 4.6). При русі по з'єднаній з дугою фільтрування похилій перфорованій поверхні вона постійно зменшувалась. А на ділянці від 0,26 до 1,0 м, безпосередньо прилягаючи до дуги фільтрування, різко. На ділянці від 1,0 до 1,5 м темп спадав, а при довжині фільтрувальної поверхні більше 1,5 м вологість твердої фракції змінювалася несуттєво при різній витраті гною який поділяється. Вологість твердої фракції в кінці зони зневоднення на прямолінійній ділянці фільтрувальної перегородки, рівної 1,5 м, складала 87,5...88,5%.

Описаний характер кривих (рис. 4.5) пояснюється безперервним видаленням вільної вологи, загальна кількість якої зменшується по довжині похилої прямолінійної ділянки сепаратора. Очевидно, що діючий перепад тиску не забезпечує видалення всієї вільної вологи. Середня вологість твердої фракції в кінці ділянки довжиною 1,5 м складала 88%. Експерименти показали, що загальна кількість вільної вологи, що видаляється на похилій ділянці, невелика і складає всього 8...22% від кількості вільної вологи, що видаляється в зоні фільтрування. Довжина прямолінійної ділянки при цьому складала 1,2...1,5 м.



1 –  $Q_C = 1,9$  м³/год; 2 –  $Q_C = 6,5$  м³/год; 3 –  $Q_C = 7,74$  м³/год

Рисунок 4.5 – Зміна вологості твердої фракції  $W_{mf}$  по довжині фільтрувальної перегородки  $l_c$  безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою при продуктивності

При обробці експериментальних даних нами отримана залежність між концентраціями абсолютно сухої речовини в твердій і рідкій фракціях такого виду

$$C_{жс} = K_c \cdot C_{тф}, \quad (4.5)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт пропорційності, рівний 0,20...0,32.

### 4.3 Взаємозв'язок основних параметрів експериментального дугового сепаратора з відтискними валиками із показниками його роботи

В результаті теоретичного аналізу виявлені напрямки впливу основних параметрів сепаратора на мінімальну кінцеву вологість твердої фракції після відтиску гнучкими, наповненими повітрям валиками.

Результати реалізації матриці відсіюючих експериментів наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця планування відсіюючих експериментів

№ досліду	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	W <sub>тф</sub> , %.			
								Серія дослідів			Середнє значення
								I	II	III	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	79,25	79,23	78,56	79,01
2	1	1	1	1	1	-1	-1	79,98	79,89	80,15	80,01
3	1	1	-1	-1	1	1	-1	80,55	80,78	80,45	80,59
4	1	-1	1	-1	-1	1	1	78,71	78,76	78,65	78,71
5	1	-1	-1	1	1	-1	1	80,53	80,08	80,76	80,46
6	-1	1	1	-1	1	-1	1	80,64	80,16	80,74	80,51
7	-1	1	-1	1	-1	1	1	76,09	76,12	76,02	76,08
8	-1	1	1	1	1	1	-1	77,74	77,89	77,56	77,73

Похибку експерименту підраховували за формулою (3.23), виходячи з даних повторних експериментів  $S_{bi} = 0,084$ . Довірчий інтервал знаходили за формулою (3.24)  $\Delta b_i = 0,193$ , тому виходячи з вищевказаних встановлених умов, можна зробити висновок, що на кінцеву вологість твердої фракції сильно впливають такі

фактори: кутова швидкість обертання відтискного пристрою, сила притискання валика, внутрішній тиск і його діаметр.

Для отримання математичної моделі (3.25) була реалізована розширена матриця планування (табл. 4.3). Перетворення матриць розглядалось поетапно. розрахунки і операції з ними проводились із використанням програми Microsoft Excel.

Таким чином, отримали коефіцієнти нелінійної моделі

$$\begin{array}{rcccccc}
 b_0 = 75,94 & b_1 = 1,75 & b_{12} = -0,02 & b_{23} = 0,01 & b_{11} = 0,03 & \\
 & b_2 = -0,95 & b_{13} = 0,10 & b_{24} = 0,27 & b_{22} = -0,45 & \\
 & b_3 = 0,63 & b_{14} = -0,44 & b_{34} = 0,06 & b_{33} = 1,14 & \\
 & b_4 = -1,02 & & & b_{44} = 0,32 & 
 \end{array}$$

Використовуючи критерій Стьюдента з рівнем значення 5%, визначили критичне значення для коефіцієнтів регресії по табл. (3.4).

Розрахункові значення для коефіцієнтів регресії рівні відповідно

$$\begin{array}{rcccccc}
 t_0 = 1017,5 & t_1 = 20,41 & t_{12} = 0,25 & t_{23} = 0,14 & t_{11} = 0,26 & \\
 & t_2 = 11,06 & t_{13} = 1,06 & t_{24} = 2,89 & t_{22} = 4,06 & \\
 & t_3 = 7,36 & t_{14} = 4,61 & t_{34} = 0,60 & t_{33} = 10,26 & \\
 & t_4 = 11,87 & & & t_{44} = 2,90 & 
 \end{array}$$

Порівнюючи, можна зробити висновки, що коефіцієнти  $t_{12}, t_{13}, t_{23}, t_{24}, t_{11}$  – незначні.

Таким чином, отримана математична модель має вигляд:

$$\begin{aligned}
 y_i = & 75,94 + 1,75x_1 - 0,95x_2 + 0,63x_3 - 1,02x_4 - 0,44x_1x_4 + 0,06x_3x_4 - \\
 & - 0,45x_2^2 + 1,14x_3^2 + 0,32x_4^2. \quad (4.6)
 \end{aligned}$$

Для проведення аналізу методом двовимірних перетинів, отримане рівняння регресії прийшло канонічного вигляду.

Для підтвердження результатів, отриманих на ЕОМ, провели ручний підрахунок. При цьому отримали

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_1} = 1,75 - 0,44x_4 = 0.$$

$$\frac{\partial \bar{y}}{\partial x_2} = -0,95 - 0,9x_2.$$

$$\frac{\partial \bar{y}}{\partial x_3} = 0,63 + 0,28x_4 + 2,28x_3 = 0.$$

$$\frac{\partial \bar{y}}{\partial x_4} = -1,02 - 0,44x_1 + 0,28x_3 + 0,64x_4 = 0.$$

Таблиця 4.3 – Матриця планування чотирифакторного дослідження

№	Фактори					Відклики					Yi – серед.	S <sub>ностр</sub>
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Yi1	Yi2	Yi3	Yi4	Yi5		
1	1	1	1	1	1	76,91	76,87	76,02	76,15	77,08	76,61	0,1876
2	1	-1	1	1	1	74,04	74,06	73,97	73,88	73,92	73,97	0,0047
3	1	1	-1	1	1	77,85	77,78	78,09	78,11	78,15	78,00	0,0227
4	1	-1	-1	1	1	76,15	75,95	75,71	75,75	75,81	75,87	0,0257
5	1	1	1	-1	1	74,05	74,14	74,07	74,94	74,13	74,27	0,1147
6	1	-1	1	-1	1	72,36	72,58	72,41	72,14	72,05	72,31	0,0364
7	1	1	-1	-1	1	76,52	76,49	76,68	76,74	76,87	76,66	0,0199
8	1	-1	-1	-1	1	73,69	73,45	73,85	73,65	73,58	73,64	0,0173
9	1	1	1	1	-1	78,84	78,95	79,21	79,05	79,17	79,04	0,0188
10	1	-1	1	1	-1	73,91	73,95	74,21	74,14	74,04	74,05	0,0127
11	1	1	-1	1	-1	80,55	80,72	80,93	80,85	80,72	80,75	0,0168
12	1	-1	-1	1	-1	76,32	76,54	76,32	76,64	76,32	76,43	0,0185
13	1	1	1	-1	-1	77,23	77,65	77,69	77,78	77,45	77,56	0,0389
14	1	-1	1	-1	-1	74,17	74,16	74,21	73,68	74,15	74,07	0,0392
15	1	1	-1	-1	-1	79,51	79,67	79,78	79,9	79,83	79,74	0,0186
16	1	-1	-1	-1	-1	75,87	75,89	75,45	75,74	75,82	75,75	0,0258
17	1	1,414	0	0	0	77,25	77,56	77,65	77,78	77,82	77,61	0,0413
18	1	-1,414	0	0	0	71,65	71,84	71,21	71,98	71,54	71,64	0,0701
19	1	0	1,414	0	0	72,12	72,25	72,78	72,09	72,11	72,27	0,0682
20	1	0	-1,414	0	0	75,19	75,16	75,21	74,97	74,86	75,08	0,0192
21	1	0	0	1,414	0	77,94	77,89	77,14	77,2	77,36	77,51	0,1169
22	1	0	0	-1,414	0	76,55	76,12	76,02	76,12	76,07	76,18	0,0363
23	1	0	0	0	1,414	73,91	73,68	73,86	73,65	73,45	73,71	0,0269
24	1	0	0	0	-1,414	76,72	76,86	76,56	76,79	76,64	76,71	0,0113
25	1	0	0	0	0	74,87	74,89	75,45	75,74	75,82	75,35	0,1650

Вирішуючи систему рівнянь, отримали координати нового центру

$$\begin{cases} x_{1s} = 0,15 \\ x_{2s} = 0,98 \\ x_{3s} = -0,18 \\ x_{4s} = -0,09 \end{cases}$$

Підставивши значення в рівняння регресії (4.6), отримали значення змінної стану в центрі  $S$ , тобто  $y_s = 75,51$ .

При розкодуванні математичної моделі отримали

$$y_i = -0,732 - 0,877\omega + 0,026P_D - 1,8P_B + 0,168d - 0,003W_H d + \\ + 0,003P_B d - 0,00005P_D^2 + 0,284P_B^2 + 0,00013d^2. \quad (4.7)$$

Розкодований центр при оптимумі відповідає  $\omega = 0,81 \text{ с}^{-1}$ ;  $P_D = 495 \text{ Н}$ ;  $P_B = 2,59 \text{ кПа}$ ;  $d = 144,1 \text{ мм}$ .

Оптимальне значення функції відповідає  $y_i = W_{m\phi} = 75,51\%$ .

Розглянемо можливі двовимірні перетини, що мають найбільше практичне значення [5].

1) Двовимірний перетин поверхні відгуку, характеризуючий показник внутрішнього тиску валика і діаметр валика при  $x_1 = 0, x_2 = 0$

$$y_i = 75,94 - 0,95x_3 + 30,48x_4 + 12,44x_3x_4 + 2,55x_3^2 + 288,6x_4^2$$

Розрахували часткові похідні

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_3} = -0,95 + 12,44x_4 + 5,1x_3 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = 30,48 + 12,44x_3 + 577,2x_4 = 0 \end{cases}$$

$$x_{3s} = 0,33, x_{4s} = -0,06, y_s = 78,22.$$

Проводили канонічне перетворення рівняння, для чого вирішували систему

$$f(B) = \begin{vmatrix} 2,55 - B & 6,22 \\ 6,22 & 288,6 - B \end{vmatrix} = (2,55 - B)(288,6 - B) - 6,22^2 = 0.$$

Власні числа даного характерного рівняння будуть

$$B_{33} = 0,135, B_{44} = -286,2$$

Канонічні рівняння з врахуванням вище наведеного має вигляд

$$Y - 78,22 = 0,135X_3^2 - 286,2X_4^2$$

Кут повороту осей координат в точці  $S$  визначили за формулою (3.28)

$$ctg 2\alpha = \frac{2,55 - 288,6}{12,44},$$

$$\alpha = -1^\circ 25'.$$

2) Двовимірний перетин поверхні відгуку, який характеризує показник сили притискання валика і його діаметр

При  $x_1 = 0, x_3 = 0$

$$y_i = 75,94 + 3,31x_2 + 30,48x_4 - 5,5x_2^2 + 288,6x_4^2$$

отримали

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_2} = 3,31 - 11x_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = 30,48 + 577,2x_4 = 0 \end{cases}$$

$$x_{2s} = 1, x_{4s} = 0,05, y_s = 75,99.$$

Власні числа даного характерного рівняння

$$B_{22} = -5,5, B_{44} = -288,6.$$

Канонічне рівняння при цьому має вигляд

$$Y - 75,99 = -5,5X_2^2 - 288,6X_4^2.$$

Кут повороту осей координат в точці S

$$\alpha = 0^\circ.$$

Оскільки коефіцієнти регресії мають однакові знаки, то поверхня має екстремум і центр фігури S знаходиться поблизу центру експерименту.

3) Двовимірний переріз поверхні відгуку, який характеризує показник сили притискання валика і його внутрішній тиск

При  $x_1 = 0, x_4 = 0$ :

$$y_i = 75,94 + 3,31x_2 - 0,95x_3 - 5,5x_2^2 + 2,55x_3^2.$$

отримали

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_2} = 3,31 - 11x_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = -0,95 + 5,1x_3 = 0 \end{cases}$$

$$x_{2s} = 0,3, x_{3s} = 0,19, y_s = 76,35.$$

Власні числа даного характерного рівняння будуть

$$B_{22} = -5,5, B_{33} = -2,55.$$

Канонічні рівняння при цьому мають вигляд

$$Y - 76,35 = -5,5X_2^2 - 2,5X_3^2.$$

Кут повороту осей координат в точці S:

$$\alpha = 0^\circ.$$

Так як коефіцієнти від'ємні, поверхня відгуку являє собою еліпсоподібну опуклість, максимум (рис. 4.6).

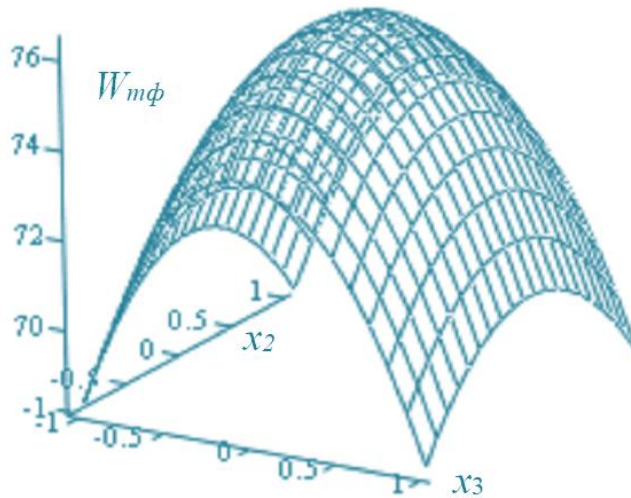


Рисунок 4.6 – Двовимірний перетин при  $x_1 = 0, x_4 = 0$

4) Двовимірний перетин поверхні відгуку, який характеризує показник кутової швидкості обертання відтискного пристрою і діаметр валика

При  $x_2 = 0, x_3 = 0$ :

$$y_i = 75,94 - 46,7x_1 + 30,48x_4 - 353,7x_1x_4 + 288,6x_4^2,$$

отримали

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = -46,7 - 353,7x_4 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = 30,48 + 353,7x_1 + 577,2x_4 = 0 \end{cases}$$

$$x_{1s} = 0,3, x_{4s} = 0,13, y_s = 56,98.$$

Власні числа даного характерного рівняння будуть

$$B_{11} = 83,7; B_{44} = -372,3.$$

Канонічні рівняння при цьому

$$Y - 56,98 = 83,7X_1^2 - 372,3X_4^2.$$

Кут повороту осей координат в точці S

$$\alpha = 0^\circ.$$

Оскільки коефіцієнти мають різні знаки, поверхня відгуку являє собою контурні гіперболи, центр - витягнуте "сідло" або мінімакс (рис. 4.7).



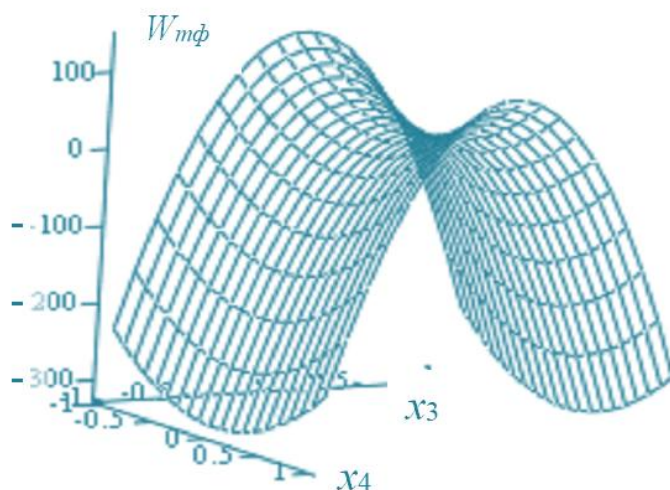


Рисунок 4.7 – Двовірний переріз при  $x_2 = 0, x_3 = 0$

Залежність вологості твердої фракції гною від кожного фактора окремо будувалась по отриманому рівнянню регресії (4.6). Для цього в нього підставлялись значення трьох факторів на нульовому рівне, а четвертому задавались різні значення в межах інтервалу варіювання (рис. 4.9-4.12)

На основі аналізу залежності (рис. 4.8) можна зробити висновок, що при збільшенні сили притискання валика від 100 до 500 Н йде різке зниження вологості твердої фракції до певного значення. А після 500 Н зміна вологості не спостерігається.

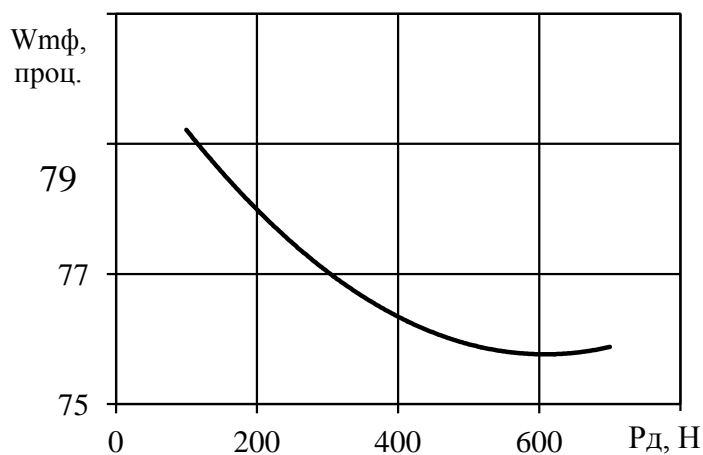


Рисунок 4.8 – Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від сили притискання валика  $P_d$  при  $x_1 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$

З аналізу залежності на рис. 4.9 випливає, що при збільшенні кутової швидкості відтискного пристрою вологість твердої фракції буде зростати, так як не вся волога встигає виділитись з твердої фракції при відтисканні.

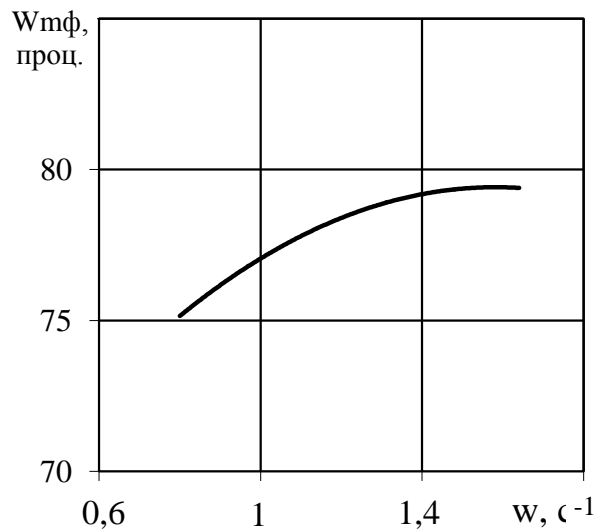


Рисунок 4.9 – Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від кутової швидкості відтискного пристрою  $\omega$  при  $x_2 = 0$ ,  $x_3 = 0$ ,  $x_4 = 0$

З представленого графіка на рис. 4.10 видно, що вологість твердої фракції, буде зменшуватись при встановленні більшого діаметра валика. Але, якщо він буде більше 150 мм, вологість твердої фракції практично не буде змінюватись.

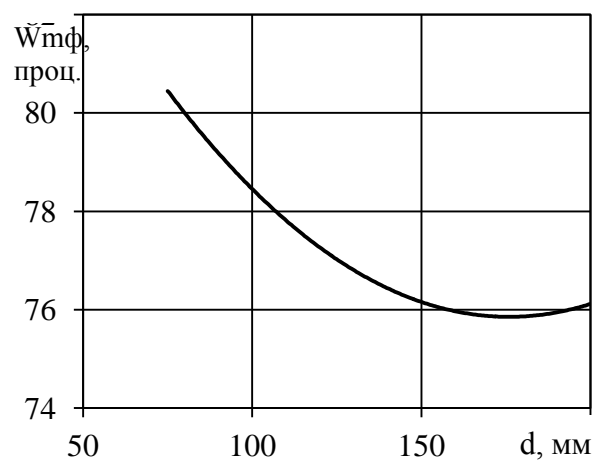


Рисунок 4.10 – Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від діаметра валика  $d$  при  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ ,  $x_3 = 0$

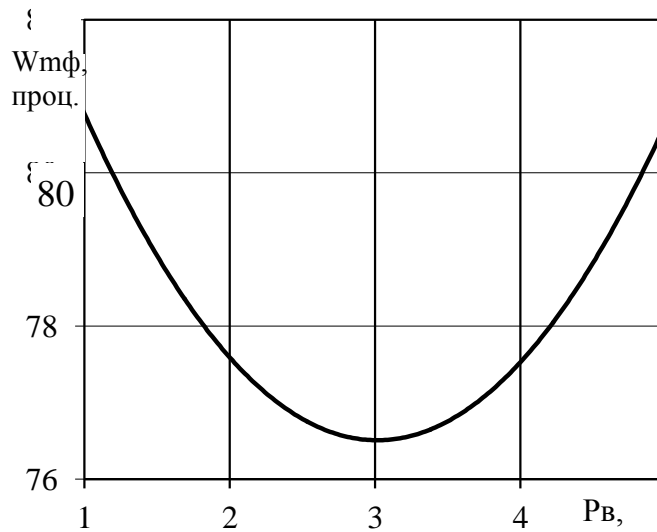


Рисунок 4.11 – Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від внутрішнього тиску валика  $P_B$  при  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ ,  $x_4 = 0$

З аналізу рис. 4.11 маємо, що вологість твердої фракції буде збільшуватись в обох напрямках від особливої точки поверхні відгуку ( $P_B = 2,64$  кПа). При зменшенні внутрішнього тиску від цієї точки питомий тиск валика на шар твердої фракції буде зменшуватись, а це призведе до підвищення кінцевої вологості твердої фракції. А при збільшенні внутрішнього тиску площа контакту валика із шаром твердої фракції буде зменшуватися, а значить і час тиску на шар також.

#### 4.4 Висновки до розділу

1. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність вологості рідкої фракції  $W_\phi$  від ширини щілини  $b$  фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при різній вихідній вологості гною.

2. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність коефіцієнта кольтматації  $K$  від ширини щілини  $b$  фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при різній пористості перегородки.

3. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність

продуктивності безнапірного дугового сепаратора  $Q_n$  без відтискного пристрою від глибини потоку гною  $h_c$  при різній його вологості.

4. В результаті експериментальних досліджень встановлено зміну вологості твердої фракції  $W_{mf}$  по довжині фільтрувальної перегородки  $l_c$  безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою при різній продуктивності.

5. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежності вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від сили притискання валика  $P_d$ , кутової швидкості відтискного пристрою  $\omega$ , діаметра валика  $d$ . З аналізу результатів маємо, що вологість твердої фракції буде збільшуватись в обох напрямках від особливої точки поверхні відгуку ( $P_B = 2,64$  кПа). При зменшенні внутрішнього тиску від цієї точки питомий тиск валика на шар твердої фракції буде зменшуватись, а це призведе до підвищення кінцевої вологості твердої фракції.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

«Згідно Закону України «Про охорону праці» охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною необхідно дотримуватися нормативної документації з охорони праці і відповідних відомчих норм технологічного проектування» [41].

«Згідно Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» об'єкт підвищеної небезпеки – об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру» [42].

### **5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які впливають на працівників та довкілля**

«Тверді відходи, що утворюються при виробництві продуктів тваринництва, включають відходи кормів, відходи тваринного походження і туші тварин. До інших відходів відносяться різні типи упаковки (наприклад, для кормів та пестицидів), відпрацьовані вентиляційні фільтри, невикористані або зіпсовані лікарські препарати, використані засоби для збирання та шлам від очищення стічних вод, якщо вона проводиться (шлам, крім небезпечних складових, може містити залишкові кількості стимуляторів росту та антибіотиків). На додаток до наведених нижче спеціальних інструкцій для цієї галузі відходи слід переробляти та видаляти відповідно до інструкцій для небезпечних та безпечних відходів».

«Виробництво продуктів тваринництва створює значну кількість відходів тваринного походження, переважно у вигляді неперетравлених біогенних речовин, що виділяються у формі гною. Наприклад, доросла свиня виділяє в середньому 67% білків, що містяться в кормі, з сечею і фекаліями».

«Гній містить азот, фосфор та інші речовини, що виділяються, що може призводити до викиду в повітря аміаку та інших газів і виникнення ризику забруднення поверхневих водних ресурсів і підземних вод за рахунок вилуговування і стоку. Гній також містить збудників захворювань, включаючи бактерії, патогенні мікроорганізми, віруси, паразитів та пріони, які також можуть впливати на ґрунт, воду та рослини (які споживають люди, сільськогосподарські та дикі тварини). Більшість відходів тваринного походження створюється у місцях утримання, годівлі та водопою. Відходи тваринного походження можуть бути рідкими, у вигляді шламу, або твердими, залежно від вмісту твердих речовин. Система поводження з відходами у тваринництві включає збирання, транспортування, зберігання очищення та використання (на відміну від видалення) відходів для зниження їх негативного впливу».

«Системи збору гною включають ґратчасті підлоги, через які гній падає на ділянки зберігання під підлогою, збір із суцільної підлоги та змив водою. Найчастіше гній зберігають у підземних резервуарах, круглих наземних резервуарах і відсипаних по берегах лагунах і збірниках з стінками, що протираються (наземні збірники з бетонних плит з прорізами, через які рідина просочується в збірний резервуар). Лагуни необхідно огороджувати, щоб запобігти доступу диких тварин і місцевого населення».

«Гній можна використовувати як добрива на землях, що культивуються, після ретельної оцінки можливого впливу у зв'язку з присутністю в гною шкідливих хімікатів і біологічних компонентів. Результати оцінки можуть вказувати на необхідність деякого рівня очищення та підготовки перед застосуванням як добрива, а також встановлювати дозу внесення».

«Рекомендується використовувати наведені нижче заходи контролю для мінімізації отриманої кількості гною, сприяння використанню відходів

тваринництва та зниження міграції забруднень у поверхневій воді, підземній воді та атмосфері:

- Застосування комплексного плану щодо використання біогенних речовин та поводження з відходами з урахуванням можливих шкідливих компонентів у відходах, включаючи можливий рівень фітотоксичності, можливе накопичення шкідливих речовин у ґрунті та рослинності, а також контроль за дотриманням обмежень запровадження біогенних речовин та граничних значень забруднення підземних вод.

- Дотримання визнаних міжнародних правил, у тому числі опублікованих Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО), за вимогами до земель для тваринницького виробництва для поголів'я худоби в умовних одиницях на гектар (га) для забезпечення необхідної площі угідь для розміщення гною .

- Узгодження вмісту кормів з конкретними потребами харчування тварин на різних стадіях виробництва та зростання тварин.

- Використання раціонів з низьким вмістом білка та добавками амінокислот (наприклад, зниження на 1% вмісту білка в кормі для свиней може дати зменшення на 10% кількості азоту, що викидається ними).

- Подрібнення кормів для підвищення ефективності їх засвоєння тваринами, що дозволить використовувати меншу кількість кормів і тим самим зменшити кількість гною, що виділяється (а також підвищити ефективність

- Використання раціонів з низьким вмістом фосфору та легко перетравлюваними неорганічними фосфатами.

- Використання високоякісних, незабруднених кормів (наприклад, коли відома концентрація пестицидів, діоксинів тощо, і вона не перевищує прийнятної рівня), які містять не більше міді, цинку та інших добавок, ніж це потрібно для здоров'я тварин.

- Забезпечення такої конструкції виробничих споруд та споруд для зберігання гною, яка б запобігала забрудненню сечею та гною поверхневих та підземних вод (наприклад, використання бетонної підлоги, збирання рідких стоків

із загонів та використання водостічних жолобів на дахах будівель для збору та направлення в окремі водозливи чистих зливових стоків).

- Зберігання відходів у максимально сухому стані, збирання відходів замість змивання їх водою або на додаток до нього при видаленні відходів.
- Зменшення кількості води, що використовується для прибирання (наприклад, використання насадок високого тиску з низькими витратами).
- Зведення до мінімуму площі поверхні гною під час зберігання.
- Охолодження поверхні гною для підтримки, якщо можливо, температури не більше 15 °C (наприклад, за допомогою ребер, що охолоджують, на поверхні гною) для зниження викиду аміаку.
- Розміщення гнойових куп далеко від водойм, заплав, усть свердловин та інших критичних біотопів.
- Забезпечення регулярного збирання твердих відходів на пасовищах (наприклад, підстилки та гною), щоб вони не лежали на землі протягом тривалого часу.
- Скорочення проникнення дощових опадів у системи зберігання за допомогою укриття резервуарів зі шلامом або лагун жорстким дахом або плаваючим покриттям, а також за допомогою розміщення сухого гною або підстилки на покритих ділянках або під дахом.
- Регулярний контроль витоків із системи зберігання (наприклад, огляд резервуарів для виявлення корозії швів, особливо поблизу рівня землі, щорічне спорожнення та перевірка резервуарів).
- Використовуйте подвійні засувки на виході з резервуарів для рідини для зменшення ймовірності розливу.
- Розкидання гною тільки в рамках добре спланованої стратегії, яка враховує можливий ризик для здоров'я та навколишнього середовища, що викликається присутністю у гною хімічних та біологічних речовин, а також баланс біогенних речовин у сільськогосподарському виробництві.



- Забезпечення внесення гною в орні землі лише в періоди, коли він придатний для використання як живлення рослин (зазвичай безпосередньо перед початком сезону зростання).

- Спорудження ємностей для зберігання гною, розрахунок виробництва гною протягом 9-12 місяців або з таким розрахунком, щоб уникнути надмірного внесення».

## **5.2 Склад повітря в виробничих приміщеннях та в плив на працівників та довкілля**

«Викиди в атмосферу з об'єктів тваринницького виробництва включають аміак (наприклад, при поводженні з відходами тваринного походження), метан та оксид азоту (наприклад, при годівлі тварин та поводженні з відходами), запах (наприклад, при утриманні тварин та поводженні з відходами), біологічні аерозолі та пил (наприклад, при зберіганні кормів, завантаженні та розвантаженні, харчуванні та операціях по поводженню з відходами).

- Розгляд можливості розташування нових споруд з урахуванням відстані від сусідніх населених пунктів та поширення запаху.

- Регулювання температури, вологості та інших зовнішніх факторів під час зберігання гною для зниження викидів в атмосферу.

- Розгляд можливості компостування гною зниження виділення запаху.

- Зменшення викидів та запаху при внесенні у ґрунт за допомогою внесення на кілька сантиметрів під поверхню ґрунту та за допомогою вибору відповідних погодних умов (наприклад, напрям вітру у протилежний від населених пунктів бік).

- При необхідності – щотижневе внесення хімікатів (наприклад, інгібітор уреаз) для зниження переходу азоту до аміаку».

«На тваринництво припадає 9 % антропогенних викидів в атмосферу CO<sub>2</sub> (головним чином за рахунок вирубки лісу та змін у землекористуванні з переходом на луки та пасовища з кормовими культурами), 37 % антропогенних

викидів в атмосферу метану, в основному від ферментації у шлунку жуйних, та 6 % антропогенних викидів в атмосферу оксиду азоту, основна частина яких посідає гній. Метан має у 23 рази більший потенціал глобального потепління (ПГП), ніж CO<sub>2</sub>, а оксид азоту має у 296 разів більший ПГП, ніж CO<sub>2</sub>».

«За допомогою підвищення продуктивності тваринництва виробники можуть одночасно підвищити свої доходи та знизити викиди метану. Метан може утворюватися в гною під дією бактерій».

«Аміак та інші джерела запаху утворюються насамперед у процесі денітрифікації гною та можуть викидатися безпосередньо в атмосферу на будь-якій стадії процесу переробки гною, включаючи викиди через вентиляцію будівель та на ділянках зберігання гною. На рівень викидів аміаку впливають також навколишня температура, швидкість вентиляції, вологість, складований обсяг, якість підстилки та склад корму (сирий білок). Газоподібний аміак (NH<sub>3</sub>) має гострий і їдкий запах і може діяти як дратівлива речовина, коли є достатньо високою концентрацією. Аміак, обложений у поверхневих водах, може призвести до їх евтрофікації. Викиди аміаку також знижують вміст азоту і таким чином знижують цінність гною як добрива».

«Джерелами органічного пилу в тваринницькому виробництві є навантаження/розвантаження та зберігання зерна та молочного порошку, які можуть включати частки зерна, кліщів, грибки та бактерії, а також неорганічні речовини. До інших подразників дихальних шляхів відноситься сеча та гній тварин. Ділянки зберігання гною (наприклад, гною на скотних дворах, насосні станції, резервуари-сховища та цистерни для внесення) можуть виділяти шкідливі гази, наприклад, сірководень».

«Роботи, що створюють ризик впливу пилу, включають, серед іншого, очищення силосовищ та зернових бункерів, розмелювання кормового зерна та перевантаження відходів тваринництва. При короткочасних випадкових впливах великих концентрацій органічного пилу в умовах сільськогосподарського виробництва можуть виникати гострі токсичні альвеоліти, відомі також як токсичний синдром органічного пилу. Деякі типи пилу (наприклад, від

запліснявілого фуражу, зерна або сіна) містять антигени, які викликають сильне подразнення дихального тракту. Вдихання пилу від запліснілих кормів може призвести до постійного легеневого захворювання, що зазвичай називається легкі фермери».

«На додаток до інструкцій щодо запобігання загальному впливу пилу та боротьби з ним, наведеним у розділі про професійні захворювання та техніку безпеки, спеціальні рекомендації для цієї галузі щодо пилоподавлення включають таке:

- Використання місцевої витяжної вентиляції на устаткуванні, що створює пил, такому як силосховища і дробарки.

- Зберігання тільки сухого зерна (а також сухого, добре витриманого фуражу та сіна) для уповільнення розвитку мікроорганізмів.

- Ремонт та/або виведення з експлуатації споруд для рідкого гною тільки силами фахівців з відповідною підготовкою та кваліфікацією, відповідно до суворого порядку доступу до обмеженого простору, включаючи застосування індивідуальних засобів захисту, таких як дихальні апарати з подачею повітря».

«Пил може викликати порушення дихальних органів у працівників».

«Пил може викликати порушення дихальних органів та сприяти поширенню запаху та захворювань. Для зниження утворення пилу рекомендується такі заходи:

- Встановлення систем збору пилу при проведенні операцій, що створюють пил, таких як розмелювання корму.

- Запобігання вибиванню пасовищ.

- Введення заходів зниження неконтрольованих викидів пилу, таких як часте змочування, при необхідності, заповишених проїжджих доріг».

«Рекомендаційні заходи для зниження викидів метану на виробництві:

- Підвищення продуктивності та ефективності тваринницького виробництва (і, таким чином, зниження виробництва метану на умовну одиницю поголів'я) за допомогою покращення харчування та генетики.

- Збільшення ставлення вуглецю до азоту в кормах для зниження вироблення метану та оксиду азоту.
- Введення збалансованого харчування (наприклад, оптимізація білків та амінокислот відповідно до потреб певних груп тварин).
- Облік різних технологій запобігання викидам метану з гною, включаючи регульоване анаеробне зброджування (для виробництва біогазу), спалювання в печі та факелі, використання біофільтрів, компостування та аеробне очищення. Використання анаеробної ферментації може знизити викиди оксиду азоту.
- Зведення до мінімуму виробництва гною за допомогою методів поводження з відходами тваринного походження».

### **5.3 Хвороби тварин та вплив на працівників**

«Збудники хвороб тварин можуть швидко поширюватись, особливо при інтенсивному тваринництві. Збудники хвороб тварин можуть проникати в споруди з тваринами, обладнанням або людьми, що знову надходять. Деякі хвороби можуть послаблювати чи губити велику кількість тварин в інфікованому об'єкті. У деяких випадках єдиним доступним засобом захисту для підприємства виявляється забій усієї групи тварин, що виробляється для того, щоб запобігти поширенню захворювання на інші частини об'єкта або інші об'єкти. Способи запобігання поширенню захворювання залежать від типу тварин, способу поширення даного захворювання та інфікування тварин, а також сприйнятливості тварин до кожного конкретного захворювання».

«Ключовим моментом для розробки відповідних заходів профілактики захворювань є наявність точної інформації про захворювання тварин та про методи їх профілактики. Деякі з рекомендованих заходів боротьби загального характеру зниження можливості поширення збудників хвороб тварин включають наступні чинники:

- контроль за тваринами, обладнанням, персоналом і дикими або домашніми тваринами, що потрапляють у приміщення (наприклад, введення карантину для новонароджених тварин, промивання та дезінфекція клітей, дезінфекція та надягання чохлів на взуття перед входом у приміщення з тваринами, надання захисного одягу персоналу та перекриття отворів у будинках, щоб не допускати проникнення диких тварин);

- щодо автотранспорту, що курсують між фермами (наприклад, перевезення ветеринарів, постачання на ферму, покупці тощо), необхідно вживати особливих запобіжних заходів, таких як обмеження їх руху спеціальними зонами, на яких вжито заходів біологічного захисту, оббрикування шин та обробка місць стоянки дезінфікуючими засобами;

- санітарна обробка ділянок утримання тварин;

- виявлення та відділення хворих тварин та розробка порядку належного видалення та поховання мертвих тварин;

- пропозиція по обробитку гною».

*Шкідливі фізичні впливи та прояви.* «З усіх основних секторів зайнятості сільське господарство має найбільш тривожну статистику нещасних випадків зі смертельними наслідками та професійною захворюваністю. Проблеми професійної захворюваності та техніки безпеки у зв'язку із повсякденною діяльністю у галузі тваринництва включають такі: схильність до впливів, схильність до впливів, схильність агентів, обмежений простір».

«Багато травм, пов'язані з технікою безпеки та охороною праці на виробництві, виникають при управлінні та ремонті обладнання та автомобілів, при спотиканні та падінні та підйомі важких вантажів».

«В даній роботі наведені заходи які впроваджуються для тваринницького виробництва та слугують для зниження нещасних випадків під час виконання технологічних операцій. Крім того, наведені нижче заходи, специфічні для тваринницького виробництва, можуть знизити ризик аварій та травм:

- забезпечення перекриття поверхні всіх підземних резервуарів та лагун для зберігання гною та їх огороження на достатній висоті;

- зберігання рідкого гною (наприклад, у гноєприймачах, насосних станціях, резервуарах-сховищах та цистернах для внесення) для мінімізації виділення шкідливих газів (наприклад, сірководню);
- проектування загонів, воріт та проходів для полегшення переміщення тварин та скорочення кількості працівників на фермі, які потребують доступу до загону;
- навчання персоналу безпечних методів догляду за тваринами метою якого є зниження травматичних випадків, пов'язаних з укусами і ударами тварин».

*Шкідливі хімічні дії.* «У всьому циклі виробництва яловичини, молока та свинини використовуються шкідливі матеріали (наприклад, дезінфікуючі засоби, антибіотики та гормональні препарати). Вплив хімікатів необхідно запобігати та контролювати відповідно до інструкцій».

*Вплив пестицидів на працівників.* «Можлива дія пестицидів включає потрапляння на шкіру та вдихання при їх підготовці та внесенні, а також потрапляння всередину при вживанні забрудненої води. Ефект такого впливу може посилюватися за рахунок кліматичних умов, таких як вітер, який може підвищувати можливість непередбаченого перенесення або високої температури, яка може перешкоджати використанню оператором засобів індивідуального захисту».

«Рекомендується наступні впровадження:

- навчання персоналу внесення пестицидів та проведення необхідної атестації персоналу або рівноцінної підготовки, коли така атестація не потрібна;
- витримування інтервалів після обробки, щоб уникнути впливу на операторів при їх виході на посівні площі із залишками пестицидів;
- дотримання інтервалів перед збиранням урожаю, щоб уникнути впливу на операторів залишків пестицидів на продуктах у процесі збирання врожаю;
- дотримання правил гігієни (відповідно до ФАО та Плану поводження з пестицидами [Pesticide Management Plan]), щоб уникнути впливу залишків пестицидів на членів сімей працівників».

## 5.4 Дії у разі настання надзвичайної ситуації

«Надзвичайною ситуацією вважається порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, в тому числі епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат» [11].

«Надзвичайною ситуацією під час виробництва йогуртів на рослинній сировині може бути ураження електричним струмом».

«Дії при ураженні електричним струмом не медичними працівниками:

- 1) переконатися у відсутності небезпеки;
- 2) якщо постраждалий перебуває під дією електричного струму, при можливості припинити його дію: вимкнути джерело струму, відкинути електричний провід за допомогою сухої дерев'яної палиці чи іншого електронепровідного засобу;
- 3) провести огляд постраждалого, визначити наявність свідомості, дихання;
- 4) викликати бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги;
- 5) якщо у постраждалого відсутнє дихання, розпочати проведення серцево-легеневої реанімації;
- 6) якщо постраждалий без свідомості, але дихання збережене, надати постраждалому стабільного положення;
- 7) накласти на місця опіку чисті, стерильні пов'язки;
- 8) забезпечити постійний нагляд за постраждалим до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги;
- 9) при погіршенні стану постраждалого до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги повторно зателефонувати диспетчеру екстреної медичної допомоги» [12].

«Якщо потерпілий після звільнення від дії електричного струму і надання медичної допомоги прийшов до тями, його не слід одного відправляти додому або допускати до роботи. Такого потерпілого слід доставити в лікувальний заклад, де за ним буде встановлено спостереження, так як наслідки від впливу електричного струму можуть проявитися через кілька годин і привести до більш важких наслідків».

## **5.5 Висновки з розділу**

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при переробці і зберіганню відходів тваринництва.



## **6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ДУГОВОГО СЕПАРАТОРА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ**

### **6.1 Розрахунок економічного ефекту**

Для аналізу ефективності використання безнапірного дугового сепаратора з відтискними валиками, обладнаними гнучкою оболонкою, в технологічних лініях переробки гною, ми взяли найбільш поширені і відпрацьовані у виробництві технологічні схеми [3, 12]:

- 1) віброгрохот ГЛ-42 і шнек-прес Т1-ВПО- 20А;
- 2) серійне безнапірне дугове сито СД-Ф-50 і фільтрувальну центрифугу ІМЕСГ;
- 3) безнапірний дуговий сепаратор з відтискними валиками, що обладнані гнучкою оболонкою.

В кожній схемі передбачено подачу рідкого гною на поділ і відведення фільтрату та твердої фракції однаковими засобами механізації.

При розрахунку техніко-економічних показників витрата коштів в порівняльних лініях на експлуатацію даних ділянок ліній приймаються однаковими.

Техніко-економічна оцінка запропонованих варіантів поділу рідкого гною великої рогатої худоби на тверду і рідку фракції виконана для ферми на 400 голів з добовим виходом гною від однієї голови 40 кг.

Усі розрахунки виконані згідно методичних вказівок по комплексній оцінці техніки і технологій для тваринництва та птахівництва [25] нормативно-довідкових матеріалів [19] і інших методичних посібників [29].

Для кожного варіанту технологічної лінії, згідно методик, розраховані наступні питомі показники в розрахунку на 1 м<sup>3</sup> гною:

- 1) затрати праці, люд-год/м<sup>3</sup>;
- 2) річні експлуатаційні витрати, грн/м<sup>3</sup>;
- 3) наведені витрати, грн/м<sup>3</sup>;

4) питома енергоємність процесу, кВт·год/м<sup>3</sup>.

По кожному варіанту технологічної лінії за методикою [29], також розрахований комплексний коефіцієнт технологічного рівня  $K$ , який розраховується за наступним рівнянням

$$K = \frac{1}{m+n+p} \cdot (mK_{TY} + nI_O + pK_e), \quad (5.1)$$

де  $m, n, p$  – значення величин вагомості коефіцієнтів  $K_{TY}, I_O, K_e$ ;

$K_{TY}$  – коефіцієнт технічного рівня виробу;

$I_O$  – коефіцієнт інтегральної оцінки;

$K_e$  – коефіцієнт енергетичної ефективності виробу.

В зв'язку з складністю визначення значень коефіцієнтів вагомості  $m, n, p$  для практичних розрахунків використовується рівняння з поправочним коефіцієнтом  $R$ .

$$K = \frac{R}{3} \cdot (K_{TY} + I_O + K_e), \quad (5.2)$$

де  $R = 0,969$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив вагомості коефіцієнтів  $K_{TY}, I_O, K_e$ .

При  $K > 1$  – виріб або технологічна лінія перевищує світовий рівень;

$K = 1$  – виріб або технологічна лінія відповідає світовому рівню;

$K < 1$  – виріб або технологічна лінія не відповідає світовому рівню.

Коефіцієнт технічного рівня визначається за виразом

$$K_{TY} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5.3)$$

Де  $q_i = \frac{P_{ni}}{P_{oi}}$  – відносний показник якості для показників, збільшення значення яких підвищує технічний рівень;

$q_i = \frac{P_{oi}}{P_{ni}}$  – відносний показник якості для показників, збільшення значення яких зменшує технічний рівень;

$n$  – кількість показників якості.

Показником якості прийнята вологість твердої фракції гною після відтискання.

$P_{ni}, P_{oi}$  – абсолютне значення  $i$ -го показника який оцінюється з базового

виробу.

Коефіцієнт інтегральної оцінки

$$I_O = \frac{I_{\bar{o}}}{I_H}, \quad (5.4)$$

де  $I_{\bar{o}}, I_H$  – інтегральні показники базового і оцінюваного виробів

$$I_{(H,\bar{o})} = \frac{ПТ_H \cdot K_{mv}}{Ц\varphi(t) + Q_M t_{cl}^{-1} + E_u}, \quad (5.5)$$

де  $П$  – продуктивність, м<sup>3</sup>/год;

$T_H = \frac{U}{П}$  – річний наробіток виробу, год;

$U$  – об'єм матеріалу який переробляється,  $U = 3200$  м<sup>3</sup>;

$K_{mv}$  – коефіцієнт технічного використання;

$Ц$  – вартість виробу, грн.;

$\varphi(t)$  – коефіцієнт, що залежить від терміну служби виробу;

$Q_M$  – сумарна вартість монтажу виробу, віднесена до одного року, грн.;

$$Q_M = Ц \cdot q_m, \quad (5.6)$$

де  $q_m$  – частка відрахувань на монтаж виробу,  $q_m = 0,3$ ;

$t_{cl}$  – термін служби виробу,  $t_{cl} = 7$  років;

$E_u$  – річні експлуатаційні витрати, грн.;

$$E_u = Z_{OP} + Z_A + Z_e + Z_T, \quad (5.7)$$

$Z_{OP} = Цq_{OP}$  – річні звитрати коштів на ТО і ремонт,

де  $q_{OP}$  – частка середньорічних затрат від вартості виробу на ТО і ремонт.

$Z_A = Ц \cdot q_A$  – амортизаційні відрахування,

де  $q_A$  – частка амортизаційних відрахувань,  $q_{OP} + q_A = 0,15$ ;

$Z_e = q_e C_e U$  – затрати коштів на спожиту енергію,

де  $q_e$  – питома енергоємність процесу (електроенергія та ін.), кВт·год/м<sup>3</sup>; кг/м<sup>3</sup>  
та ін.

$C_e$  – вартість дійсної одиниці енергоносія,  $C_e = 0,126$  грн;

$Z_T = q_T C_T U$  – затрати коштів на оплату праці оператора,

де  $q_T$  – питомі затрати праці на одиницю перероблюваного матеріалу, люд.-  
год/м<sup>3</sup>;

$C_T$  – вартість однієї години роботи оператора,  $C_T = 7$  грн.

Коефіцієнт енергетичної ефективності що визначається за рівнянням

$$K_e = \frac{Q_{\delta}}{Q_n}, \quad (5.8)$$

де  $Q_{\delta}$ ,  $Q_n$  – загальні, включаючи речові і оперативні затрати енергії при виробництві (переробці) відповідно, базовим і оцінюваним виробом, МДж;

$$Q_{\delta(n)} = Q_m + Q_t = Q_m^n + Q_m^e + Q_m^{op} + Q_t, \quad (5.9)$$

де  $Q_m^n = m q_m t t_{cl}^{-1}$  – енергозатрати на виробництво виробу, МДж;

$Q_m^e = N \frac{U}{\Pi} q_e$  – енергозатрати використаних енергоносіїв при виробництві (переробці) продукції, МДж;

$Q_m^{on} = K_{on} \frac{U}{\Pi} m q_{on}$  – енергозатрати на технічне обслуговування і ремонт виробу, МДж;

$Q_t = \frac{U}{\Pi} q_t$  – енергоємність праці оператора, МДж

де  $m$  – маса виробу, кг;

$N$  – встановлена потужність приводу, Вт;

$t$  – річні затрати часу,  $t = 400$  год;

$t_{cl}$  – термін служби виробу, років;

$q_m$  – питомі енерговитрати на виготовлення виробу, МДж/м<sup>3</sup>;

$q_e$  – енергетичний еквівалент енергоносія, МДж/кВт·год;

$q_{op}$  – питомі енерговитрати на технічне обслуговування і ремонт виробу, МДж/м<sup>3</sup>·год;

$q_t$  – питомі затрати праці оператора, МДж/люд·год;

$K_{op}$  – частка нормативного часу на ТО і ремонт (приймається рівною  $q_{op}$  - частці середньорічних затрат на ТО і ремонт).

Підставляючи значення розрахованих коефіцієнтів в формулу (5.2) визначаємо комплексний коефіцієнт технічного рівня технологічної лінії. Основні показники техніко-економічних розрахунків зведені в табл. 5.2.

Коефіцієнт комплексної оцінки в оціночному варіанті рівний 0,97, а це означає, безнапірний дуговий сепаратор з гнучкими відтискними валиками

відповідає нормам, на відміну від першого і другого варіантів лінії.

Таблиця 5.2 – Питомі техніко-економічні показники різних варіантів технологічних ліній поділу гною на фракції

Вихідні дані та техніко-економічні показники	Варіанти технологічних ліній				
	I		II		III
	Попереднє зневоднення на віброгрохоті ГИЛ-42	Пресування в шнек-пресі Т1-ВПО-20А	Фільтрування на дуговому ситі СД-Ф-50	Дозневоднення в фільтруючій центрифугі ІМЕСГ	Зневоднення на безнапірному дуговому сепараторі з гнучкими відтискними валиками
Кількість, шт.	1	1	1	1	1
Встановлена потужність, кВт	10	13	1,1	13	1,1
Маса обладнання, кг	3210	4260	800	1450	850
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	45		55		60
Вартість обладнання, грн.	25670	210300	23700	27800	24100
Затрати праці, люд.-год/м <sup>3</sup>	0,22		0,18		0,16
Питома енергоємність процесу, кВт-год/м <sup>3</sup>	5,11		2,56		0,18
Річні експлуатаційні витрати, грн	27324		25757		24199
Наведені витрати					
- грн/м <sup>3</sup>	3,04		2,34		1,50
- відносно до оцінюваного	202		155		100
Енергозатрати, МДж/м <sup>3</sup>	104,53		73,50		39,75
Коефіцієнт комплексної оцінки <i>K</i>	0,52		0,61		0,97

## 6.2 Висновки з розділу

Аналіз питомих техніко-економічних показників показав, що використання безнапірних дугових сепараторів з гнучкими відтискними валиками в технологічних лініях переробки рідкого гною є економічно вигідним. При цьому, затрати праці скоротяться на 11...27%, експлуатаційні витрати на 27...43%. Економічний ефект для ферми на 400 корів складає 20,84 грн/м<sup>3</sup> або 51662,36 гривень в рік.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз технологій прибирання і утилізації рідкого гною показав, що найменш енергоємною і маловитратною є технологія з поділом на тверду та рідку фракції, з подальшим зберіганням і використанням кожної фракції окремо. Аналіз засобів механізації для розділення рідкого гною на фракції показав, що ряд переваг при виконанні цього процесу мають безнапірні дугові сепаратори. Вони заключаються в простоті пристрою і експлуатації, високій надійності технологічного процесу, відносно малих метало- і енергоємкостях. Однак, як і всі розглянуті технологічні засоби, вони не забезпечують отримання твердої фракції необхідної вологості, тому їх застосовують в поєднанні з іншими пристроями.

2. Робочий процес безнапірного дугового сепаратора слід розглядати як безперервне фільтрування з утворенням рухомого шару осаду. Об'ємна продуктивність дугового сепаратора залежить від його конструктивно-режимних параметрів та від фізико-механічних і технологічних властивостей оброблюваного рідкого гною. Основний вплив на продуктивність безнапірного дугового сепаратора надає тиск фільтрування, викликане дією гравітаційних і відцентрових сил. Основним в розглянутому процесі являється тиск, обумовлений гравітаційною складовою, а тиск, викликане відцентровою силою інерції, надає несуттєвий вплив на процес.

3. При розробці конструкції безнапірного дугового сепаратора слід передбачити сполучення криволінійної ділянки з прямолінійною, розташування якого визначає кут сходу, а його довжина повинна визначатись експериментально. Аналіз вибраної конструктивно-технологічної схеми безнапірного дугового сепаратора показав, що для більш якісного видалення вологи з твердої фракції гною великої рогатої худоби і очищення фільтруючої перегородки, на ділянку сходу її в приймальний бункер, для створення додаткового відтискного тиску, повинні бути встановлені пустотілі, заповнені стиснутим повітрям валики з еластичною гнучкою поверхнею і чистики щіткоподібної форми.

4. Теоретичні досліді робочого процесу безнапірного дугового сепаратора, обладнаного для додаткового відтиску вологи з твердої фракції гною пустотілими валиками з еластичною оболонкою, дасть змогу отримати функціональні рівняння для визначення його основних конструктивних і режимних параметрів.

5. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність вологості рідкої фракції  $W_{\phi}$  від ширини щілини  $b$  фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при різній вихідній вологості гною. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність коефіцієнта кольматації  $K$  від ширини щілини  $b$  фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при різній пористості перегородки. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність продуктивності безнапірного дугового сепаратора  $Q_n$  без відтискного пристрою від глибини потоку гною  $h_c$  при різній його вологості.

6. В результаті експериментальних досліджень встановлено зміну вологості твердої фракції  $W_{mf}$  по довжині фільтрувальної перегородки  $l_c$  безнапірного дугового сепаратора без відтискного пристрою при різній продуктивності. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежності вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від сили притискання валика  $P_o$ , кутової швидкості відтискного пристрою  $\omega$ , діаметра валика  $d$ . З аналізу результатів маємо, що вологість твердої фракції буде збільшуватись в обох напрямках від особливої точки поверхні відгуку ( $P_B = 2,64$  кПа). При зменшенні внутрішнього тиску від цієї точки питомий тиск валика на шар твердої фракції буде зменшуватись, а це призведе до підвищення кінцевої вологості твердої фракції.

7. Аналіз питомих техніко-економічних показників показав, що використання безнапірних дугових сепараторів з гнучкими відтискними валиками в технологічних лініях переробки рідкого гною є економічно вигідним. При цьому, затрати праці скоротяться на 11...27%, експлуатаційні витрати на 27...43%. Економічний ефект для ферми на 400 корів складає 20,84 грн/м<sup>3</sup> або 51662,36 гривень в рік.

## Список використаної літератури

1. Антонченко В.Я. Физика воды. – К.: Наукова думка, 1986. – 128 с.
2. А. с. 884600 СССР, МКИ А 01 С 3/00. Установка для фильтрации жидкого навоза / Фришерман Л.И., Цапун Л.А. – Оpubл. 30.11.81, Бюл. № 44.
3. А. с. 1099866 СССР, МКИ А 01 С 3/00. Установка для фильтрации жидкого навоза / Смирнов О.П., Фришерман Л.И., Калинин Ю.С. і др.– Оpubл. 30.06.84, Бюл. № 24.
4. А. с. 1142025 СССР, МКИ А 01 С 3/00. Установка для фильтрации жидкого навоза / Фришерман Л.И., Смирнов О.П., Цапун Л.А. і др. – Оpubл. 28.02.85, Бюл. № 8.
5. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. – Киев: Вища школа, 1976. – 184 с.
6. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.
7. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збурених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. – С.5-9.
8. Буряк Ю.Н., Рязанцев В.П. Удаление і утилизация навоза за рубежом // Достижения с.-х. науки і практики. Сер.2, 1982. - № 7. – С. 38-48.
9. Гарькавий А.Д. Конкурентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.
10. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.
11. 43. Жужиков В.А. Фильтрование. – М.: Химия, 1980. – 400 с.
12. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз



технологічних систем. Навчальний посібник. Частина 1. Вінниця.2010. – 113с.

13. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко \*[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . - Київ : Хай-Тек Прес, 2011. - 616 с.

14. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. ... за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.

15. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

16. Коваленко В.П. Механізація обробки бесподстилочного навоза. – М.: Колос, 1984. – 159 с., ил.

17. Ковалев Н.Г., Глазков И.К., Еселевич М.М. Системы удаления, переработки і применения навоза в качестве органических удобрений / ВАСХНИЛ. – М., 1977. – 41 с. (Обзорная информация)

18. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм і комплексов. – 2-е изд., перераб. і доп. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-ние, 1985. – 640 с., ил.(Учебники і учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

19. Методика комплексной оценки техники і технологий для животноводства, птицеводства і кормообеспечения. МФ-006-95. - Запорожье: РИП «Видавець», 1995. – 57 с.

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

21. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.

22. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник /

За ред...В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 140 с.

23. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2012. – 128 с.

24. Піскун В.І. Обґрунтування типорозмірного ряду установок розділення рідкого гною фізико-хімічним способом // Свинарство. Республіканський міжвідомчий темат. наук. збірник. – 1993. - № 47.

25. Письменов В.Н. Уборка, транспортировка і использование навоза. – М.: Россельхозиздат, 1973. – 200 с.

26. Ревенко І.І. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва: навч. Посібник: К. : Урожай, 1994. - 288 с.

27. Ревенко І.І. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств : навч. посібник / І. І. Ревенко [та ін.] ; за ред. І. І. Ревенка. - К. : Урожай, 1999. - 191 с.

28. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. – Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.

29. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. Введ. 01.01.2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.

30. Смирнов О.П., Кошевой Э.А. Сооружения по подготовке к использованию отходов животноводства. – К.: Урожай, 1989. – 152 с.

31. Солона О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солона, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 116 с.

32. Солона О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту / О.В. Солона, І.М. Купчук, В.І. Паламарчук. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.

33. Солона О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солона, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. –

84 с.

34. Солоня О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Вінниця, 2019. – 254 с.

35. Солоня О.В.. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / О.В. Солоня, В.С. Любин – Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2014. – 138 с.

36. Справочник. Информационные материалы к комплексной оценке техники і технологій для животноводства, птицеводства і кормообеспечения. /Под ред. Сичкаря В.Ф./ - Запорожье: РИП «Видавець». – 1995. – 350 с.

37. Теория, конструкция і производство сельскохозяйственных машин / Под ред. акад. Горячкина В.П. – Том 3: Теория. – М.-Л.,1936. – 779 с.

38. Технология утилизации бесподстильного навоза / Евсюков Т.П., Руденко П.Ф., Ридный В.Ф. і др. // Механизация технологических процессов в животноводстве: Сб. науч. тр. ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1992. – С. 61-68.

39. Фокина В.Д. Система сбора, удаления і хранения отходов из животноводческих помещений в соответствии с требованиями окружающей среды /за рубежом/. – Достижения с.-х. науки і практики. Сер. 2. – 1983. - № 1. – С. 38-45.

40. Drijfmestkeiders in ligboxenstallen–Bedrijfsontwikkeling,1996. 7,6 – 427-430.

41. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

42. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» Документ 2245-ІІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 26.04.2014, підстава - 1193-VІІ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>

43. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 (Розділи А.1 - А.20). Документ v0089217-96, поточна редакція — Редакція від 01.05.2008, підстава - va018609-08. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text>

44. Закон України «Про відходи». Документ 187/98-ВР, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>

45. Закони України «Про охорону навколишнього середовища». Документ 1264-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

46. Закони України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення». Документ 4004-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>

47. Закони України «Про ветеринарну медицину». Документ 2498-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12#Text>.

48. ВНТП-СГіП-46-9.94 «Системи підготовки та використання гною». Наказ від 01.02.2006 р. № 29. АПК-09.06.

49. ДБН В.2.2-1-95. Будівлі і споруди для тваринництва. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. Держкоммістобудування України. Київ 1995. 68 с.

50. НПАОП 0.00-1.13-71. Правила будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів.

51. ВБН -СГіП-46-3.94. ВБН-СГіП-46-3.94 (НАПБ 06.014-95) Перелік будівель і приміщень підприємств міністерства сільського господарства та продовольства України з встановленням їх категорії по вибухопожежній небезпеці, а також класів вибухопожежонебезпечних зон по ПУЕ.

52. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір. Київ. Держспоживстандарт України. 2008. 12 с.

53. ВНТП -СГіП-46-1.94. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства. Міністерство аграрної політики України.

54. НПАОП 01.41-1.08-82. Правила безпечного застосування рідкого аміаку в сільському господарстві.

# Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ОКСОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВЕЛИКОЇ  
РОГАТОЇ ХУДОБИ**

Виконав: студент групи МГМ-3  
**Панасенко Владислав Анатолійович**

Керівник: д-р техн. наук, старш. дос.  
**Алієв Ельчин Бахтиярович**

**Дніпро, 2021**

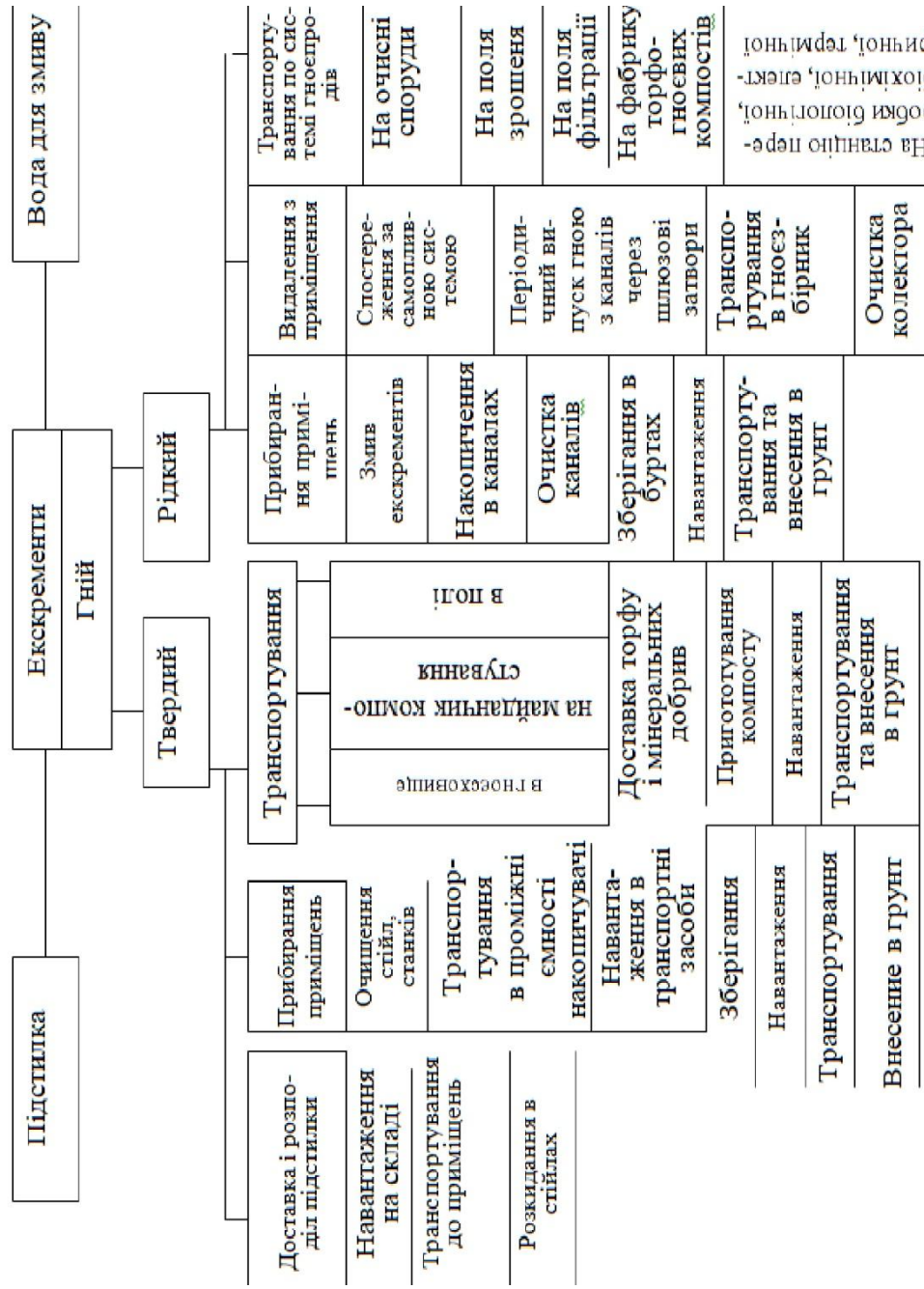
## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАТОРА РІДКОГО ГНОЮ

**Метою досліджень** є підвищення ефективності поділу рідкого гною дуговим сепараторного типу на тверду і рідку фракції за рахунок удосконалення його робочого профілювання параметрів.

### **Задачі дослідження:**

- проаналізувати існуючі способи і засоби механізації поділу рідкого гною на фракції основі обґрунтувати і вибрати для досліджування перспективний у використанні напірний дуговий сепаратор), виявити шляхи удосконалення його робочого профілювання для цього технічні рішення;
- виконати теоретичний аналіз робочого процесу і отримати аналітичні залежності значень параметрів безнапірного дугового сепаратора з покращеним робочим процесом;
- на основі прийнятої для дослідження конструктивно-технологічної схеми сепаратора виконати розробку конструктивних досліджень, виготовити експериментальні зразки безнапірного дугового сепаратора із порожнистими віджимними валиками;
- визначити раціональні конструктивні і режимні параметри модернізованого безнапірного сепаратора за допомогою дослідного зразка і перевірити достовірність теоретичних досліджень;
- визначити економічну ефективність використання безнапірного дугового сепаратора

## Схема технологічного процесу очищення, зберігання та утилізації гною на тваринницьких фермах





## Аналіз способів та технічних засобів розділення рідкого гною на фракції

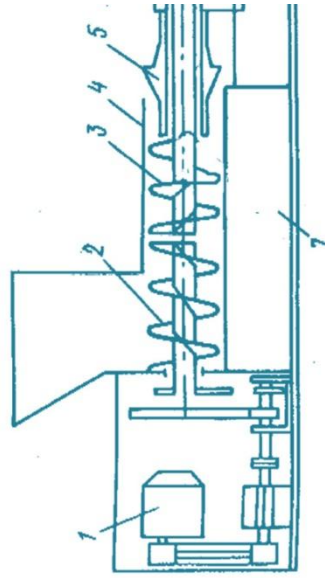
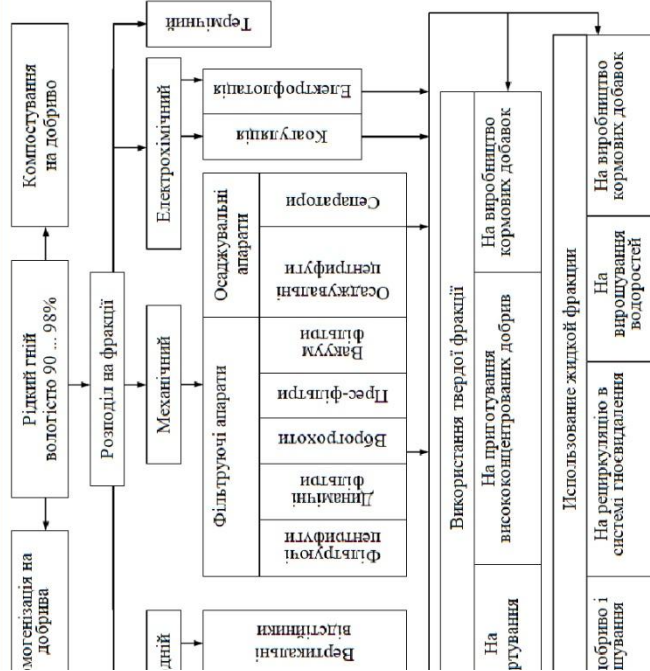
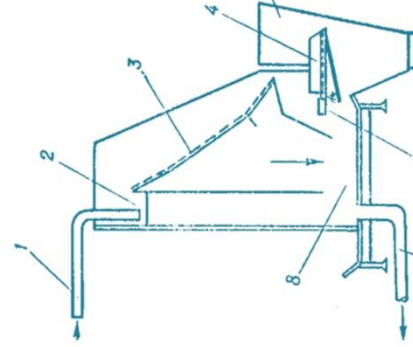


Схема фільтр-преса 1Т-ВПО-20А:

1 - електродвигун; 2 - подавальний шнек; 3 - піджимний шнек; 4 - перфорований циліндр; 5 - піджимний шнек; 6 - гідродвигун піджимного конуса; 7 - кожух

### Дугове сито зневодненням Т фракції гною

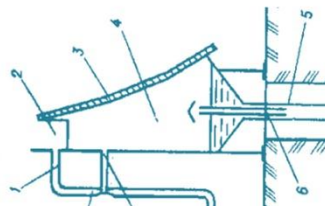
1 - подавальний трубопровід;  
 2 - водорозподільник;  
 3 - похила перфорована поверхня;  
 4 - поворотна полип;  
 5 - приймач твердої фракції;  
 6 - противага;  
 7 - відповідний трубопровід фракції;



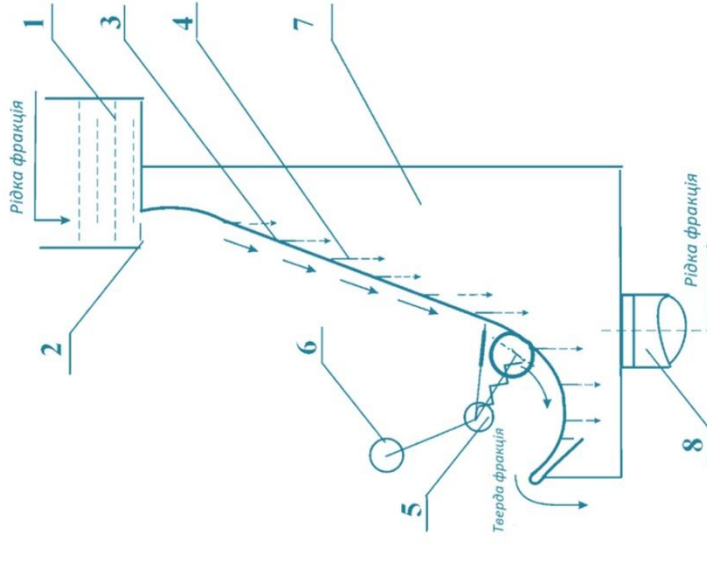
### Сифікація способів переробки рідкого гною

#### Дугове сито:

1 - подавальний трубопровід;  
 2 - водо-розподільний пристрій;  
 3 - похиле перфороване сито;  
 4 - камера прийому фільтрату;  
 5 - зливна труба;  
 6 - повітряна труба;



## Аналітичні дослідження робочого процесу безнапірного дугового сепаратора



на експериментального дугового сепаратора  
юділу рідкого гною на тверду і рідку фракції:

- 1 - приймальний бак; 2 - заслінка;
- 3 - фільтрувальна перегородка; 4 - відбивач;
- 5 - віджимний пристрій; 6 - електродвигун;
- 7 - корпус; 8 - пагрубок відводу фільтрату.

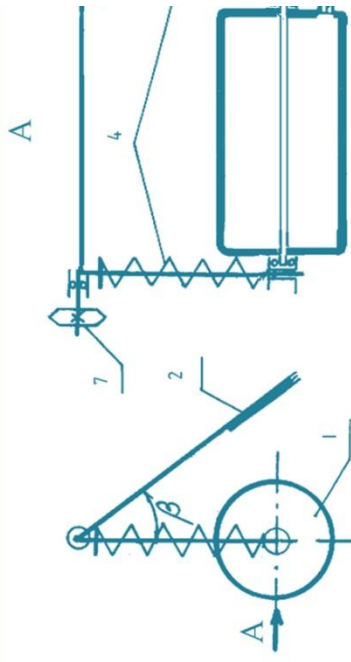


Схема віджимного пристрою:

- 1 - валик; 2 - чистик; 3 - кронштейн; 4 - пружини;
- 5 - шпундер; 6 - золотник; 7 - привідна зірочка.

Тиск фільтрування

$$\Delta P = \Delta P_{g1} + \Delta P_{ц1} = \frac{m_1 g}{F_{\phi 1}} \sin \phi_1 + \frac{n}{F_{\phi 1}}$$

де  $\Delta P_{g1}$  - тиск фільтрування від дії сил тяжіння, Па;

$\Delta P_{ц1}$  - тиск фільтрування від дії відцентрових сил, Па;

$m_1$  - маса рідкого гною в зоні фільтрування, кг;

$\phi_1$  - кут між напрямком дії тангенційної складової сил тя відцентрової сили, чисельно рівний центральному куту д фільтрування, град.;

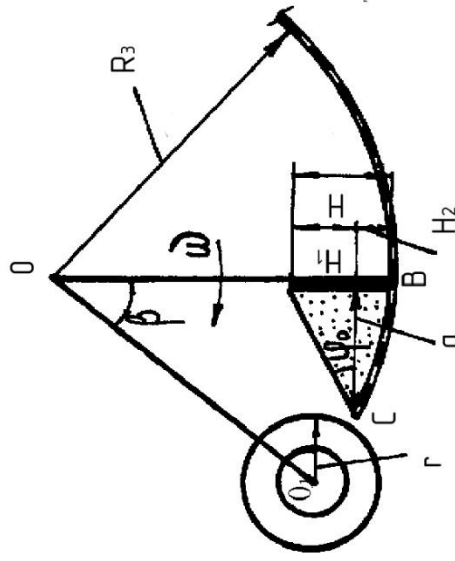
$F_{\phi 1}$  - площа фільтрування,  $F_{\phi 1} = B_C R_1 \phi_1$ , м<sup>2</sup>;

$B_C$  - ширина фільтруючої поверхні, м;

$R_1$  - радіус кривизни першої ділянки, м;

$v_0$  - початкова швидкість руху потоку, м·с<sup>-1</sup>;

## Обґрунтування основних параметрів чистика

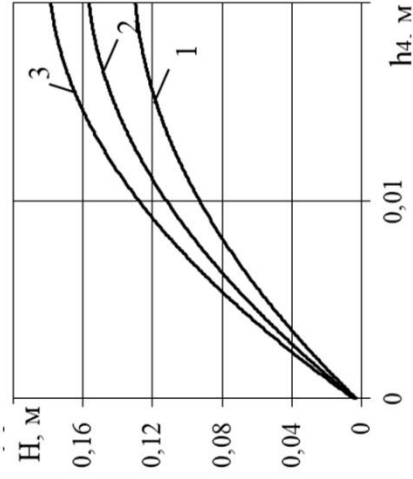


метри призми переміщення перед чистиком

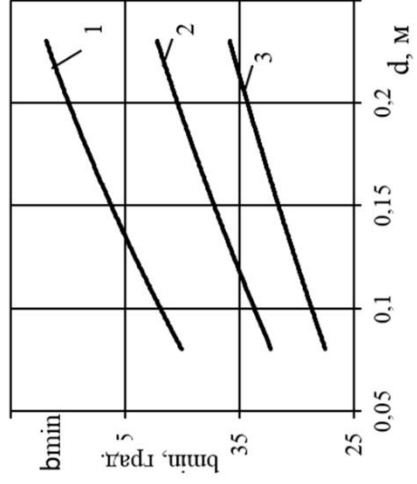
асова продуктивність експериментального сепаратора  $Q_g$  за твердою фракцією

$$Q_g = \frac{10\sqrt{(2\pi - \beta)} \chi B_c}{\pi C_{тф}} \left[ \frac{\Delta P_{3\tau_{\phi 3}}''}{\mu_{\phi 3} \chi r_{03}} + \left( \frac{r_{n3}}{2\chi r_{03}} \right)^2 - \frac{r_{n3}}{2\chi r_{03}} \right]$$

- масова продуктивність сепаратора за твердою фракцією



Залежність висоти чистика  $H$  від глибини фракції після відтиску  $h_4$  при  $\varphi_0 = 0,2$  м; 2 -  $R_3 = 0,3$  м; 3 -  $R_3 = 0,4$  м



## Експериментальна перевірка параметрів безнапірного дугового сепаратору з різною конструкцією відтискного пристрою



Експериментальний безнапірний сепаратор з віджимними валиками:

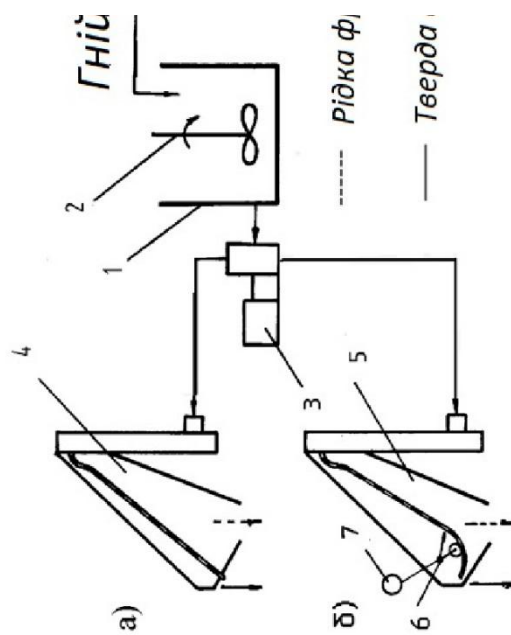
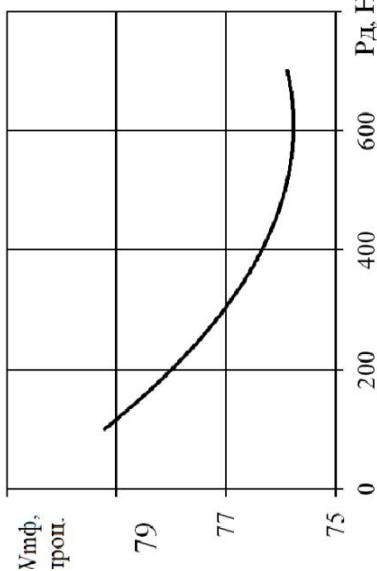


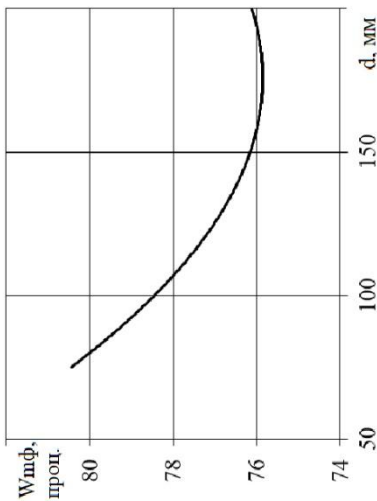
Схема експериментальної лінії поділу рідкої безнапірним дуговим сепаратором без відтискного пристрою (а) і з відтискним пристроєм (б) (1 - резервуар-посередник; 2 - механічна мішечка фекальний насос; 4 - безнапірний дуговий сепаратор без відтискного пристрою; 5 - безнапірний дуговий сепаратор з відтискним пристроєм; 6 - відтискний пристрій; 7 - резервуар-посередник)



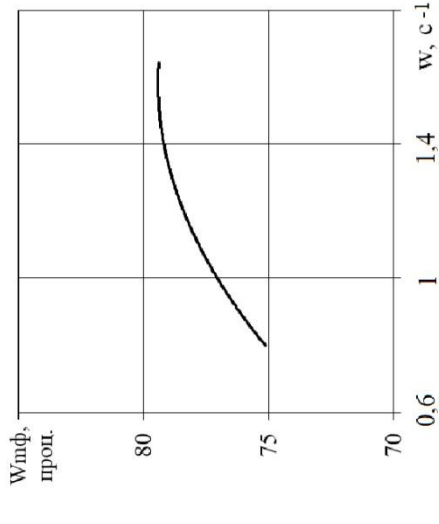
**Взаємозв'язок основних параметрів експериментального дугового сепаратора з відтискними валиками із показниками його роботи**



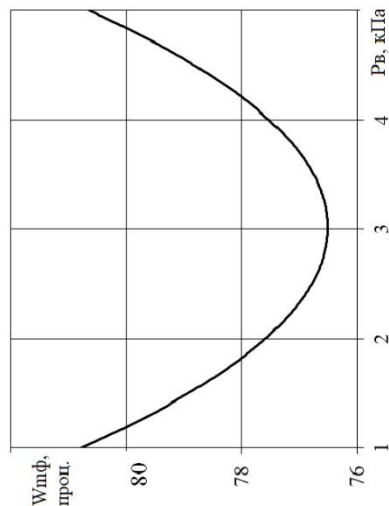
**Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від сили тиснення валика  $P_0$  при  $x_1 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$ .**



**Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від діаметра валика  $d$  при  $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0$ .**



**Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від швидкості вільного пристрою  $w$  при  $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$ .**



**Залежність вологості твердої фракції  $W_{mf}$  від тиску валика  $P_в$  при  $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0$ .**

Питомі техніко-економічні показники різних варіантів технологічних ліній поділу гною на фракції

Відні дані та техніко-економічні показники	Варіанти технологічних ліній					
	I		II		III	
	Попереднє зневоднення на віброгрехоті ГИЛ-42	Пресування в шнек-пресі Т1-ВПО-20А	Фільтрування на дутовому ситі СД-Ф-50	Дозневоднення в фільтруючій центрифугі ІМЕСТ	Зневоднення на безнапірному дутовому сепараторі з ГНУЧКИМИ	
Повлена потужність, кВт	10	13	1,1	13	1,1	1,1
Обладнання, кг	3210	4260	800	1450	850	850
Активність, м <sup>3</sup> /год	45			55	60	60
Вартість обладнання, грн.	25670	210300	23700	27800	24100	24100
Витрати праці, люд.-год/м <sup>3</sup>	0,22			0,18	0,16	0,16
Вартість енергоємність есу, кВт·год/м <sup>3</sup>	5,11			2,56	0,18	0,18
Вартість експлуатаційні витрати, грн	27324			25757	24199	24199
Вартість дені витрати /м <sup>3</sup>	3,04			2,34	1,50	1,50
Вартість поєдно до оцінюваного гозатрати, МДж/м <sup>3</sup>	202			155	100	100
Вартість гозатрати, МДж/м <sup>3</sup>	104,53			73,50	39,75	39,75

## Загальні висновки

ліз технологій прибирання і утилізації рідкого гною показав, що найменш енергоємнотратною є технологія з поділом на тверду та рідку фракції, з подальшим зберіганням кожної фракції окремо. Аналіз засобів механізації для розділення рідкого гною показав, що ряд переваг при виконанні цього процесу мають безнапірні пристрої. Вони включаються в простоті пристрою і експлуатації, високій надійності процесу, відносно малих метало- і енергоємкостях. Однак, як і всі розділювальні засоби, вони не забезпечують отримання твердої фракції необхідної вологості в поєднанні з іншими пристроями.

У процесі безнапірного дугового сепаратора слід розглядати як безперервне фільтрування рухомого шару осаду. Об'ємна продуктивність дугового сепаратора залежить конструктивно-режимних параметрів та від фізико-механічних і технологічних властивостей рідкого гною. Основний вплив на продуктивність безнапірного сепаратора надає тиск фільтрування, викликане дією гравітаційних і відцентрових сил. У розглянутому процесі являється тиск, обумовлений гравітаційною складовою відцентровою силою інерції, надає несуттєвий вплив на процес.

У процесі конструкції безнапірного дугового сепаратора слід передбачити сполучення ділянки з прямолінійною, розташування якої визначає кут сходження, а його довжину визначає експериментально. Аналіз вибраної конструктивно-технологічної конструкції сепаратора показав, що для більш якісного видалення вологи з твердого гною великої рогатої худоби і очищення фільтруючої перегородки, на ділянці сходження слід створити додатковий тиск, повинні бути встановлені засоби

## Загальні висновки

метичні досліді робочого процесу безнапірного дугового сепаратора, обладнаною вогоним відтиску вологи з твердої фракції гною пустотілими валиками з еластичною оболонкою змогу отримати функціональні рівняння для визначення його основних конструктивних параметрів.

Зультаті експериментальних досліджень встановлено залежність вологості рідкої фракції ширини щілини в фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при якій вологості гною. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність коефіцієнта  $K$  від ширини щілини в фільтрувальної перегородки безнапірного дугового сепаратора при різній пористості перегородки. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність продуктивності безнапірного дугового сепаратора  $Q_n$  без відтиску вологи від глибини потоку гною  $h_c$  при різній його вологості.

Зультаті експериментальних досліджень встановлено зміну вологості твердої фракції ширини фільтрувальної перегородки  $l_c$  безнапірного дугового сепаратора без відтиску вологи при різній продуктивності. В результаті експериментальних досліджень встановлено залежність швидкості  $W_{mf}$  від сили притискування валика  $P_{\phi}$ , кутової швидкості відтиску вологи  $\omega$ , діаметра валика  $d$ . З аналізу результатів маємо, що вологість твердої фракції зростає в обох напрямках від особливої точки поверхні відтиску ( $P_B = 2,64$  кПа).

Зі зростаючих питомих техніко-економічних показників показав, що використання безнапірних дуг сепараторів з гнучкими відтисковими валиками в технологічних лініях переробки рідкого і твердого гною вигідним. При цьому, затрати праці скоротяться на 11...27%, експлуатаційні витрати на 3%. Економічний ефект для ферми на 400 корів становить 3000 грн/рік.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

**ІНЖИНІРИНГ АГРОПРОМИСЛОВОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

Всеукраїнська студентська науково-практична конференція

Дніпро, 2021

**УДК 631:62-5**

**Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр.**  
І 62 студ. наук.-практ. конф. (1-2 грудня 2021 р., м. Дніпро). – Дніпро:  
ДДАЕУ, 2021. – 80 с.

У збірнику представлені наукові матеріали Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції «Інжиніринг агропромислового виробництва» (zareestrovano в УкрІНТЕІ, 8.11.2021, № 904). Тематика наукових матеріалів присвячена питанням розроблення та впровадження інноваційних технологій та технічних засобів агропромислового виробництва.

Наукові матеріали надані в авторській редакції з дотриманням стилю автора. За фактичний матеріал і його інтерпретацію відповідальність несуть автори та наукові керівники.

Адреса оргкомітету:

Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова, 25  
тел. (050) 970-16-90, Дніпровський державний аграрно-  
економічний університет, кафедра механізації виробничих  
процесів у тваринництві, [dudin.v.yu@dsau.dp.ua](mailto:dudin.v.yu@dsau.dp.ua)

© ДДАЕУ, 2021

© Автори публікацій, 2021

<b>Хоменко Т. А.</b> МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПРОГРАМИ ПІДПРИЄМСТВА З ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	33
<b>Бабич А.С.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ МИЙНОГО РОЗЧИНУ ПО МОЛОКОПРОВІДНІЙ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	36
<b>Буйницький О.І.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕСТЕРА ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК	39
<b>Геймур О.С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СТІЙЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БОКСОВОГО УТРИМАННЯ ВРХ	42
<b>Панасенко В.А.</b> АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕПАРАЦІЇ РІДКОГО ГНОЮ НА ФРАКЦІЇ	45
<b>Пашенко А.О.</b> ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ	48
<b>Похиленко Р.В.</b> АНАЛІЗ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ПРОТОЧНОЇ ДІЇ	51
<b>Теліпко В.М.</b> МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА	54
<b>Потапов М.В.</b> ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ СИПКИХ КОРМІВ	57
<b>Салогуб Б.Р.</b> КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОДРІБНЮВАЧІВ ЗЕРНА	60
<b>Сажарський В.С.</b> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІДКОЇ ГОДІВЛІ СВИНЕЙ	63

УДК 631.862

## АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕПАРАЦІЇ РІДКОГО ГНОЮ НА ФРАКЦІЇ

Панасенко В.А.

*здобувач вищої освіти СВО Магістр,  
ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ*

*Науковий керівник – Алієв Е.Б.,  
доктор технічних наук, старший дослідник*

Транспортування рідкого (безпідстилкового) гною від свинарських об'єктів до очисних споруд може бути виконано такими альтернативними способами [1]:

- мобільними технічними засобами з місткостями закритого типу, що унеможливають його втрати за всім маршрутом транспортування;
- стаціонарною напірною системою від приймальних резервуарів до розподільного колодезя відстійників-накопичувачів з камерами фільтрації та донним дренажем або до цеху розділення гною на фракції.

Транспортування підстилкового гною від свинарських відгодівельних об'єктів здійснюється мобільними технічними засобами з місткостями закритого типу, що унеможливають його втрати за всім маршрутом транспортування.

Розвантаження всього обсягу рідкого гною здійснюється безпосередньо в відстійники-накопичувачі гною місткістю  $2 \times 1200 \text{ м}^3$ .

Розвантаження всього обсягу підстилкового гною здійснюється безпосередньо на майданчик компостування.

Обробляння гною передбачається у відповідності з вимогами *розділу 8. Обробка, підготовка гною до використання ВНТП-АПК-09.06* з застосуванням наступних основних технологічних способів обробки і підготовки гною до подальшого використання, які можуть бути виконані з розділенням рідкого гною на фракції за наступними варіантами [1, 2].

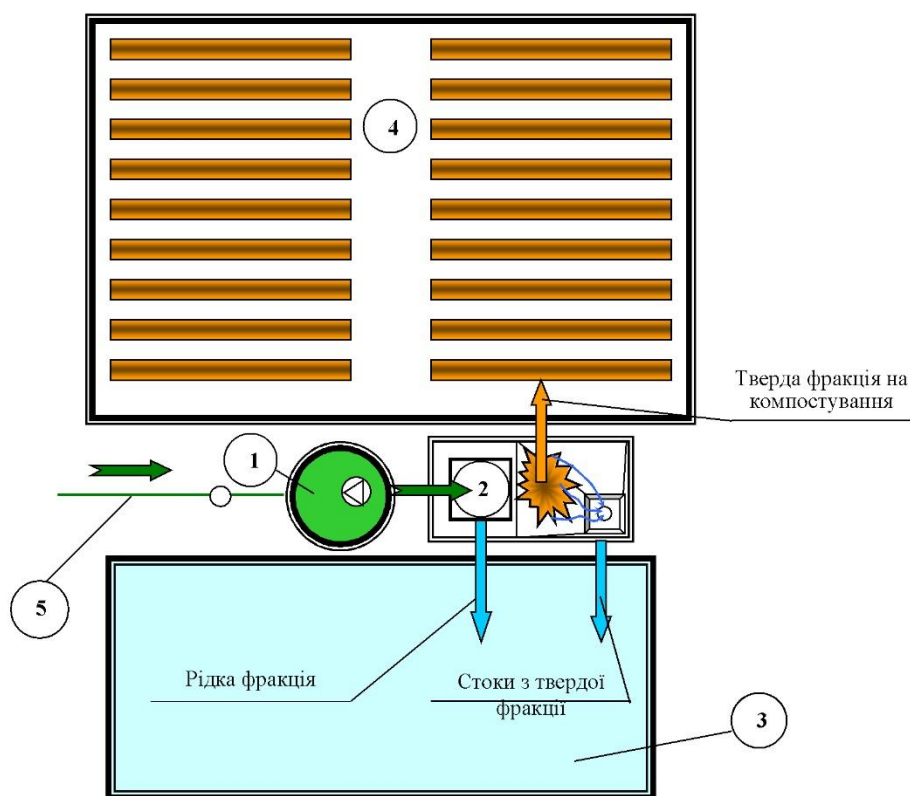
Розділення гною в цеху розділення на фракції (рис. 2) передбачає періодичне (щодобове) механічне розділенням рідкого гною на тверду і рідку фракції (гнойові стоки) у відповідності з вимогами п. 8.2.3 ВНТП-АПК-09.06.

Механічне розділення рідкого гною на фракції здійснюється за допомогою дугового сита і проектується з метою постійного відбирання твердих фракцій, які направляються на компостування.

Дугове сито СД-Ф-50 (рис. 1) – це установка високої заводської готовності. Компактна, з незначними енерговитратами, надійна і зручна в експлуатації. Сито дугове забезпечує відокремлення твердих фракцій гною вологістю 85-88 %.



Рисунок 1 – Сито дугове СД-Ф-50М



1 – приймальний резервуар з насосним устаткуванням; 2 - цех розділення на фракції; 3 – сховище-накопичувач освітлених стоків; 4 – майданчик для компостування; 5 – трубопровід транспортування рідкого гною

Рисунок 2 – Схема очисних споруд з механічним розділенням рідкого гною на фракції

### Список використаних джерел:

1. Голуб Г.І., Кухарець С.М., Марус О.А., Павленко С.І., Лопатько К.Г., Скоробогатов Д.В. Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва. Монографія: НУБіП Україна, 2017. 431 с.

2. Харитонов В.І., Алієв Е.Б. Методика інженерного розрахунку параметрів змішувача-аератора гноє-компостних сумішей. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. Вип. 3. С. 132-137.