

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Обґрунтування параметрів роботи змішувача рідких кормів

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Сажарський Владислав Сергійович

Керівник: _____ Гаврильченко Олександр Степанович

Рецензент: _____

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

МВПТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Сажарський Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів роботи змішувача рідких кормів

керівник роботи Гаврильченко Олександр Степанович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«17» листопада 2021 року № 3539

2. Строк подання студентом роботи 07.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Стан питання процесів та обладнання для приготування рідких кормів у свинарстві, ефективність рідкої годівлі. Періодична наукова література, патентні бази даних, нормативні документи щодо годівлі свиней.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд технологій годівлі свиней та технічних засобів. 2. Обґрунтування основних параметрів змішувача рідких кормів. 3. Лабораторні дослідження змішувача рідких кормів. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічне обґрунтування технологічного процесу приготування-роздавання кормів з використанням розробленого змішувача. Загальні висновки.

Бібліографічний

список

⋮

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (3 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуші, А4). 4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)

:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гаврильченко О.С., доцент		
2	Гаврильченко О.С., доцент		
3	Гаврильченко О.С., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О.С., доцент		

7. Дата видачі завдання: 10.10.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.10.2021 р.	
2	Теоретичний	до 20.10.2021 р.	
3	Експериментальний	до 09.11.2021 р.	
4	Охорона праці	до 19.11.2021 р.	
5	Економічний	до 26.11.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.11.2021 р.	

Студент

(підпис)

Сажарський В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гаврильченко О.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сажарський В. С. Обґрунтування параметрів роботи змішувача рідких кормів /Випускова кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Дипломна робота складається з п'яти розділів. У першому розділі приведено аналіз існуючих способів годівлі свиней, огляд засобів для приготування рідких кормів, патентний пошук. У другому розділі теоретично обґрунтовано конструкцію змішувача рідких кормів, оснащеного пропелерною (гвинтовою) мішалкою. У третьому розділі викладено результати лабораторних досліджень макетного зразка змішувача рідких кормів. Далі проведено розробку заходів з охорони праці. Завершальним етапом була оцінка економічної ефективності застосування розробленого змішувача у складі технологічного процесу роздавання кормів.

Ключові слова: рідкі корми, годівля, змішувач, гвинт, питома енергоємність.

Оцінка ефективності рідкої годівлі свиней / Сажарський В. С.// Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр. наук.-практ. студ. конф. (1-2 грудня 2021 р., м. Дніпро). – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – 18-20 с.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Огляд технологій годівлі свиней та технічних засобів	9
1.1 Аналіз існуючих типів годівлі свиней	9
1.2 Засоби для приготування та роздавання рідких кормів	13
1.3 Змішувачі рідких кормів	19
1.3.1 Змішувачі-зволожувачі зарубіжного виробництва	19
1.3.2 Нові технічні рішення	21
1.4 Висновки	24
2 Обґрунтування основних параметрів змішувача рідких кормів	28
2.1 Розробка конструктивної схеми змішувача	28
2.2 Визначення потужності змішувача	32
2.3 Визначення продуктивності змішувача	41
2.4 Висновки	44
3 Лабораторні дослідження змішувача рідких кормів	45
3.1 Програма, методи лабораторних досліджень	45
3.2 Результати експериментальних досліджень змішувача	48
3.3 Висновки	54
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	56
4.1 Загальні визначення та поняття	56
4.2 Аналіз факторів виробничого середовища	58

4.3	Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів	60
4.4	Правила безпечного виконання робіт при подрібненні зерна	61
4.5	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях	64
4.6	Висновки	65
5	Економічне обґрунтування технологічного процесу приготування-роздавання кормів з використанням розробленого змішувача	66
5.1	Вихідні дані	66
5.2	Питомі експлуатаційні витрати	67
5.3	Висновки	73
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	76
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Однією з найактуальніших проблем сучасного сільськогосподарського виробництва України є забезпечення населення у досить якісних продуктах тваринництва. Для того щоб успішно задовольняти зростаючі потреби в м'ясних та молочних продуктах необхідно розвивати тваринництво і, зокрема, свилярство, що з створенням стабільної кормової бази.

Раціональне використання кормосумішей включає їх згодовування тваринам тільки в готовому вигляді, а також у суміші з іншими компонентами та з високою якістю кормоприготування. Для приготування поживно збалансованих раціонів грає важливу роль є змішування і, у багатьох випадках, запарювання. У їх реалізації повинні брати до уваги фізичні, механічні та реологічні властивості всіх компонентів кормової суміші, конструктивні та технологічні параметри обладнання, кожен з яких впливають на якість приготовленої суміші та продуктивності тварин. При підготовці рідких кормових сумішей важливою є вимога, щоб отримати однорідну масу за складом та температурою компонентів з тим самим вмістом у будь-якому об'ємі кормових сумішей.

Застосування існуючого обладнання не завжди задовольняє якісне змішування компонентів, так як використовується неефективне та неекономічне обладнання, з великими витратами енергії. Труднощі виникають як в конструктивному оформленні, математичному описі процесів та прогнозування результатів. У зв'язку з цим необхідно створювати найбільш ефективні та досконалі конструкції змішувачів, здатних виконувати ефективно та продуктивно приготування кормосумішей.

Для створення однорідних сумішей мінливим складом слід використовувати змішувачі періодичної дії. Це можна здійснити лише за допомогою сучасних наукових методів дослідження технологічних процесів і систем кормоприготування.

Найважливішим завданням є оптимальне проектування технічних засобів та технологічних процесів. Важливу роль щодо властивостей оброблюва-

них матеріалів і процесів у кормоприготуванні грають класифікаційні схеми, а також карти та матриці морфологічного аналізу.

Мета дослідження: підвищення ефективності приготування рідких кормосумішей у змішувачі, за рахунок збільшення його продуктивності та зниження енерговитрат.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- розробка принципів класифікації та морфологічного аналізу процесів приготування напіврідких кормосумішей;
- розробка математичних моделей гідродинамічних процесів при змішуванні рідких кормосумішей;
- проведення лабораторних досліджень гідродинамічних параметрів при змішуванні рідких кормосумішей на макетному зразку змішувача;
- аналіз розробленої конструкції з точки зору охорони праці;
- оцінка енергетичних та економічних показників змішувача.

Об'єкт дослідження – змішувач рідких кормів періодичної дії.

Предмет дослідження - закономірності робочого процесу горизонтального пропелерного змішувача рідких кормів.

При дослідженні та обґрунтуванні параметрів та вдосконалення робочого процесу застосовувалися теоретичні основи процесу змішування, основні закони класичної гідромеханіки та методи фізичного та математичного моделювання. Лабораторні дослідження проводилися на спеціальній макетній установці з використанням методів планування одно та багатофакторного експерименту. Результати експериментів оброблені за допомогою методів математичної статистики та комп'ютерних програм.

1 Огляд технологій годівлі свиней та технічних засобів

1.1 Аналіз існуючих типів годівлі свиней

Як у фермерському, і у промисловому свинарстві ставлять одне головне завдання – отримати якнайшвидше товарну масу свиней на відгодівлі лише на рівні 100-110 кг. Тривалий час це вдавалося зробити лише у віці 7-8 місяців і більше при рівні приросту живої маси молодняку на відгодівлі 500-600 г на добу. Великі прирости маси отримати було дуже важко через недостатню насиченість раціонів поруч незамінних амінокислот. Таких як лізин, метіонін, цистин. Саме вони є будівельним матеріалом приросту м'язової тканини тварин.

Проте, наприклад, вміст лізину в основних кормах, що у свинарстві, незначно. Ячмінь – 3,9 г/кг СР, пшениця – 3,2 г/кг СР, кукурудза – 2,7 г/кг СР. При такому вмісті лізину в раціоні зазначені вище прирости свиней є граничними, а вік досягнення молодняком товарної маси не менше 7-8 місяців.

Проте, останніми роками більшість незамінних амінокислот виробляють штучно. Лізин, метіонін, триптофан – шляхом мікробіологічного синтезу. Цистеїн, аргінін, гістидин – при виділенні із гідролізатів природних білків. Внаслідок цього з'явилася можливість вводити їх до складу комбікорму в концентрованому вигляді. Це дозволяє збільшувати добові прирости маси свиней на відгодівлі до 800-900 г і більше. Так можна зменшити період вирощування свиней на м'ясо до 5-6 місяців.

Економічний ефект від такого підходу до системи годівлі настільки значний, що традиційні комбіновані типи годівлі з використанням картоплі та коренеплодів майже перестали використовувати навіть у невеликих свинарських господарствах.

У процесі сучасної високотехнологічної організації інтенсивного вирощування свиней першорядне значення має розробка ефективної системи повноцінної годівлі. Тільки таким чином можна досягти високої інтенсивності зростання молодняку з отриманням добових приростів маси на рівні 800-900 г і більше. При цьому необхідно ретельно розрахувати потребу свиней в енергії, поживних та біологічно активних речовинах за 45-50 показниками.

Існує кілька методів годівлі, один із них – годівля «вволю», коли поросята мають постійний доступ до корму. В основному цей метод використовується для поросят на дорощуванні та відгодівлі. До речі, було встановлено, що в цьому випадку тварини гірше їдять та погано ростуть. Другий спосіб - це нормована годівля, при якій поросята поїдають корм повністю за 2-3 години до наступного "обіду". Він застосовується для поросят на дорощуванні.

Поїдання кормів при цій схемі, звичайно, зростає, але і прирости теж збільшуються. Годувати поросят потрібно або густими вологими мішанками, або сухими кормами не менше трьох разів на добу через рівні проміжки часу. Для підтримки сухості та чистоти у станках годувлі потрібно проводити в іншому місці. Доцільно влаштовувати так звані столові поза приміщенням для утримання.

Як суха так і рідка годівля придатні до застосування на дорощуванні поросят. Вирішальним чинником під час вибору технології годівлі є індивідуальні особливості господарства, індивідуальні побажання фермера, і навіть використовувані для годівлі поросят кормокомпоненти. Для забезпечення ефективної годівлі поросят важливо підбирати кормороздавальну установку відповідно до потреб та особливостей того чи іншого господарства.

Як показує практика, за рахунок вищих приростів живої маси тварин та кращої конверсії рідке годування у більшості випадків гарантує економію не менше 10% кормів.

Авторами [7] встановлено значну тенденцію збільшення виходу м'язової тканини, зниження жирової тканини в туші свиней, що відгодовуються на во-

логих кормозмішувачів. Зниження на 0,86% жирової тканини у свиней, які отримували корми у вологій формі, сприяло меншій на 3,4 мм товщині шпику та підвищення температури плавлення жиру на 1,4° С.

За даними джерел [3, 4] рідкий спосіб годівлі забезпечує збільшення добових приростів, покращення конверсії корму та ін. (табл. 1.1)

Таблиця 2.3 - Порівняння типів годівлі свиней на виробничі показники відгодівлі

Показник	Тип годівлі		Порівняння, %
	сухий	вологий	
Контрольна група	60	60	100
Вік на початку дослідження, днів	24,4	23,9	-2,0
Жива вага на початку дослідження, кг	7,48	7,44	-0,5
14 днів після відлучення середня вага, кг	10,81	12,72	+17,7
Середній денний приріст ваги, г	238	377	+58,4
Конверсія корму на одиницю приросту ваги:	1,29	1,19	-7,8
42 дні після відлучення середня вага, кг	23,77	27,84	+17,1
Середній денний приріст ваги, г	388	486	+25,3
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	1,47	1,35	-8,2
Жива вага наприкінці дослідження, кг	90,6	91,1	+0,6
Середній денний приріст ваги, кг	698	796	+14,0
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96	-7,5
Загальна вага спожитого корму на свиню, кг	176,25	163,97	-7,0
Вік свиней по закінченню відгодівлі, днів	119,1	105,1	-11,8

Вченими з Голландії було проведено дослідження впливу типу годівлі свиней на економічні показники виробництва. В дослідженні брали участь біля 200000 ферм Західної Європи, загальне відгодівельне поголів'я на яких склало 226 млн. свиней. Результати (табл. 1.2) свідчать про переваги вологого типу над сухим.

Таблиця 1.2 - Порівняння типів годівлі свиней
на економічні показники відгодівлі

Показник	Тип годівлі		Порівняння, %
	сухий	вологий	
Щоденний приріст ваги, г	711	738	(+ 3.8 %)
Конверсія корму	2,93	2,81	(- 4 %)
Витрати на корм, US\$/ кг приросту ваги	0,64	0,58	(- 10 %)

Позитив спостерігається і при годівлі рідкими кормами свиноматок (табл. 1.3)

Таблиця 1.3 - Порівняння впливу типу годівлі на виробничі
показники технологічної групи свиноматок

Показник	Тип годівлі		Порів- няння, %
	сухий	вологий	
Корму в день і свиноматку, кг сухої речовини	5,2	5,2	0
Смертність поросят, %	12,3	10,6	-14
Кількість опоросів на рік	2,12	2,26	+6,6
Поросят на свиноматку в рік	19,1	21,4	+12
Вага відлучених поросят на свиноматку в рік, кг	126,1	147,7	+17
Вага всіх відлучених поросят у станку на рік, кг	696,0	773,0	+11

Рідка годівля особливо економічно вигідна при відгодівлі свиней, оскільки саме на відгодівлі значно зростають витрати на корми. Рідкий корм добре засвоюється тваринами (особливо поросятами), що є необхідною умовою для прискорення росту тварин, тому свині досягають забійної живої маси за короткі терміни.

Таким чином, переваги рідкої годівлі свиней очевидні, тому подальший розвиток техніки та технологій для її забезпечення є актуальним.

1.2 Засоби для приготування та роздавання рідких кормів

Що стосується технічного забезпечення, то сьогодні існує два основних типи систем: з попереднім приготуванням (суто рідка годівля) та приготуванням перед подачею до годівниці (мультифазна годівля). Розглянемо їх детальніше. Систему годівлі рідкими сумішами розглянемо на прикладі обладнання Liquid Feeding System, виробництва фірми «WEDA Dammann & Westerkamp GmbH».

Система складається зі змішувального резервуара, електронних ваг, кормового насоса, ємності для технічної води, ємності свіжої води, компресора і кормових клапанів, розміщених у приміщенні свинарника. Управляє процесом годівлі комп'ютер. Він включає автоматичний розрахунок норм видачі рідкого корму відповідно з динамікою росту тварин і їхньою потребою в кормі по раніше розробленому графіку годівлі. Робота лінії ілюструється рис. 1.2. Корм замішується в змішувальній ємності. Під змішувальною ємністю розташовані ваги, за допомогою яких компоненти корму зважуються і дозуються по вазі (рис. 1.2, а). Корм, що перебуває в трубопроводі, подається тваринам водою з ємності використаної води (рис. 1.2, б). Кормова суміш подається насосом по кормопроводу до останнього клапана. Потім, на кожному

клапані видається відповідна кількість корму до спустошення змішувальної ємності. Витиснута вода надходить у ємність використаної води (рис. 1.2, в).

Корм без залишку поданий групі тварин. У кормопроводі залишається вода. Вода, необхідна для наступного приготування, перекачується в змішувач із кормопровода (рис. 1.2, г). Загальний вид блоку приготування приведений на рис 1.3.

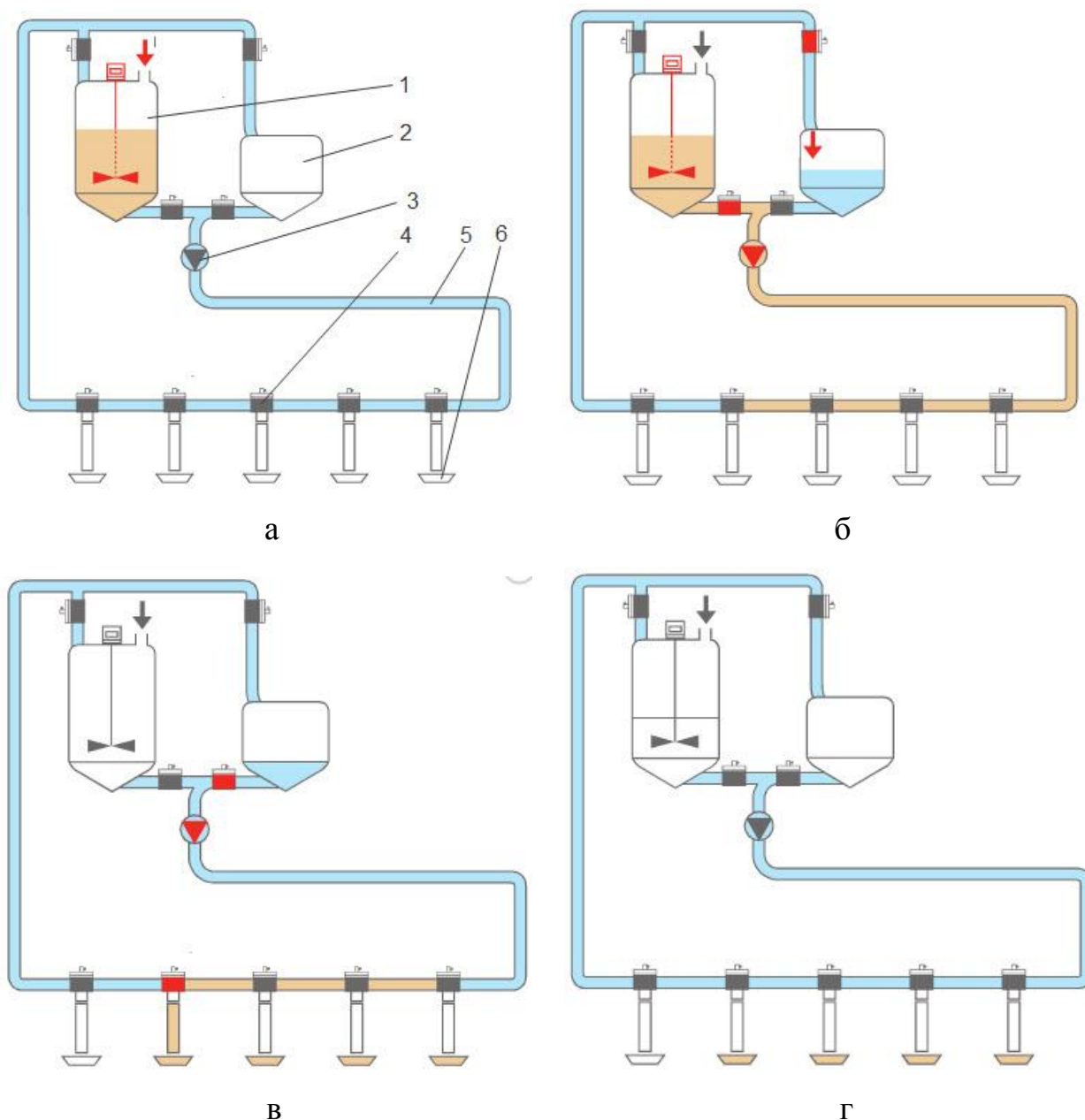


Рисунок 1.2 - Схема роботи лінії роздачі рідких кормів Liquid Feeding System: 1 - змішувальна ємність; 2 - ємність використаної води; 3 - насос; 4 - кормовий клапан; 5 - кормопровід; 6 - годівниця



Рисунок - 1.3 Блок приготування кормосуміші системи Liquid Feeding System

Виходячи з характеристик обладнання та враховуючи взаєморозміщення свинарників, забезпечення роздавання кормів у різних приміщеннях буде здійснюватись за наступними схемами (рис. 1.4).

Рис. 1.4, а: система оснащена окремою лінією для використаної води, що поліпшує та значно прискорює подачу корму. Подачу використаної води можна включити не тільки з кормової кухні, але й безпосередньо перед секцією.

Система приведена на рис. 1.4,б, поєднує дві системи рідкої годівлі в одному баку для змішування корму. Цей бак оснащено двома окремими випускними отворами для роздачі корму - великий отвір для годівлі і маленький отвір для годівлі поросят на дорощуванні. Такий спосіб запобігає згодовування залишку корму для свиноматок поросяткам.

Наступний технічний розв'язок (рис. 1.4, в) дозволяє забезпечувати кормом великі свинарники-відгодівельники з великою кількістю секцій. Відстань подачі корму значно скорочується і тим самим заощаджується матеріал. Медикаменти подаються безпосередньо в тупикову лінію.

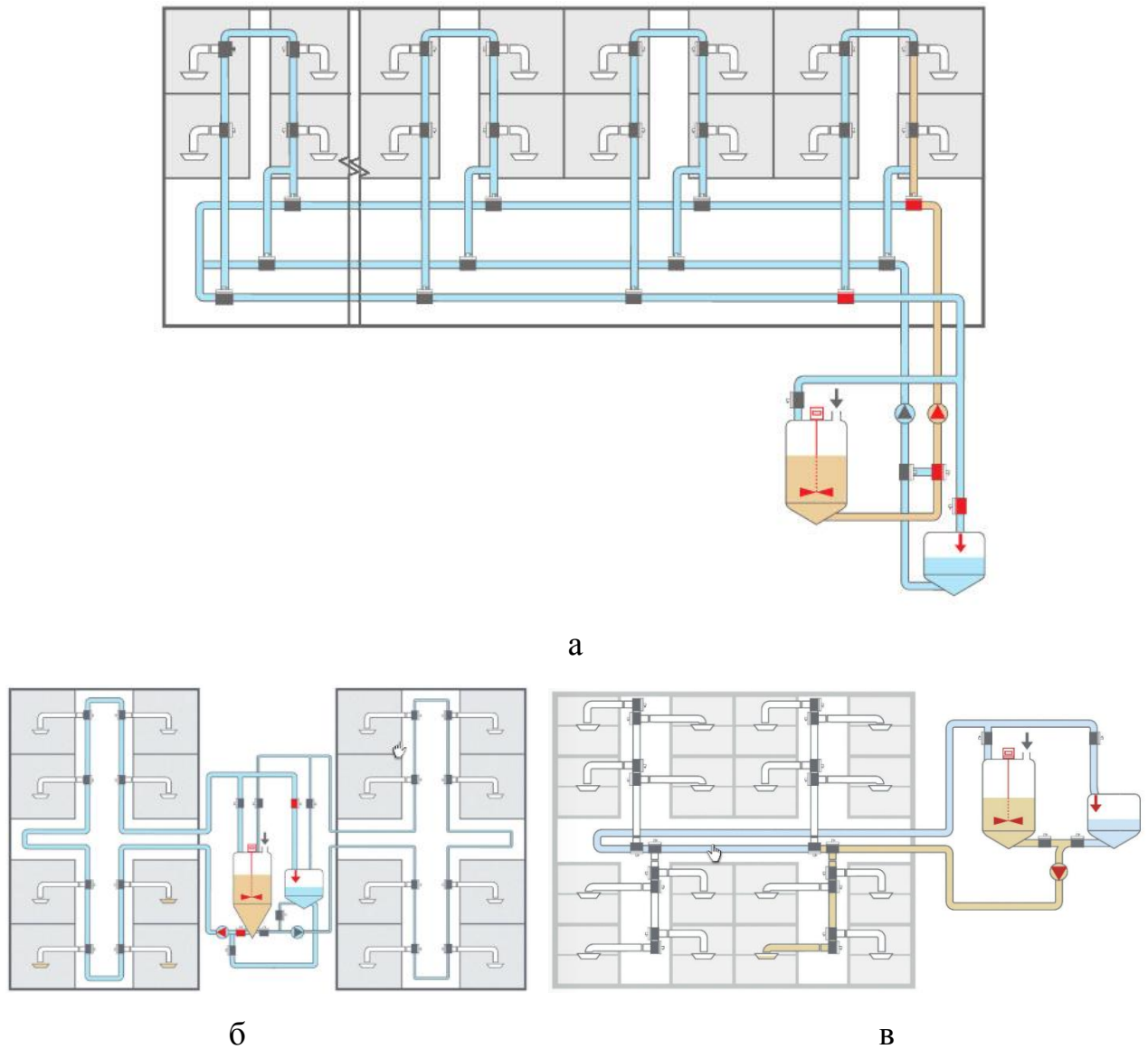


Рисунок 1.4 – Приклади компоновка систем роздавання рідких кормів для різних приміщень

Рис. 2.10, а: система оснащена окремою лінією для використаної води, що поліпшує та значно прискорює подачу корму. Подачу використаної води можна включити не тільки з кормової кухні, але й безпосередньо перед секцією.

Система приведена на рис. 2.10,б, поєднує дві системи рідкої годівлі в одному баку для змішування корму. Цей бак оснащено двома окремими випускними отворами для роздачі корму - великий отвір для годівлі і маленький

отвір для годівлі поросят на дорошуванні. Такий спосіб запобігає згодовуванню залишку корму для свиноматок поросяткам.

Наступний технічний розв'язок (рис. 1.4, в) дозволяє забезпечувати кормом великі свинарники-відгодівельники з великою кількістю секцій. Відстань подачі корму значно скорочується і тим самим заощаджується матеріал. Медикаменти подаються безпосередньо в тупикову лінію.

Інший принцип покладено в роботу системи мультифазної годівлі Spotmix, виробництва фірми «Schauer» (рис. 1.5), яка працює наступними чином. У порціонному змішувачі, установленому на вагах, окремо готується точна кількість комбікорму, необхідна для кожного кормового вентиля. Ця маса нагнітається в сухому виді в ротаційний розподільник (обслуговує до 6 кормомісць), де в сухий корм впорскується вода, і через кормовипускний відвід у годівницю надходить рідка або кашоподібна суміш. Після завершення годівлі ротаційний розподільник і трубопроводи очищаються продувкою повітрям і водяним аерозолем. При цьому змішується і транспортується сухий корм, який після проходження ротаційного розподільника подається в годівницю в сухому, кашоподібному або рідкому вигляді. Годівниці, оснащені датчиками, можуть наповнюватися до восьми раз на день, але перед тим, як приготувати чергову порцію корму комп'ютер обов'язково перевіряє, чи з'їдена попередня. Якщо приходить відповідь, що годівниця порожня, система починає готувати наступну порцію корму для заданого кормомісця.

А якщо ні, то він пропустить це кормомісце і перейде до наступного. Інформація про те, з'їдений корм чи ні, запитується через 10, 20 і 30 хвилин після годівлі. З урахуванням статистики цих даних в подальшому автоматично регулюється кількість корму, що подається на певне кормомісце.

На ряді свинарських комплексів України в останні роки стали застосовувати системи рідкої годівлі Hydromix фірми Big Dutchman та Spotmix Schauer Maschinenfabrik. Їх використовують для рідкої годівлі свиней на відгодівлі,

свиноматок, поросля не лише на великих свинокомплексах, але й на свинарських підприємствах будь-якої потужності, включаючи малі свиноферми.

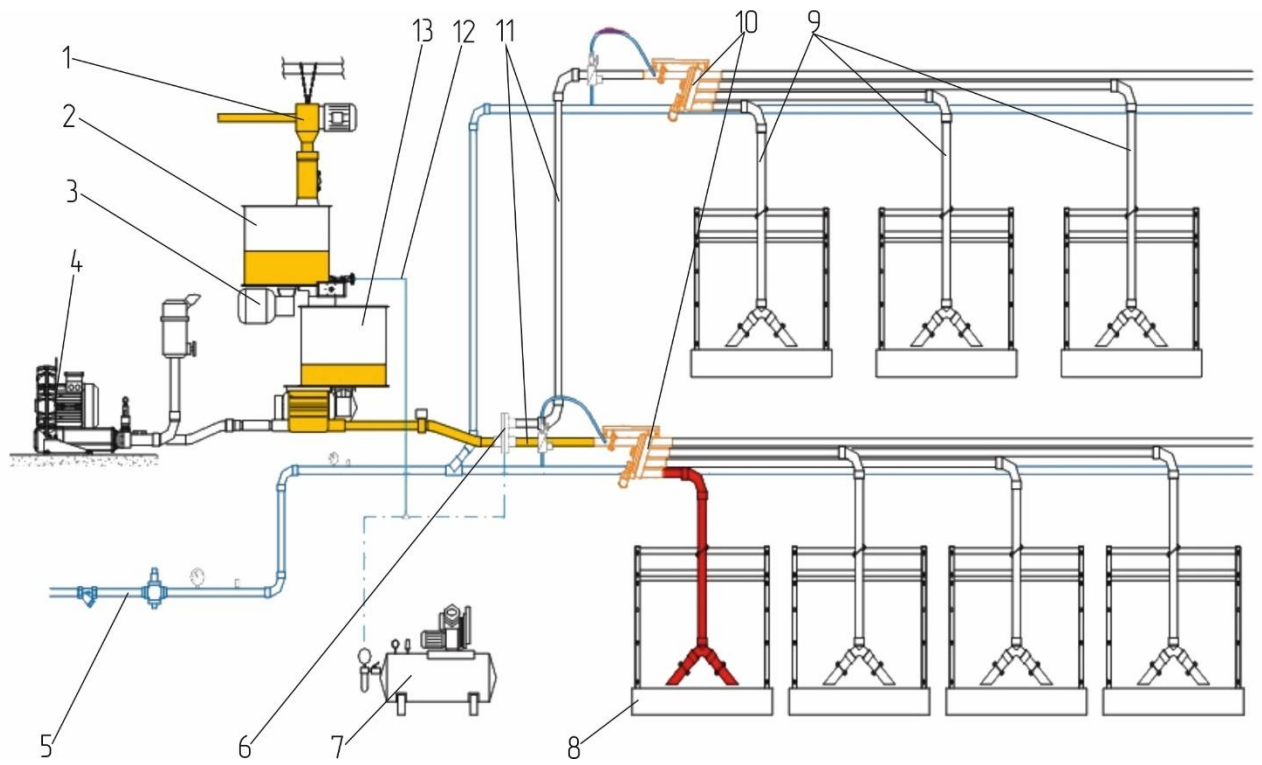


Рисунок 1.5 - Схема роботи системи мультифазної годівлі свиней Spotmix: 1 – подача компонентів комбікорму із зовнішніх накопичувачів (до 8 складових); 3 – змішувач; 4 – турбокомпресор подачі комбікорму; 5 – водопровід; 6 – розподільник потоків; 7 – компресор очистки кормопроводів; 8 – годівниця; 9 – кормопроводи подачі до годівниць; 10 – ротативний розподільник; 11 – кормопроводи подачі сухого комбікорму; 12 – лінія пневмовідбору залишків комбікорму зі змішувача; 13 – бункер-дозатор

У цей час у Європі експлуатується до 4 тис. таких систем на свинарських підприємствах різної потужності. Особливо велика кількість їх у Німеччині, Данії, Нідерландах, Швейцарії, Франції, Фінляндії, Швеції й інших країнах. Все більше поширення ця ефективна і надійна система знаходить і в Україні.

Враховуючи, що зарубіжне обладнання досить дороге, та зважаючи на відсутність, а, отже, і необхідність розробки вітчизняних аналогів нами при-

йнято рішення розробити конструкцію змішувача-зволожувача для приготування рідких мішанок, але попередньо зробимо аналіз існуючих конструкцій.

1.3 Змішувачі рідких кормів

1.3.1 Змішувачі-зволожувачі зарубіжного виробництва

Система рідкої годівлі **Spotmix** фірми **Schauer Maschinenfabrik** включає порціонний змішувач, що працює з точністю 1:10000, готує кормову суміш, необхідну для кожного кормомісця в конкретний час.

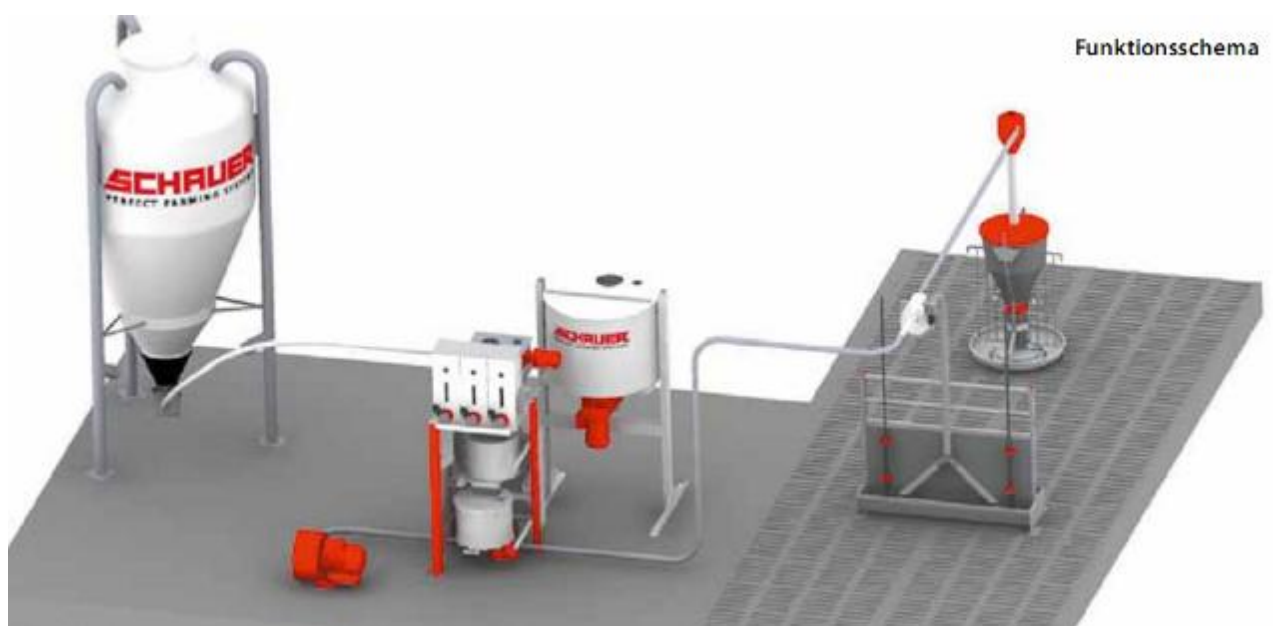


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд системи рідкої годівлі Spotmix фірми Schauer Maschinenfabrik

Кормоприготувальний бункер розташований на вагах, за рахунок чого можна робити спільний заміс для однієї групи тварин. Економія часу/ кормове місце – до 30%. Завдяки тому, що точність вагового пристрою становить +/-

10 г, можна точно зважувати навіть мінімальні дози. Швидка роздача корму відбувається синхронно за допомогою стисненого повітря.

Система **Aco Funki** призначена для малих і великих ферм, вона може експлуатуватися в різних робочих умовах. Змішувач системи представляє собою пластикову ємність, яку обладнано пропелерною мішалкою та насосом подачі корму.



Рисунок 1.7 - Змішувачі системи Aco Funki.



Рисунок 1.8 - Змішувач, яким укомплектовано систему Hydromix фірми Big Dutchman та його мішалка

Система Hydromix фірми Big Dutchman включає в свій склад змішувач, який виконано з оцинкованої сталі та обладнано пропелерною мішалкою. Відмінності цього змішувача від попередній заключається в формі бункера – па-

ралелепіпед. Дозування сухого корму та води відбувається за рахунок того, що змішувач опирається на тензометричну вагову систему.

1.3.2 Нові технічні рішення

Вивчення ринку виробників сільськогосподарської техніки для тваринництва показало, що останні розробки з приготування та роздачі кормів є комбіновані, в основному, мобільні засоби приготування та роздачі в одному агрегаті. Їх поширення обумовлено як перевагами годівлі тварин кормозмішувачами, так і досконалою конструкцією роздавачів-змішувачів, що забезпечують виконання операцій із мінімальними витратами праці.

На рис. 1.9 показаний типовий вертикальний змішувач з перемішуючим пристроєм.

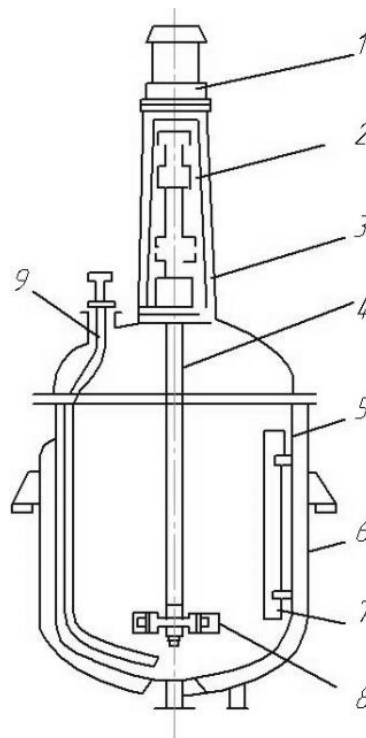


Рисунок 1.9 - Змішувач з пристроєм, що перемішує: 1 - привід; 2 – стійка приводу; 3 – ущільнення; 4 – вал; 5 – корпус; 6 – сорочка; 7 - відбивна перегородка; 8 – мішалка; 9 – труба

Всі пристрої, що перемішують, які застосовуються в сільськогосподарське виробництво, можна розділити на дві групи тихохідні та швидкохідні. Тихохідні (лопатеві, стрічкові, якірні та шнекові) мають частоту обертання близько $30 - 90 \text{ хв}^{-1}$ та колову швидкість на кінці лопаті для в'язких рідин – $2 - 3 \text{ м/с}$. Перевагами лопатевих мішалок є їхня невисока вартість та простота пристрою. Недолік – слабкий; осьовий потік рідини, який не забезпечує ефективного перемішування у всьому об'ємі змішувача.

Якірні мішалки мають форму днища апарату та використовуються для змішування та перемішування в'язких рідин. Перевага цих мішалок в тому, що вони очищають дно та стінки змішувача від забруднень. Шнекові мішалки мають форму гвинта і застосовуються, як і стрічкові, для змішування та перемішування в'язких рідин.

До швидкохідних відносяться пропелерні та турбінні мішалки з частотою обертання від 100 до 3000 хв^{-1} за колової швидкості близько 10 м/с . Пропелерні мішалки виготовляють із двома або трьома пропелерами. Переваги пропелерних мішалок: висока інтенсивність перемішування при помірній витраті енергії, невисока вартість. Недоліки: мала ефективність перемішування в'язких рідин ($\mu > 0.6 \text{ Па}\cdot\text{с}$), обмежений об'єм рідини, що інтенсивно перемішується. Турбінні мішалки застосовуються для змішування та перемішування рідин в'язкістю до $500 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а також грубих суспензій.

У хімічній промисловості часто використовують гвинтові мішалки з прямою трубою-дифузором для змішування в циркуляційному контурі (рис. 1.10).

У цьому випадку, у змішувачі створюється замкнутий циркуляційний контур і гвинтова мішалка практично служить насос. Змішувачі з циркуляційним контуром у режимі резервуар-насос-резервуар зазвичай забезпечують трилопатеви ми мішалками, лопаті яких вигнуті по гвинтовій лінії. Вони застосовуються в харчовій, хімічній та ін. промисловостях для змішування та перемішування рідких середовищ. Застосування їх доцільно під час проведення реакцій із високим питомим тепловиділенням.

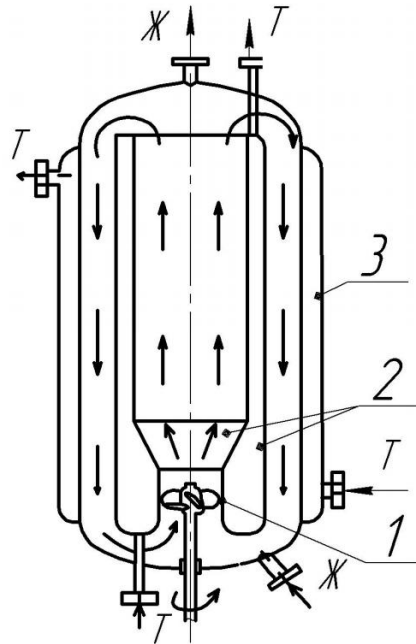


Рисунок 1.10 - Апарат з гвинтовою мішалкою та трубою-дифузорою: 1 - пропелерна мішалка; 2 - труба-дифузор із теплообмінною камерою; 3 – сорочка

Також у промисловості використовується машини або змішувачі спеціальних конструкцій. До них відносяться пристрої, які використовують вібрацію та пульсацію при змішуванні. Вібраційні мішалки виконують у формі дисків, закріплених на вертикальних штангах і тих, що здійснюють зворотно-поступальний рух. Пульсуючі мішалки є розподільчою камерою та системою сопел, занурених в апарат. Ця камера з'єднана з пульсатором – пристроєм, що генерує пульсацію тиску газу.

В патенті на корисну модель № 49275 задача покращення якості змішування вирішується за рахунок того, що плоскі або гвинтові лопаті розташовані на горизонтальних або гвинтових трубах по периферії мішалки з різним напрямком кута нахилу їх до осі мішалки в парних (сусідніх) рядах з відповідним кроком вздовж осі мішалки, а радіальні пальці розміщені на протилежній поверхні труб. На рис. 1.11 показано загальний вигляд запропонованої мішалки змішувача кормів.

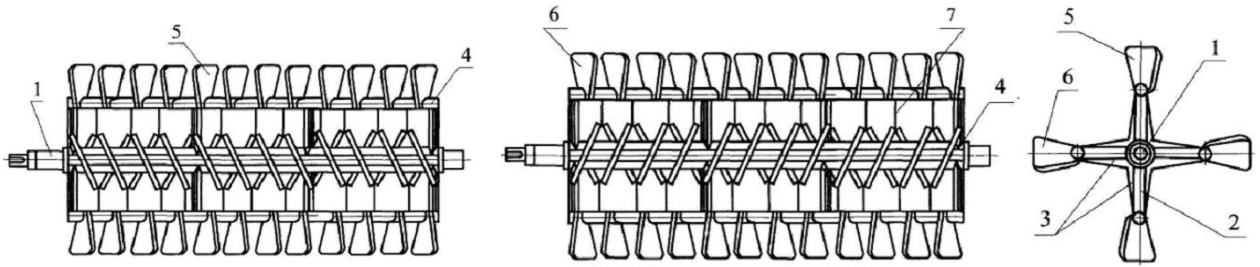


Рисунок 1.11 - Мішалка за патентом № 49273.

Мішалка змішувача кормів складається з приводного вала 1, на якому на опорних стійках 2 з косинками 3 розташовані горизонтальні або гвинтові труби 4, до яких по периферії жорстко встановлені пакети плоских або гвинтових лопатей 5, 6 з різним напрямком нахилу їх до осі мішалки у парних (сусідніх) рядах з відповідним кроком в ряду.

Для інтенсифікації процесу і підвищення динамічності змішування компонентів в мікрооб'ємах та однорідності суміші на протилежній поверхні труб розміщуються радіальні пальці 7.

Згідно патенту № 49273 процес змішування кормів відбувається таким чином. «Лопаті верхнього ряду з правим кутом нахилу відокремлюють порцію кормосуміші по ширині лопаті і переміщують в радіальному і осьовому напрямку в правий кінець змішувача, а другий ряд з лівим кутом нахилу - в лівий кінець. Завдяки цьому забезпечується протитечієва циркуляція кормосуміші без скупчення маси, а зрізані і перерозподілені по ширині лопаті шари кормосуміші інтенсивно змішуються. Це дозволяє більш активно розрихляти масу компонентів і забезпечувати динамічне і інтенсивне переміщення груп часток з рівномірним розсіюванням їх у моноліті кормосуміші. Разом з цим радіальні пальці 7 активно розрихлюють масу компонентів у суміжному шарі і рівномірно переміщують групи часток у мікрооб'ємах, змінюють позицію складових компонентів у шарі, забезпечуючи сумісно з роботою лопатей необхідні технологічні властивості кормосуміші і більш високу якість змішування кормів» [12].

Задача пропонованої корисної моделі (АС № 60687): підвищити ефективність перемішування кормів та зменшити енергоємність процесу. Основний робочий орган змішувача кормів - пакет мішалок, який розміщується на валу змішувача. Пакет мішалок складається із несиметричних лопатей, закріплених шарнірно на валу змішувача. До конструкції змішувача входять вал, на якому рівномірно розподілені лопаті, електродвигун, ємність.

Змішувач кормів включає (рис. 1.12): ємність 1, вал приводу мішалок 2, на якому шарнірно закріплені несиметричні лопаті 3, вал приводу шнека 5, електродвигун 4, вікна вивантаження 6, лоток 7. Змішувач працює таким чином: при обертанні вала мішалок 2 з розташованими на ньому несиметричних лопатей 3 відбувається відхилення лопаті з більшої площею під тиском суміші, що діє на лопать. Завдяки різниці площ лопатей відбувається їх стійкий рух в середовищі, що значно інтенсифікує процес перемішування.

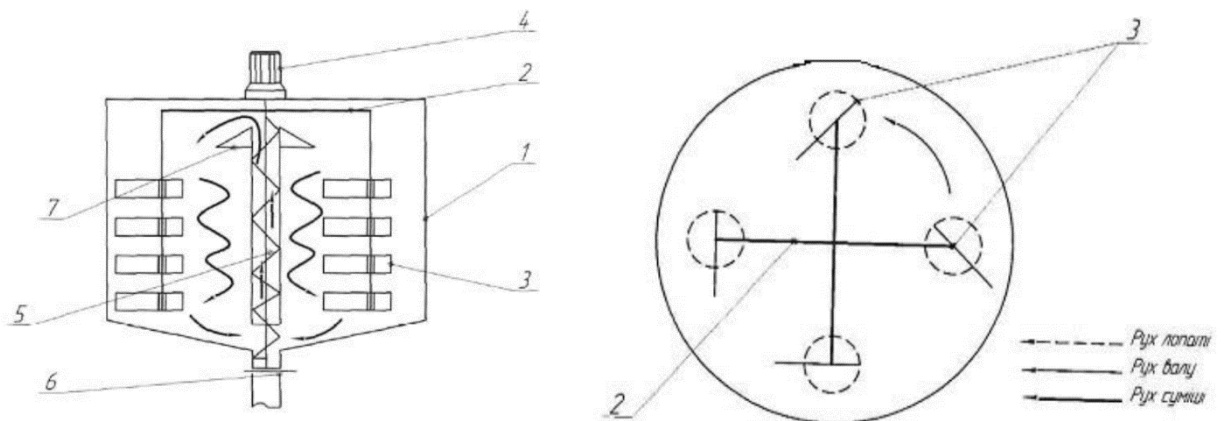


Рисунок 1.12 - Змішувач за патентом № 60687.

Для інтенсифікації процесу змішування у центрі змішувача встановлюється вал приводу шнека 3. Розміщення шнека у центрі сприяє ефективному перемішуванню корму в ємності. Досягнувши вершини, суміш потрапляє на лоток 7, який спрямовує суміш до центру рухомих лопатей. Змішувач кормів відрізняється тим, що у центрі додатково встановлено шнек, для інтенсифікації процесу змішування. Робочий орган шнека виконаний у вигляді несимет-

ричних лопатей. Техніко-економічна ефективність змішувача виражається в значному підвищенні однорідності суміші і підвищенні продуктивності перемішування зі значно зменшеними енерговитратами.

Розгляд різних типів змішувачів, з різними конструкціями мішалок, таких як лопатеві, турбінні, пропелерні та інші показує, що пропелерні мішалки забезпечують найбільший циркулюючий потік. Пропелерні мішалки вважаються найбільш ефективними в широкому діапазоні параметрів при змішуванні сумішей, що мають в'язкість $\mu = 0,5-5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ у ємностях об'ємом до 10 м^3 , також вони створюють значну осьову циркуляцію при мінімальній витраті енергії. Як пропелерні мішалки можна використовувати трилопатеві мішалки з кутом нахилу лопаток до площини обертання $\alpha = 24 - 45^\circ$ та їх шириною $b = 0,2d$. Ці мішалки мають характеристики, близькі до гвинтових змішувачів.

Важливу роль процесі перемішування, поруч із конструкцією мішалки, грає форма та просторова орієнтація змішувальної ємності, наявність у ній внутрішніх пристроїв. Так, апарат з вертикальним розташуванням мішалки забезпечує інший режим перемішування, ніж апарат з горизонтальним розташуванням мішалки, навіть якщо в ньому встановлена та сама мішалка.

1.4 Висновки

Як показав проведений аналіз типів годівлі свиней, рідка та зволожена годівля має значні переваги за продуктивними характеристиками поголів'я в порівнянні з сухим типом годівлі. Крім того, покращується конверсія корму – витрати корму на одиницю приросту живої ваги.

З огляду конструкцій існуючих систем приготування-роздавання рідких кормів, їх комплектують вертикальними змішувачами, з різною геометрією бункера. Такі схеми мають один недолік – виникнення застійних зон, а значить, погіршення якості суміші.

Як видно з патентного аналізу, напрямки удосконалення пристроїв для приготування рідких кормів розвивається у двох напрямках – створення та удосконалення пристроїв попереднього приготування (змішувачів) та розробка нових робочих органів.

В зв'язку з вищесказаним до подальшої роботи нами приймається горизонтальний змішувач рідких кормів, оснащений пропелерною мішалкою, теоретичне обґрунтування параметрів якого проведемо в наступному розділі.

2 Обґрунтування основних параметрів змішувача рідких кормів

2.1 Розробка конструктивної схеми змішувача

Для перемішування сумішей з малою в'язкістю та осадом, які містять тверді частинки, використовується пропелерна мішалка. Пропелерні мішалки не застосовуються у виробництві, де необхідно змішувати рідини з великою в'язкістю або з включенням твердої фази з великою питомою вагою.

На рис. 2.1 наведено графік застосування окремих типів мішалок для рідин із різними показниками в'язкості.

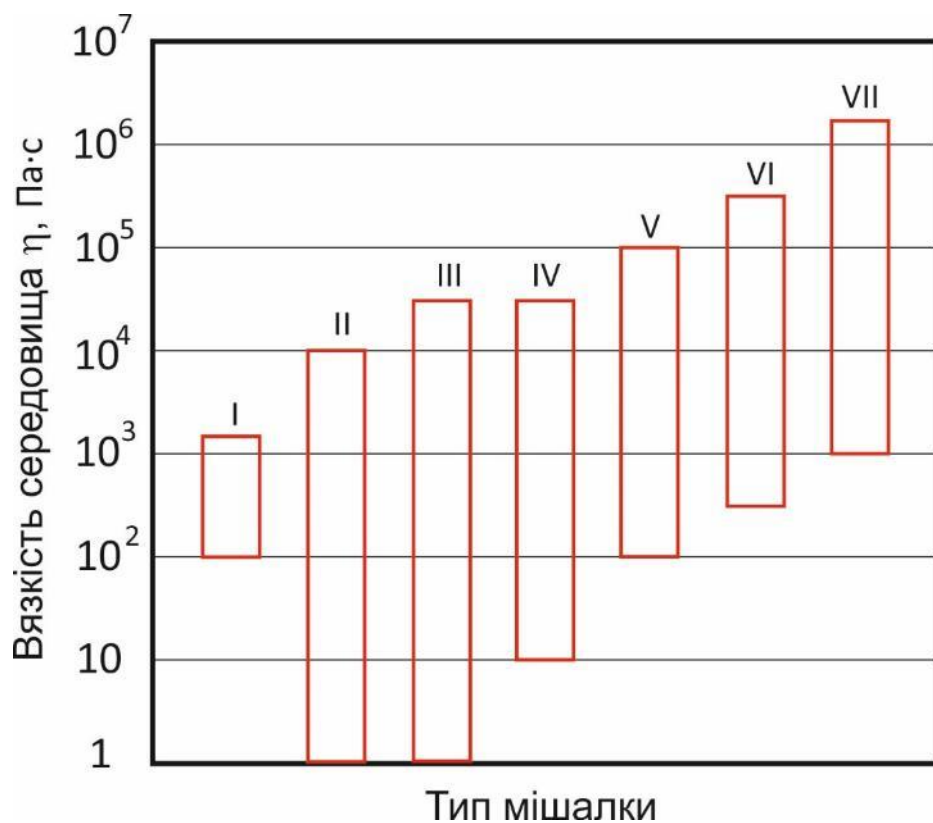


Рисунок 2.1 – Діапазон застосування різних типів мішалок: I – якірна; II – пропелерна; III – турбінна із плоскими лопатками; IV – лопатева; V – рамна; VI – шнекова; VII – стрічкова

Графік для вибору одного з трьох типів мішалок наведено на рис. 2.2. Відповідна крива обмежує верхній діапазон роботи мішалки цього типу.

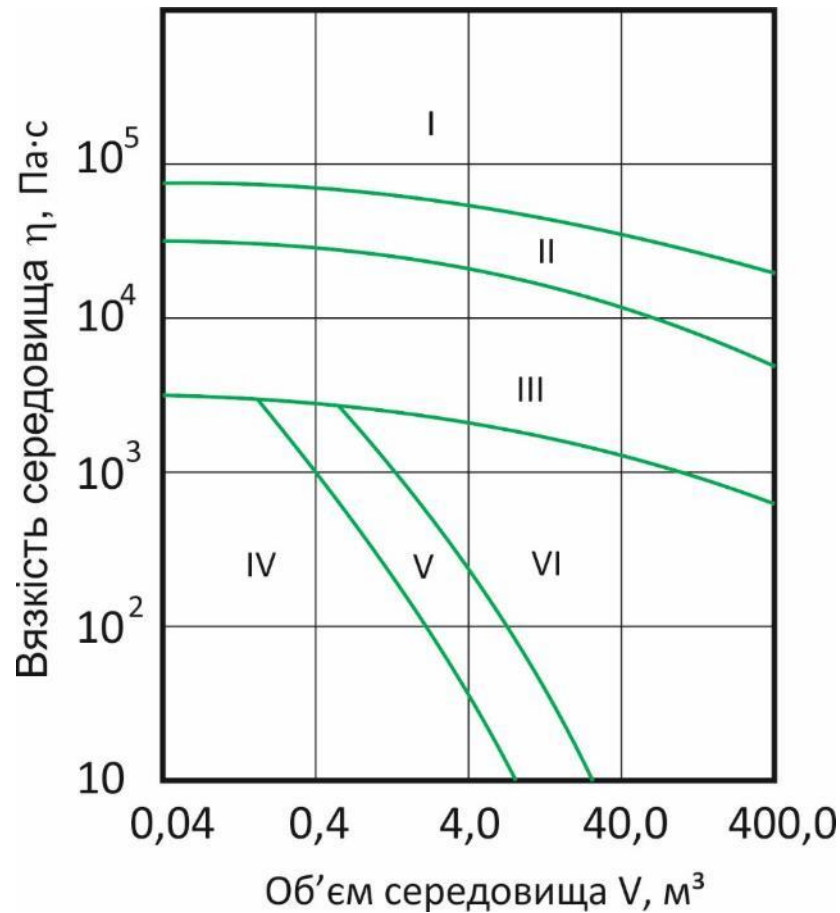


Рисунок 2.2 - Графік, що ілюструє вибір пропелерної, турбінної та лопатевої мішалки: I – лопатева модифікована; II – лопатева; II – турбінна; IV – пропелерна, 420 хв⁻¹; V - пропелерна, 1150 хв⁻¹; VI – пропелерна, 1750 хв⁻¹

З графіків випливає, що широкую сферу застосування має пропелерна та турбінна мішалки, які здійснюють змішування рідин із високим діапазоном в'язкості. Також ці мішалки дозволяють перемішувати рідини у широкому діапазоні об'єму.

Перспективним напрямком перемішування рідких та напіврідких середовищ є використання нового покоління змішувачів, яке дозволяє збільшити турбулізацію та циркуляцію потоків при одночасному зниженні енергоспожи-

вання та металоемності. Це можливо, оскільки при використанні закручених потоків та вихрового руху, що призводить до створення відцентрових сил, суттєво перевищують гравітаційні, а також застосування акустичних пружних коливань, що створюють кавітаційні пульсуючі мікропотоки тощо. Найбільш ефективно це поєднується в горизонтальному пропелерному змішувачі, у якого пропелер розташований коаксіально циліндричному корпусу.

Сучасний стан теоретичних розробок та експериментальних досліджень процесу змішування дозволяють припустити, що найбільш значний вплив на процес та його кінетики мають:

- фізико-механічні властивості змішуваних компонентів (форма та розміри частинок, вологість, коефіцієнт тертя);
- процес змішування (вплив механічних пристроїв, струменем рідини чи газу, комбінацією перерахованих методів);
- форма та геометричні параметри змішувачів (довжина, діаметр, кількість напіврідкого середовища, розташування пропелера в ємності);
- технологічні фактори (ступінь заповнення змішувача, точність дозування та співвідношення компонентів).

Критерієм застосування одного зі способів змішування служить відповідність розрахункових параметрів змішування (ступеня однорідності, величини теплового потоку тощо) вимоги технологічного процесу.

З відомих способів змішування, у цьому розділі розглянуто змішування рідких кормосумішей та перемішування їх за допомогою механічної пропелерної мішалки.

Для підбору пристрою, що перемішує, або способу перемішування, а також порівняльної оцінки різних пристроїв зазвичай використовують дві їх найважливіші характеристики:

1. Ефективність пристрою, що перемішує E ;
2. Інтенсивність перемішування (індекс перемішування) I .

Інтенсивність перемішування, що виражається за допомогою частоти обертання мішалки, потужність наведена до одиниці об'єму або щільності суміші і т.п. На практиці інтенсивність перемішування визначається часом досягнення конкретного технологічного результату, тобто рівномірності перемішування.

Ефективність перемішування, що визначається можливістю досягнення необхідної якості перемішування за найкоротший час та з мінімальними витратами енергії.

Індекс перемішування I може бути мірою інтенсивності перемішування. Він залежить від кількості оборотів мішалки, від витрати потужності на одиницю рідини, що перемішується (V/N). На рис. 2.3 показано характер цієї залежності.

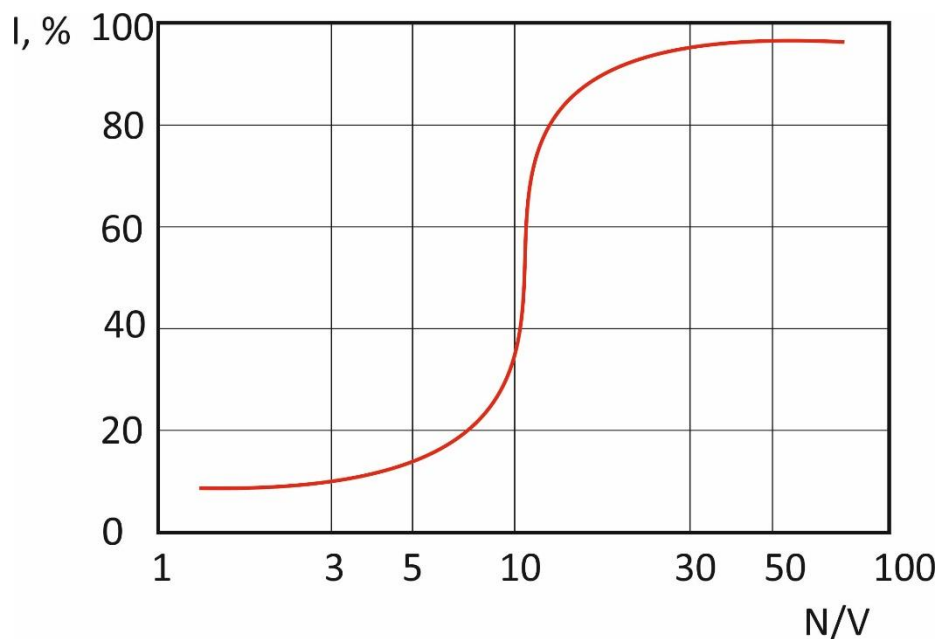


Рисунок 2.3 - Залежність $I=f(N/V)$ кормосуміші

З рис. 2.3 можна дійти висновку, що індекс перемішування I низький, - перемішування слабке, але при низькій питомій витраті потужності N/V . Далі індекс збільшується швидко, але потім знову помітний слабкий його приріст. Тому збільшення витрати потужності після $(N/V) > 10-15$ не вигідно

2.2 Визначення потужності змішувача

Описуючи процес змішування можливі три механізми та, відповідно, три математичні моделі, які дозволяють розраховувати та оптимізувати процес змішування: дифузія, конвекція, зсув.

Поле швидкостей і тисків, створюються рушійними силами ззовні рахунок пропелера, силами гідродинамічного опору на поверхні, що обмежують потік, характеристикою механізму обміну енергією між шарами рідини.

Рух рідини у змішувачі-запарнику можна розділити на рух у зоні робочого органу та рух поза слідом робочого органу. Рух рідини у зоні дії лопатей змішувачів докладно вивчено та наведено в [6].

При математичному описі течії рідини має виконуватись умова рівності всіх прикладених сил та моментів [6]:

$$M_{KP} - M_{КОРП} = 0. \quad (2.1)$$

Для змішувачів з горизонтальним розташуванням валу пропелера момент опору корпусу дорівнює:

$$M_{КОРП} = M_{СТ} + M_{ДН}, \quad (2.2)$$

де M_{KP} - крутний момент мішалки, Н·м;

$M_{КОРП}$ - момент опору корпусу Н·м;

$M_{СТ}$ - момент опору стінки ємності, Н·м;

$M_{ДН}$ - момент опору днища корпусу апарату Н·м.

Крутний момент на лопатях мішалки виникає в результаті відмінностей швидкості лопатей та суміші і може бути визначено за зусиллями, що діють на лопатки.

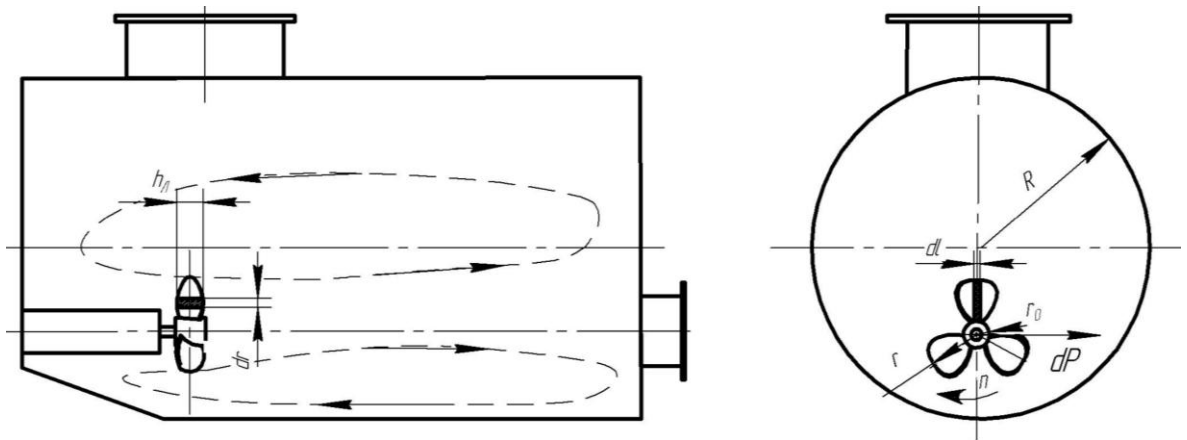


Рисунок 2.4 – Схема визначення крутного моменту

У найпростішому випадку, тобто при обертанні мішалки з горизонтальними лопатями висотою h_l , розташованими радіально, елементарній ділянці довжини лопаті прикладена сила:

$$dP = \zeta_l \frac{\rho u^2(r)}{2} h_l dr \quad (2.3)$$

Ця сила створює крутний момент:

$$dM_{KP} = \zeta_l \frac{\rho u^2(r)}{2} h_l r dr \quad (2.4)$$

де ζ_l - коефіцієнт гідравлічного опору лопатей мішалки (для трилопатевої пропелерної мішалки при турбулентному русі потоку $\zeta_l = 0,56$) [16];

ρ - щільність рідини, кг/м^3 ;

$u(r)$ - швидкість обтікання ділянки лопаті на радіусі r м/с;

h_l - ширина лопаті, м;

r – радіус мішалки, м.

Виразимо швидкість обтікання як різницю швидкостей лопаті та окружного потоку на радіусі r :

$$u(r) = \omega r - V(r). \quad (2.5)$$

Ввівши позначення:

$$\bar{r} = \frac{r}{r_0} \text{ и } \bar{V}(r) = \frac{V(r)}{\omega r_0}, \quad (2.6)$$

де ω - частота обертання пропелера, s^{-1} ;

$\bar{r} = \frac{r}{r_0}$ - відносний радіус, м;

$\bar{V}(r) = \frac{V(r)}{\omega r_0}$ - відносна окружна швидкість, м/с;

$V(r)$ - окружна швидкість рідини на радіусі r , м/с.

r_0 – внутрішній радіус кромки пропелера, м.

Якщо знехтувати взаємним впливом лопатей пропелера, то сумарний крутний момент пропелерної мішалки, може бути виражений:

$$M_{кр} = \zeta_M \rho \frac{\omega^2 r_0^5}{2} \int_{r_0}^1 [\bar{r} - \bar{V}(r)]^2 \bar{r} d\bar{r}, \quad (2.7)$$

де $r_{вн}$ - радіус внутрішніх крамок лопатей, м.

Проінтегрувавши вираз (2.7) у межах від r_0 до 1, отримаємо:

$$M_{кр} = \zeta_{м\rho} \frac{\omega^2 r_0^5}{2} \int_{r_0}^1 \left(\frac{r}{r_0} - \frac{V(r)}{nr_0} \right)^2 \frac{r}{r_0^2} dr =$$

$$= \zeta_{м\rho} \frac{\omega^2 r_0^5}{2} \left[\frac{r^4}{4r_0^4} \Big|_{r_0}^1 - \frac{2\kappa r^4}{4r_0^4 \omega} \Big|_{r_0}^1 + \frac{\kappa^2 r^4}{4r_0^4 \omega^2} \Big|_{r_0}^1 \right]$$

Вирішуючи рівняння 2.7 методом підстановки у межах від r_0 до 1, отримаємо:

$$M_{кр} = \zeta_{м\rho} \frac{r_0^5}{2} (r^4 - r_0^4) \cdot [\omega^2 - 2\kappa\omega + \kappa^2], \quad (2.8)$$

де κ - поправочний коефіцієнт, c^{-1} .

Момент сил гідравлічного опору на циліндричній стінці ємності визначається залежністю [6]:

$$M_{СТ} = K_3 \cdot S_{Ц} \cdot H \cdot \tau, \quad (2.9)$$

де $S_{Ц}$ – змочена площа циліндричної частини ємності, m^2 ;

H – висота заповнення змішувальної ємності, m ;

τ - дотичне напруження, Pa ;

K_3 - коефіцієнт заповнення змішувальної ємності, $K_3 = 0,7-0,8$.

$$S_{Ц} = \chi \cdot L, \quad (2.10)$$

де χ - змочений периметр циліндричної частини ємності, m ;

L – довжина змішувальної ємності, m .

Розмір τ може бути виражений через колову швидкість рідини:

$$\tau = \zeta_{кр\rho} \frac{V^2}{2}, \quad (2.11)$$

де ζ_k – коефіцієнт гідравлічного опору корпусу апарату.

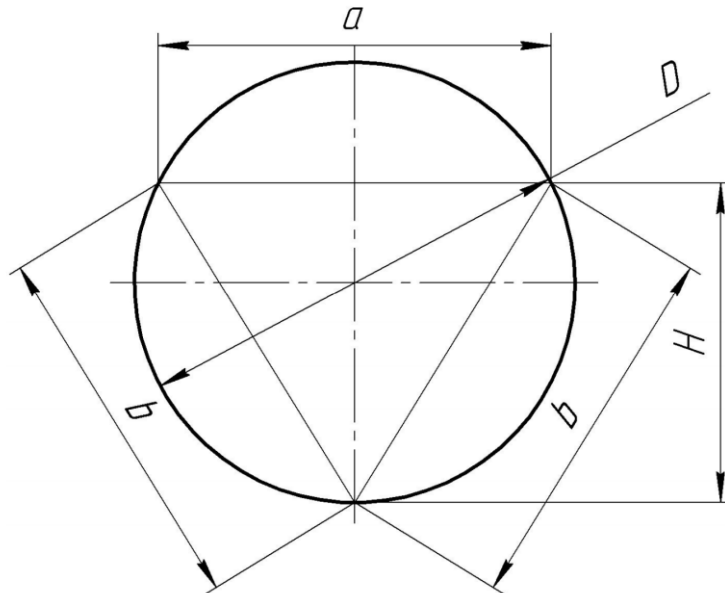


Рисунок 2.5 – Схема для визначення змоченого периметру змішувальної ємності

Оскільки змішувальна ємність заповнюється на висоту $H < D$, величина змоченого периметра циліндричної частини ємності менше периметра кола πD . Використовуючи формулу Гюйгенса, отримуємо величину змоченого периметра циліндричної частини ємності:

$$\chi = \pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - e) \right]. \quad (2.12)$$

де D – діаметр змішувальної ємності, м;

$2a$ - хорда дуги верхньої частини змішувальної ємності, не змоченої рідиною, м;

v - хорда дуги, що визначається висотою наповнення ємності змішувальною рідиною, м.

Тоді змочена площа циліндричної частини ємності визначиться:

$$S_{ц} = \pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - v) \right] \cdot L. \quad (2.13)$$

Значення окружної швидкості змінюється за радіусом лопаті мішалки, тому коефіцієнт ζ_K може бути різним. Як характерну приймемо величину середньої швидкості потоку:

$$V_{CP} = \frac{1}{R} \int_0^R V(r) dr. \quad (2.14)$$

На підставі формул (2.9 – 2.14) отримаємо рівняння моменту сил гідравлічного опору на циліндричній стінці ємності:

$$M_{ст.} = \pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - v) \right] L \zeta_K \rho 0,75 H \frac{1}{R} \int_0^R V(r) dr. \quad (2.15)$$

Проінтегрувавши вираз (2.15) і вирішуючи це рівняння методом підстановки в межах від 0 до R , отримаємо:

$$M_{ст.} = \pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - v) \right] L \zeta_K \rho 0,75 H c \frac{R}{2}, \quad (2.16)$$

де c – поправочний коефіцієнт, m/c^2 .

Момент опору днища апарату $M_{\text{дн}}$ визначається інтегруванням виразу в межах від 0 до R з урахуванням кривизни днища:

$$dM_{\text{дн}} = \pi \rho \zeta_{\kappa} V^2(r) r^2 dr. \quad (2.17)$$

або

$$M_{\text{дн}} \cong \frac{\pi}{4} \rho \zeta_{\kappa} R^3 \int_0^R V^2(r) dr. \quad (2.17)$$

Проінтегрувавши вираз (2.18) і вирішуючи це рівняння методом підстановки в межах від 0 до R , отримаємо:

$$M_{\text{дн}} \cong \frac{\pi}{4} \psi \rho \zeta_{\kappa} \frac{R^5}{3}, \quad (2.19)$$

де ψ - поправочний коефіцієнт, с^{-2} .

Сумарний момент опору корпусу визначається:

$$\begin{aligned} M_{\text{корп}} &= M_{\text{ст}} + M_{\text{дн}} = \\ &= \left[\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - \epsilon) \right] L \zeta_{\kappa} \rho 0,75 H c \frac{R}{2} \right] + \frac{\pi}{4} \psi \rho \zeta_{\kappa} \frac{R^5}{3} = \\ &= 0,25 \zeta_{\kappa} \rho R \left[0,5 \left(\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - \epsilon) \right] \right) L H c + \psi \pi \frac{R^4}{3} \right] \end{aligned} \quad (2.20)$$

На підставі формул (2.1) та (2.16) зниження моменту сил гідравлічного опору на циліндричній стінці ємності $M_{\text{ст}}$, а також зниження енергоємності процесу, слід прагнути до зниження змочена площа циліндричної частини ємності $S_{\text{ц}}$. Знизити її, при заданому об'ємі ємності V можна лише шляхом оптимізації відношення L/R .

При заданому об'ємі ємності її площа визначається виразом $F=2\pi(R^2+RL)$. Виражаючи довжину ємності L через її об'єм V отримаємо:

$$F = 2\pi R^2 + \frac{2V}{R}. \quad (2.21)$$

Продиференціювавши вираз (2.21) R і прирівнявши похідну до нуля, отримаємо оптимальне співвідношення діаметра та довжини циліндричної ємності:

$$\begin{aligned} \frac{dF}{dR} &= 4\pi R - \frac{2V}{R^2} = 0; & (2.22) \\ 2\pi R^3 &= V; \\ 2\pi R^3 &= \pi R^2 L; \\ D &= L. \end{aligned}$$

Враховуючи гідродинаміку перебігу рідини в горизонтальній, незаповненій частині ємності та проведені експериментальні дослідження довели, що найкращим співвідношенням у даному випадку є $L \approx 1,2D$.

Значення колової швидкості рідини змінюються по радіусу та довжині ємності, тому коефіцієнт $\zeta_{\text{ц}}$ може бути різним залежно від того, яке значення швидкості в горизонтальному пропелерному змішувачі запарнику прийнято як характерне.

На підставі формул (2.8) та (2.20) загальний крутний момент визначається наступним виразом:

$$\begin{aligned}
M_{кр.общ.} &= \zeta_m \rho \frac{r_0^5}{2} (r^4 - r_0^4) \cdot [\omega^2 - 2\kappa\omega + \kappa^2] - \\
&- 0,25\zeta_{\kappa} \rho R \left[0,5 \left(\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - \epsilon) \right] \right) LHc + \psi\pi \frac{R^4}{3} \right] = \\
&= \frac{1}{4} \zeta_{\kappa} \rho \left[\frac{r_0^5}{4} (r^4 - r_0^4) \cdot [\omega^2 - 2\kappa\omega + \kappa^2] - R \left[0,5 \left(\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - \epsilon) \right] \right) LHc + \psi\pi \frac{R^4}{3} \right] \right] \\
(2.23)
\end{aligned}$$

Потрібна потужність, необхідна для приводу пропелера визначається виразом:

$$N_{потр} = \frac{1}{4} \omega \zeta_{\kappa} \rho \left[\frac{r_0^5}{4} (r^4 - r_0^4) \cdot [\omega^2 - 2\kappa\omega + \kappa^2] - R \left[0,5 \left(\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - \epsilon) \right] \right) LHc + \psi\pi \frac{R^4}{3} \right] \right] (2.24)$$

На рис. 2.6 представлено залежність теоретичної потужності від числа оборотів пропелерної мішалки.

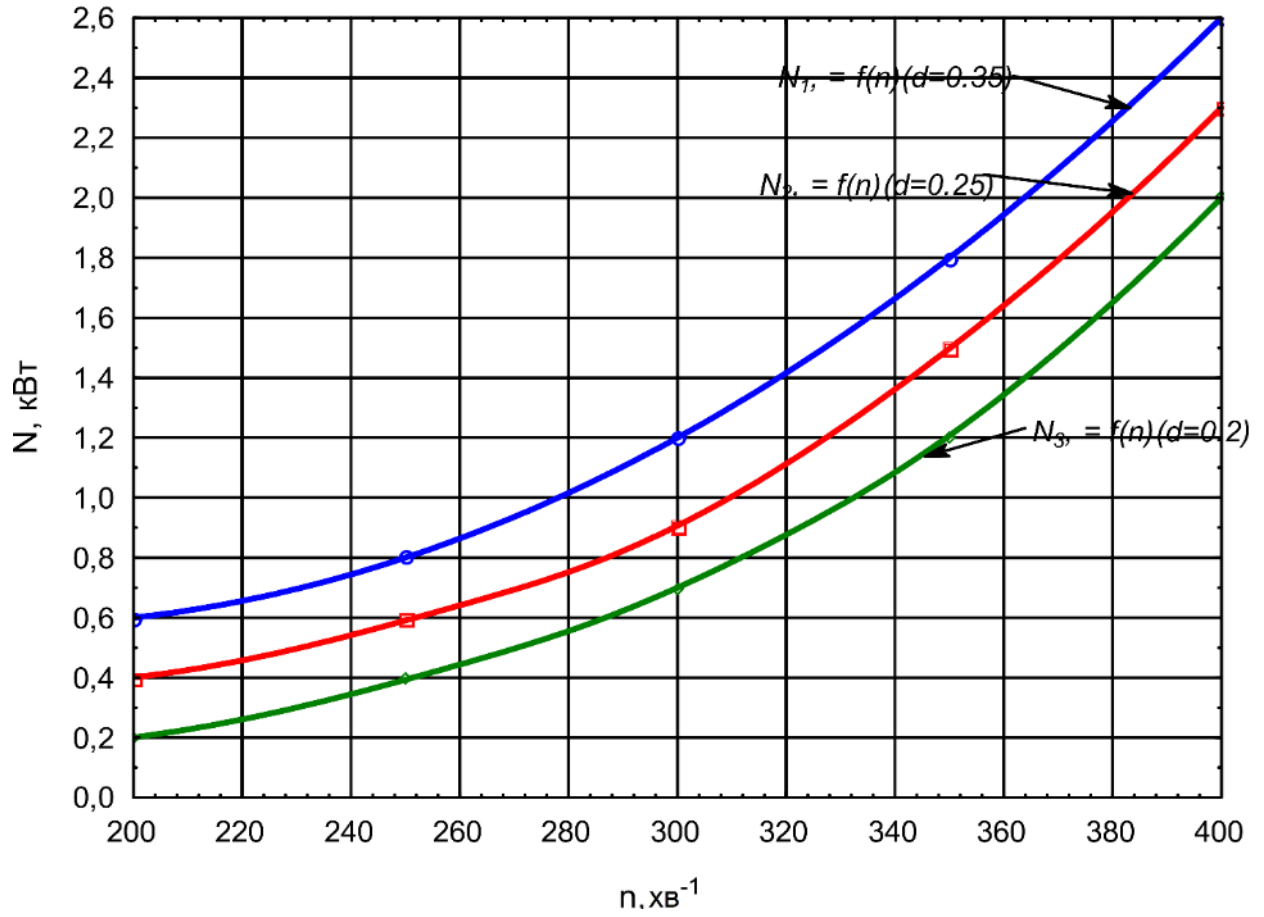


Рисунок 2.6 – Залежність теоретичної потужності N_T від частоти обертання n при $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$, $W = 84\%$

Виходячи з рис. 2.6, можна зробити висновок, що для експериментального змішувача потрібна потужність збільшується за параболічною залежністю. При збільшенні діаметра перемішувача потужність збільшується.

2.3 Визначення продуктивності змішувача

Рівняння витрати є математичним виразом закону збереження маси та для технічних пристроїв записується як рівність витрати рідини через два довільні перерізи. Відповідно до позначеннями, наведеними на рис. 2.7 для рі-

динного кола рівняння витрати для потоку, що змішується, запишеться у вигляді:

$$\frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + \int_0^L \int_{r_2}^R V_{cp} dr dL = Q = const. \quad (2.25)$$

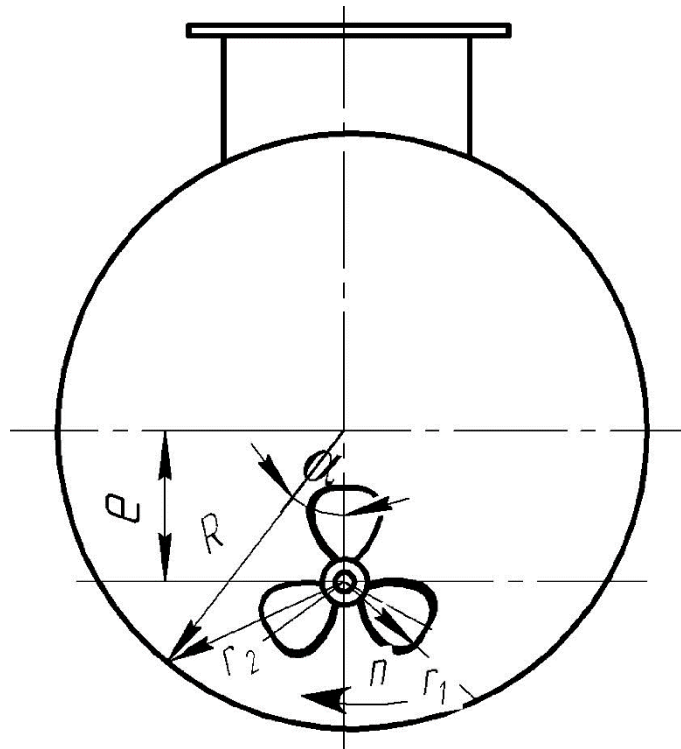


Рисунок 2.7 – Схема до розрахунку продуктивності

Інтегруючи вираз (2.25) у межах від 0 до L_{max} і від r_2 до R отримаємо:

$$\begin{aligned}
Q &= \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + \int_0^{L_{\max}} \int_{r_2}^R arLdrdL = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + a \int_0^{L_{\max}} \int_{r_2}^R rLdrdL = \\
&= \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + a \int_0^{L_{\max}} dL \int_{r_2}^R rLdr = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + a \int_0^{L_{\max}} LdL \cdot \int_{r_2}^R rdr = \\
&= \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + a \int_0^{L_{\max}} LdL \cdot \frac{r^2}{2} \Big|_{r_2}^R = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + \left(a \int_0^{L_{\max}} LdL \frac{R^2}{2} - a \int_0^{L_{\max}} LdL \frac{r_2^2}{2} \right) = \\
&= \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + \left(\frac{aR^2}{2} \cdot \frac{L^2}{2} \Big|_0^{L_{\max}} - \frac{ar_2^2}{2} \cdot \frac{L^2}{2} \Big|_0^{L_{\max}} \right) = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} nL + \left(\frac{aR^2 L_{\max}^2}{4} - \frac{ar_2^2 L_{\max}^2}{4} \right)
\end{aligned}$$

Таким чином, продуктивність визначається виразом:

$$Q_T = \frac{(r_2^2 - r_1^2)}{2} nL + a \cdot \frac{L_{\max}^2}{4} (R^2 - r_2^2) \quad (2.27)$$

де r_1 - радіус внутрішньої кромки мішалки, м;

r_2 - радіус мішалки, м;

n - частота обертання мішалки, s^{-1} ;

L - довжина змішувальної ємності, м;

R - радіус змішувальної ємності, м;

S - змочена площа циліндричної поверхні, m^2 ;

a - поправочний коефіцієнт, $1/мс$.

Відповідно до малюнку 2.7, відстань до довільної точки від центру робочого органу та центру ємності пов'язані між собою рівнянням:

$$r_2 = \sqrt{(R - e \cos \alpha)^2 + (e \sin \alpha)^2} \quad (2.28)$$

Підставляючи рівняння (2.28) у (2.27) і перетворюючи його отримаємо теоретичну продуктивність:

$$Q_T = \frac{R^2 - 2Re \cos \alpha + e^2 - r_1^2}{2} nL + \frac{aL_{\max}^2}{4} (e^2 - 2Re \cos \alpha), \quad (2.29)$$

де e – ексцентриситет, м.

На рис. 2.9 представлено залежність теоретичної продуктивності Q_T від частоти обертання пропелерної мішалки n .

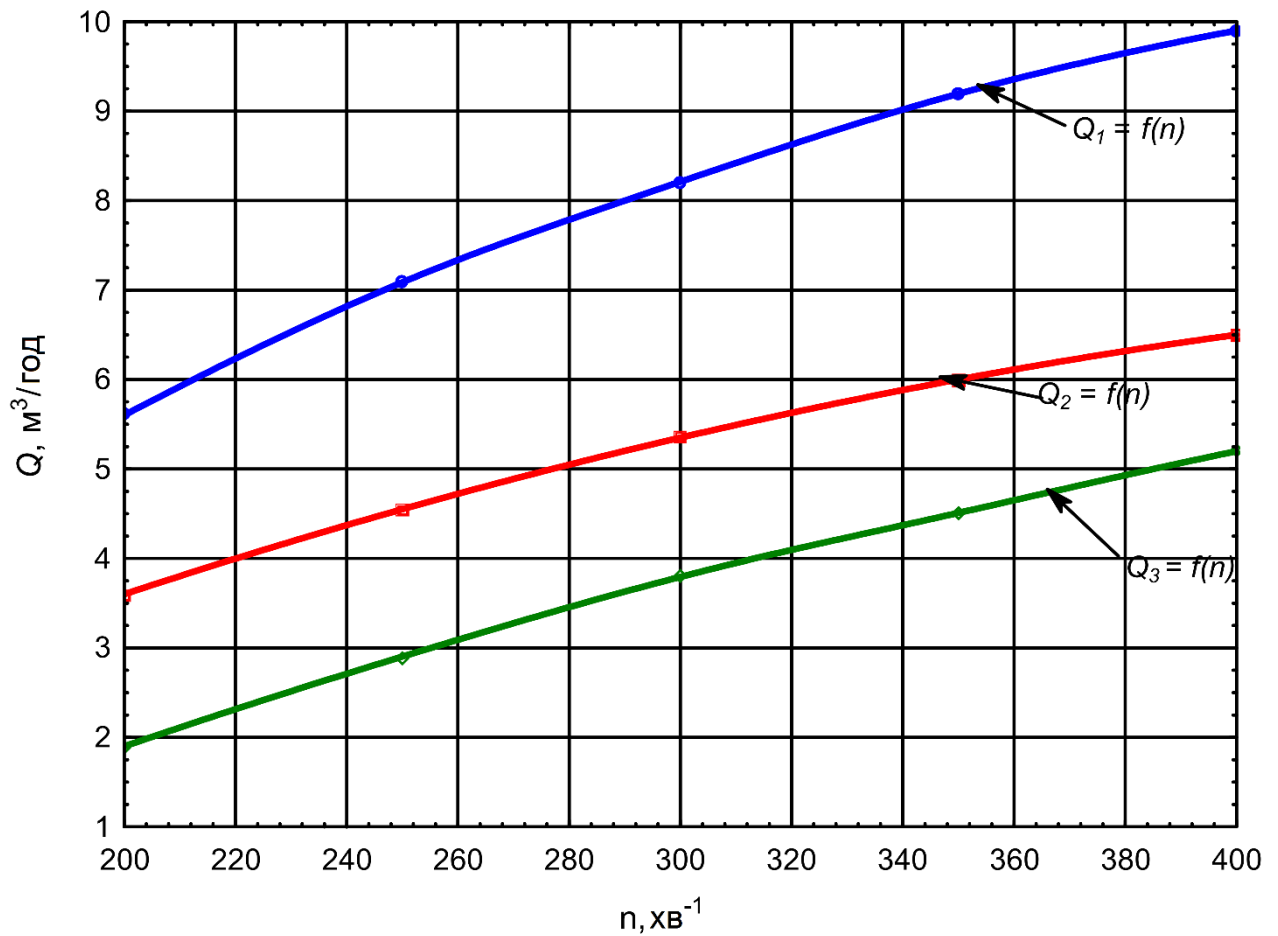


Рисунок 2.8 – Залежність теоретичної продуктивності Q_T від частоти обертання пропелерної мішалки n за $d_1 = 0,35$ м, $d_2 = 0,25$ м, $d_3 = 0,2$ м, $L=1,2D$

2.4 Висновки

Проведено теоретичні дослідження змішування рідких кормосумішей у горизонтальному пропелерному змішувачі. На підставі розроблених математичних моделей визначено розрахункові залежності: моменту та потужності, продуктивності, а також конструктивні параметри змішувальної ємності та пропелера.

Виявлено, що для підтвердження достовірності розрахункових параметрів необхідно провести експериментальні дослідження щодо визначення дійсних значень потужності і продуктивності.

3 Лабораторні дослідження змішувача рідких кормів

3.1 Програма, методи лабораторних досліджень

З технологічних процесів отримання кормосумішей у свинарстві нами обрано процес їх змішування. Цей процес основний при кормоприготуванні. Основна частина експериментальних досліджень змішування проведено в лабораторних умовах.

Відповідно до цілей та завдань досліджень проведено експериментальні дослідження у наступній послідовності:

- розробка програми проведення експериментів;
- розробка експериментальної лабораторної установки для змішування;
- розробка методики проведення експериментів;
- обробка та аналіз результатів, встановлення адекватності розроблених математичних моделей процесу змішування.

Об'єктом лабораторних випробувань стали технічний засіб змішування (масштабна модель змішувача з горизонтальною мішалкою) для технологічної лінії кормоприготування у свинарстві.

Завданням експериментальних досліджень було виявлення якісного показника однорідності суміші (J) у змішувачі, вивчення технологічних енергетичних показників (Q, N).

Відповідно до поставленого завдання програма експериментальних досліджень змішувача передбачає визначення наступних параметрів: часу приготування кормосуміші t , вологості кормосуміші W , діаметр пропелера d , частота обертання n .

Експериментальна установка для дослідження змішування на рідкі кормосуміші призначена для досліджень процесів змішування та теплового впливу при приготуванні рідких кормосумішей, виявлення особливостей роботи пропелера в горизонтальній змішувальній ємності при його ексцентричному

розташуванні. На установці проводився замір частоти обертання пропелера, часу приготування кормосуміші певної концентрації, споживаної потужності.

На рис. 3.1 представлено загальний вигляд лабораторної установки для дослідження процесів змішування при приготуванні рідких кормосумішей, модель реалізовано у масштабі 1:5.

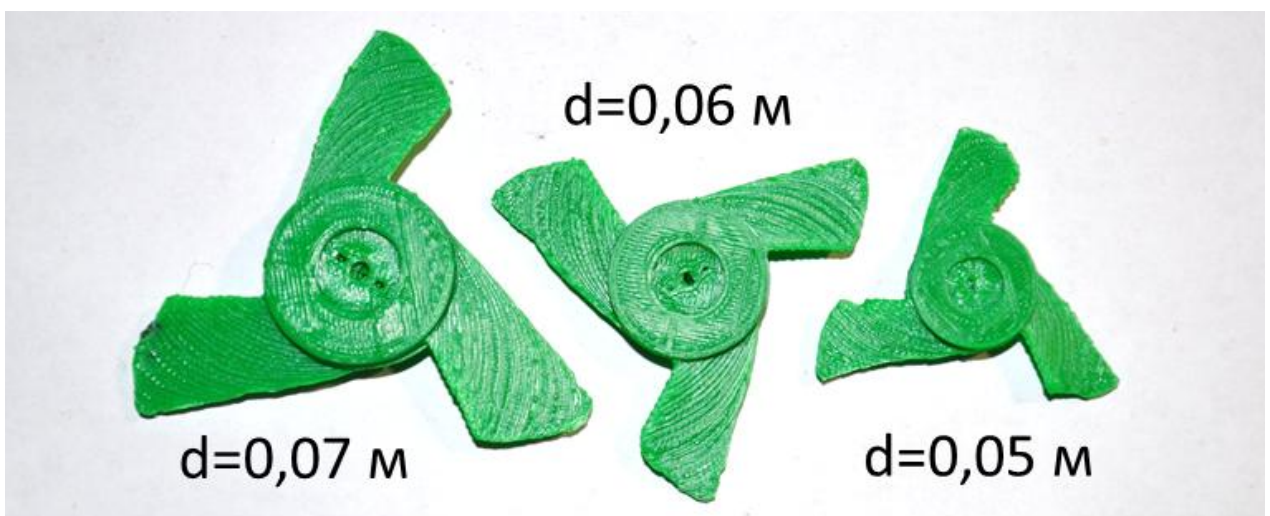
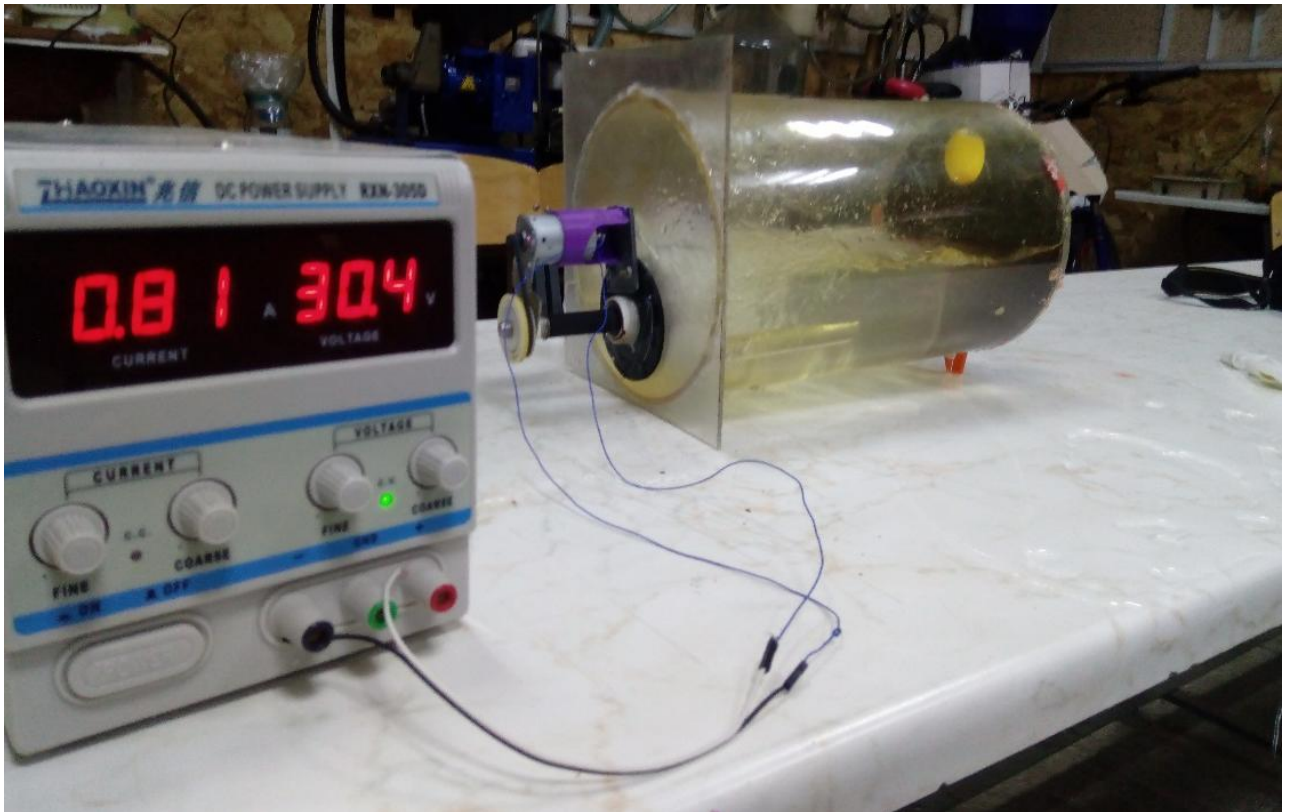


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд моделі змішувача з контрольно-вимірювальним обладнанням

Для зниження кількості експериментів використано метод оптимального планування експерименту, метод повного факторного експерименту. Цей метод дає можливість отримати математичний опис процесу, перевірити адекватність розробленої математичної моделі, у тій чи іншій локальній області факторного експерименту, який знаходиться в безпосередній близькості від вибраної точки. Загальна кількість дослідів визначалася згідно залежності:

$$N=2^n + 2n + n_0, \quad (3.1)$$

де n – кількість факторів;

n_0 – число точок у центрі експерименту.

У ході повного факторного експерименту всі фактори варіюють на двох рівнях, що відповідають значенням кодованих змінних «+1» та «-1». В результаті виходить система експериментів, яка містить всі можливі комбінації рівнів варіювання факторів. Ряд Тейлора, з достатньою точністю, описує функцію відгуку, в локальній області факторного простору. Як функція відгуку (Y), прийнята величина індексу змішування, потужності приводу, продуктивності від вологості кормосуміші, часу змішування, частоти обертання

Таблиця 3.1 – Умови експериментальних досліджень змішування рідких кормосумішей у горизонтальному гвинтовому змішувачі

Найменування параметра	Позначення	Межі вимірювання
Частота обертання гвинта, хв^{-1}	n	200 – 400
Діаметр пропелера, м	d	0,05 – 0,07
Час змішування, хв	t	2 – 8

Рівні факторів та інтервали варіювання сумішей, отриманих у горизонтальному пропелерному змішувачі, представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.4 - Рівні факторів та інтервали варіювання

Найменування факторів	Позначення	Інтервал варіювання	Верхній рівень +	Нижній рівень -	Основний рівень 0
Частота обертання гвинта, хв^{-1}	n	100	400	200	300
Діаметр пропелера, м	d	0,01	0,06	0,04	0,05
Час змішування, хв	t	3	8	2	5

Дослідження проводилися в лабораторії кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві із середньою температурою довкілля $+10^{\circ}\text{C}$. Продуктивність змішувача визначали виходячи з маси корму та часу змішування, потужність приводу визначали за показниками напруги та сили струму, частоту обертання валу гвинта вимірювали цифровим тахометром DT2234C.

3.2 Результати експериментальних досліджень змішувача

Першу групу експериментів було проведено з метою визначення впливу діаметра мішалки d_M на потужність N та продуктивність Q змішувача-запарника. Друга група експериментів була проведена з метою визначення впливу часу змішування t на якісні (ступінь однорідності J) та енергетичні (витрати потужності N) параметри залежно від числа обертів гвинта n .

З метою виявлення цих параметрів було проведено однофакторні експерименти для сумішей різної вологості W . Частота обертання приводу n підтримувалася рівною 400, 350, 300, 250 та 200 хв^{-1} .

На рис 3.2 наведено залежність потужності приводу N від діаметра мішалки d_M , при вологості кормосуміші $W = 84\%$ та частоті обертання приводу $n=300 \text{ хв}^{-1}$.

З графіка видно, що зі збільшенням діаметра мішалки з 0,04 до 0,06 витрати потужності на привід збільшуються з 12 до 18 Вт за рахунок збільшення опору кормосуміші лопатям мішалки.

На рис. 3.3 наведено залежність продуктивності змішувача Q від діаметра мішалки d_M , при вологості кормосуміші $W = 84\%$ і частоті обертання приводу $n=300 \text{ хв}^{-1}$.

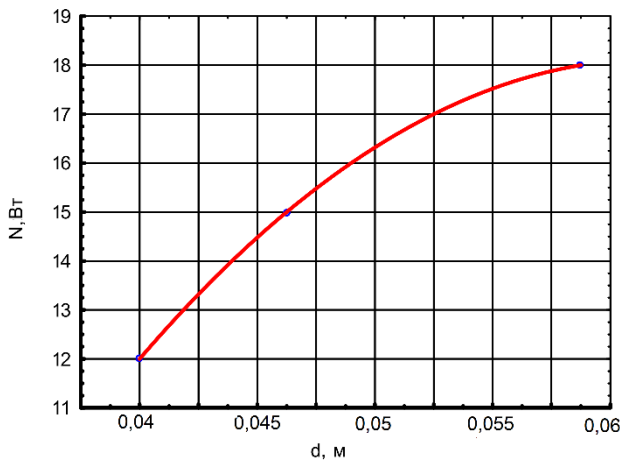


Рисунок 3.2 – Залежність потужності приводу N від діаметра мішалки d_M

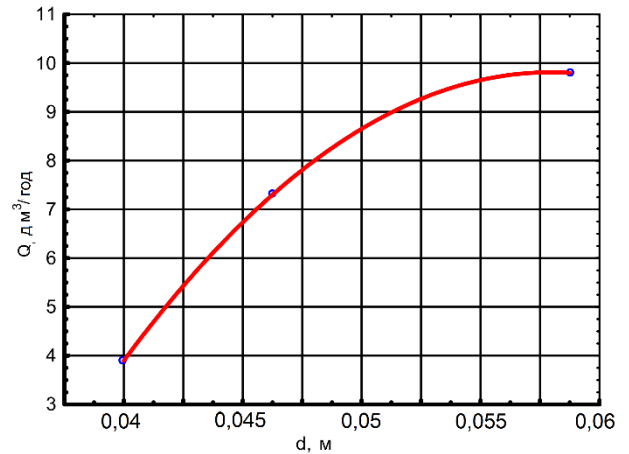
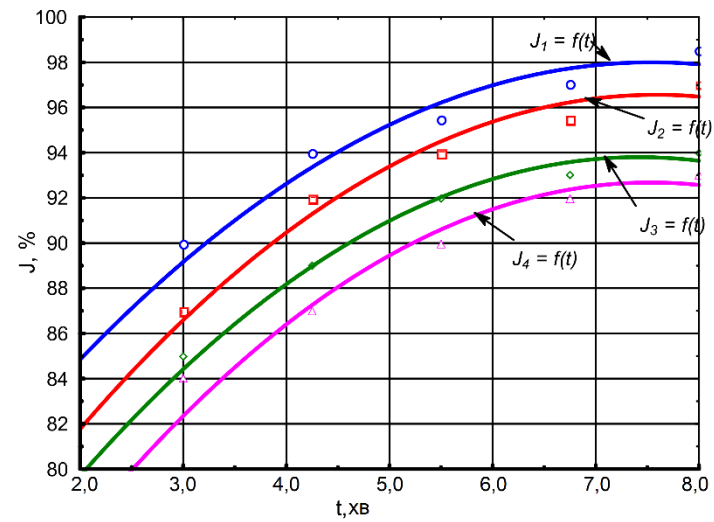


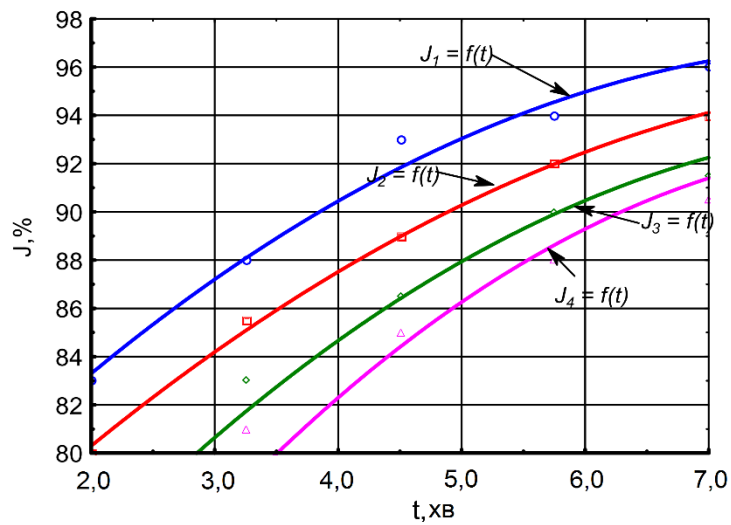
Рисунок 3.3 – Залежність продуктивності змішувача Q від діаметра мішалки d_M

На рис. 3.4 наведено експериментальні залежності ступеня однорідності кормосумішей $J=f(t)$ при різній вологості 76 - 88%, при частоті обертання пропелера n дорівнює 400, 300, і 200 хв^{-1} та його діаметрі рівним 0,05 м.

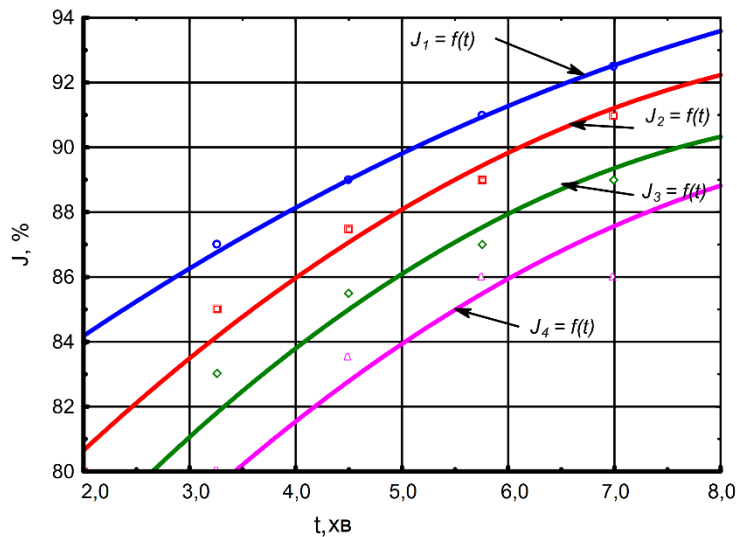
На рис. 3.5 наведено експериментальні залежності потрібної потужності змішування $N=f(n)$ горизонтального пропелерного змішувача, який має діаметри робочого органу рівні 0,06, 0,05 і 0,04 м, при отриманні кормосумішей вологістю 88, 80, 84 та 76%.



а

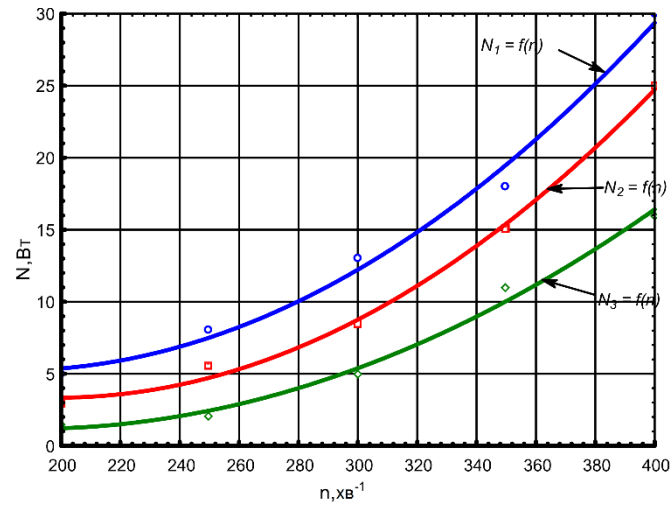


б

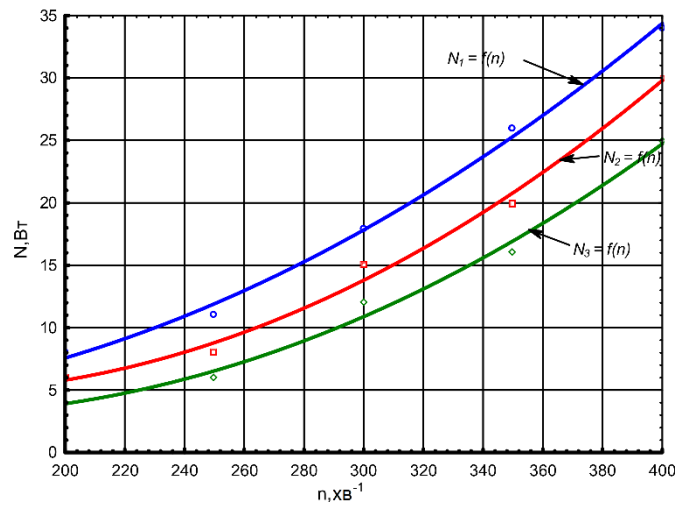


в

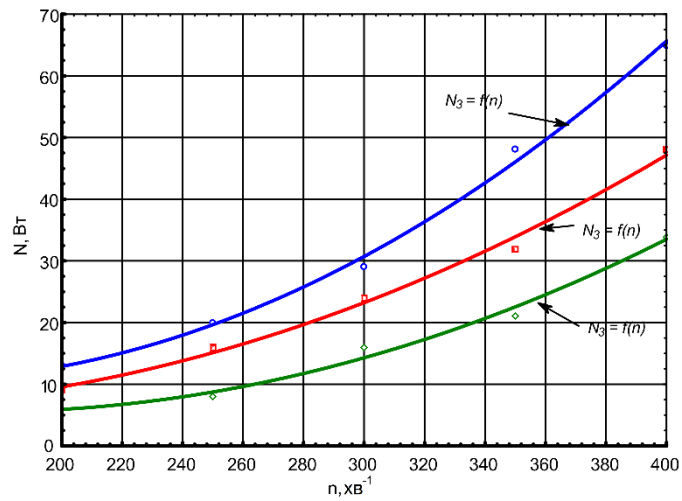
Рисунок 3.4 - Залежності ступеня однорідності кормосумішей $J=f(t)$ при вологості \circ - 88%; \square - 84%; \diamond - 80%; Δ - 76% при частоті обертання гвинта n : а - 400 хВ^{-1} ; б - 300 хВ^{-1} ; в - 200 хВ^{-1}



а



б

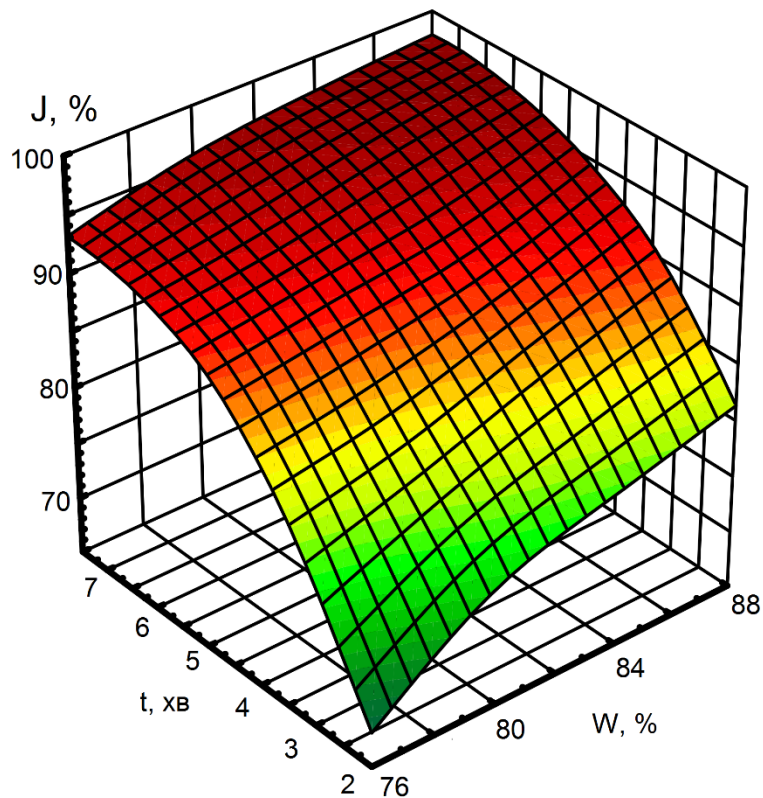


в

Рисунок 3.5 - Залежність потрібної потужності змішування $N=f(n)$ кор-
мосумішей вологістю: а - 88%; б - 84%; в - 80% з діаметром гвинта рівним \circ -
0,06; \square - 0,05; \diamond - 0,04 м

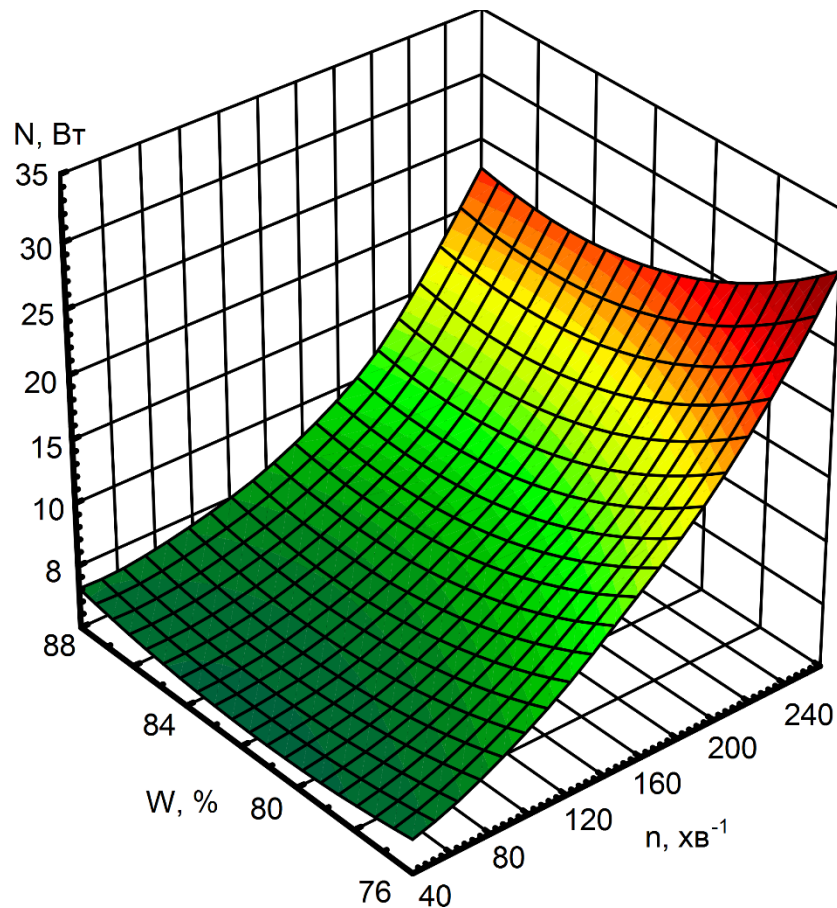
Статистична обробка експериментальних даних дозволила отримати математичні моделі, які описують отримані математичні залежності. Виявлені однофакторні залежності є не лінійними і досить точно описуються поліномами другого та третього ступеня.

Отримані рівняння регресії адекватні за критерію Фішера при 5% рівні значимості представлені на рисунках під відповідними кривими. Для визначення конструктивних параметрів проведено трифакторний експеримент. В результаті статистичного аналізу експериментальних даних з використанням програми STATISTICA 6.0 було отримано математичну модель залежності величини індексу змішування J від часу змішування t і вологості W кормосуміші (рис. 3.6), а також потужності приводу N та продуктивності Q змішувача від числа оборотів n та вологості W кормосуміші (рисунок 3.7, 3.8).



$$J = -85,81 + 2,6425 \cdot W + 4,8954 \cdot t - 0,032 \cdot W \cdot t - 0,0094 \cdot W^2 - 0,0457 \cdot t^2$$

Рисунок 3.6 – Залежність індексу змішування J від часу змішування t та вологості W кормосуміші

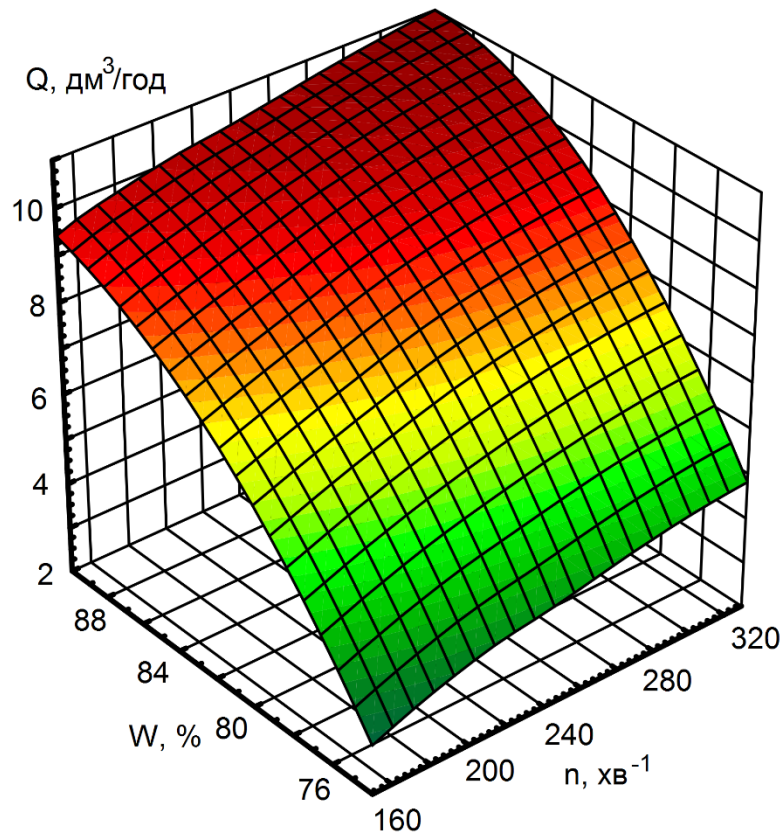


$$N=49,641-1,218 \cdot W+0,024 \cdot n-0,0003 \cdot W \cdot n+0,0075 \cdot W^2+0,00005 \cdot n^2$$

Рисунок 3.7 – Залежність потужності приводу N змішувача від числа обертів n і вологості W кормосуміші

З аналізу експериментальних залежностей випливає, що за збільшення частоти обертання пропелера збільшується продуктивність і знижується час змішування кормосумішей до отримання заданого ступеня її однорідності. Також зростання продуктивності відбувається зі збільшенням діаметра гвинта. Однак збільшення частоти обертання та діаметра гвинта призводить до значному збільшенню споживаної потужності.

Процес змішування залежить від співвідношення діаметрів ємності для змішування D і гвинта d .



$$Q = -200,929 + 4,654 \cdot W + 0,003 \cdot n - 0,026 \cdot W^2$$

Рисунок 3.8 - Залежність продуктивності Q змішувача від числа оборотів n і вологості W кормосуміші

У зв'язку з цим, розраховані шляхом використання багатокритеріальної оптимізації параметрів гвинта, має $n = 400 \text{ хв}^{-1}$ і $d = 0,05 \text{ м}$, є кращими для змішувача з $D = 1,05 \text{ м}$, а гвинта, що має $n = 300 \text{ хв}^{-1}$ $d = 0,07 \text{ м}$ – для змішувача з $D = 1,35 \text{ м}$.

3.3 Висновки

Проведені експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням частоти обертання з 200 до 400 хв^{-1} індекс змішування кормосумішей при вологості 76-88 % збільшується з 90 до 98%. При цьому зі збільшенням вологос-

ті з 76 до 88 % і збільшення діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м збільшується продуктивність змішувача до 13 дм³/год. Експерименти показали, що збільшення частоти обертання з 200 до 400 хв⁻¹ та діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м призводить до зростання споживаної потужності з 1,0 Вт до 7,5 Вт.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Загальні визначення та поняття

«Охорона праці - система забезпечення безпеки життя та здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, психофізичні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи [38].

Функціями охорони праці є дослідження санітарії та гігієни праці, проведення заходів щодо зниження впливу шкідливих факторів на організм працівників у процесі праці.

Основним завданням охорони праці є забезпечення нешкідливих та безпечних умов праці. При цьому вирішуються два основні завдання: створення машин та інструментів, при роботі з якими виключена небезпека для людини, та розробка спеціальних засобів захисту, що забезпечують безпеку людини в процесі праці, а також проводиться навчання працюючих безпечним прийомам праці та використання засобів захисту, створюються умови для безпечної роботи».

Основна мета поліпшення умов праці – «досягнення соціального ефекту, тобто забезпечення безпеки праці, збереження життя та здоров'я працюючих, скорочення кількості нещасних випадків та захворювань на виробництві. Поліпшення умов праці дає економічні результати: зростання прибутку (у зв'язку з підвищенням продуктивності праці); скорочення витрат, пов'язаних із компенсаціями за роботу зі шкідливими та важкими умовами праці; зменшення витрат, пов'язаних із травматизмом, професійною захворюваністю; зменшенням плинності кадрів тощо».

Нормативна документація з ОП встановлює вимоги та норми за видами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання, виробничих процесів, засобів захисту працюючих та методи оцінки безпеки праці.

Охорона праці - система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини в процесі праці (ДСТУ 12.0.002-2003 ССБТ «Терміни та визначення»).

Виробнича санітарія - система організаційних, гігієнічних та санітарно-технічних заходів та засобів, що запобігають впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів. Гігієна праці - медична наука, що вивчає вплив навколишнього виробничого середовища, характеру трудової діяльності на організм працюючого. Розробка санітарно-гігієнічних нормативів та практичних заходів, усунення несприятливих виробничих факторів, попередження чи ослаблення їхнього впливу на організм людини є основними завданнями гігієни праці.

«Електробезпека - система організаційних та технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики» (ДСТУ 12.1.009-76 ССБТ «Електробезпека. Терміни та визначення»).

«Пожежна безпека - стан об'єкта, у якому виключається можливість пожежі, а разі виникнення запобігається вплив на людей небезпечних чинників і забезпечується захист матеріальних цінностей».

«Робоче місце - просторова зона, оснащена необхідними засобами, в якій здійснюється трудова діяльність працівника або групи працівників, які спільно виконують виробничі завдання. Робоче місце є частиною виробничо-технологічної структури підприємства (організації), воно призначене для виконання частини технологічного (виробничого) процесу та визначається на основі трудових та інших чинних норм та нормативів».

«Робоча зона - простір, обмежений за висотою 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, де знаходяться місця постійного чи непостійного (тимчасового) перебування працюючих. До постійних відносяться робочі місця, на яких працюючий перебуває понад 50% робочого часу за зміну або більше двох годин

безперервно. Якщо робота здійснюється у різних пунктах робочої зони, то постійним робочим місцем вважається вся робоча зона».

«Умови праці - сукупність факторів виробничого середовища, що впливає на здоров'я та працездатність людини в процесі праці. Дослідження умов праці показали, що факторами виробничого середовища у процесі праці є:

санітарно-гігієнічна обстановка, що визначає зовнішнє середовище в робочій зоні - мікроклімат, механічні коливання, випромінювання, температуру, освітлення та ін.;

психофізіологічні елементи: робоча поза, фізичне навантаження, нерво-психологічна напруга та ін., які обумовлені самим процесом праці;

естетичні елементи: оформлення виробничих приміщень, обладнання, робочого місця, робочого інструменту та ін; соціально-психологічні елементи, що становлять характеристику так званого психологічного клімату.

Професійним захворюванням називається захворювання, спричинене впливом шкідливих умов праці. До них відносяться: хронічні пилові бронхіти, вібраційна хвороба, отруєння різними токсичними речовинами та ін. У тяжких випадках можуть призвести до інвалідності».

4.2 Аналіз факторів виробничого середовища в процесі виробництва кормів для свиней

У процесі праці на оператора змішувача впливає безліч різноманітних факторів виробничого середовища, які в сукупності визначають той чи інший стан умов праці. Виробничі чинники поділяються на технічні, ергономічні, санітарно-гігієнічні, організаційні, психофізіологічні, соціально-побутові, природно-кліматичні, економічні.

Технічні фактори відображають рівень автоматизації та механізації виробничих процесів; найбільш повне використання обладнання та раціональну організацію робочого місця; застосування електронно-обчислювальної та ке-

руючої техніки; наявність та справність колективних засобів захисту, захищеність небезпечних зон та ін.

Ергономічні чинники характеризують встановлення відповідності швидкісних, енергетичних, зорових та інших фізіологічних можливостей людини у технологічному процесі; запровадження раціональних режимів праці та відпочинку, скорочення обсягу інформації, зниження нервово-емоційних напружень та фізіологічних навантажень; професійний вибір. Це стосується швидкісних параметрів техніки, обсягу інформації, що надходить від робочих органів, рівня організації робочого місця, зручності розташування органів управління та індикації, конструкції сидіння оператора, оглядовості робочої зони і т.д.

Естетичні чинники відображають відповідність естетичних потреб людини та реалізованих у художньо-конструкторських рішеннях робочих місць (знарядь праці) та виробничого середовища.

Санітарно-гігієнічні фактори показують стан виробничої санітарії на робочих місцях (якість повітряного середовища, рівень шкідливих речовин та випромінювань, шуму, вібрацій, стан освітлення та ін.). Вони мають відповідати вимогам нормативних документів.

Організаційні чинники характеризують режим праці та відпочинку для підприємства; дисципліну та форму організації праці, забезпеченість робітників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ); стан контролю за трудовим процесом та, зокрема, за охороною праці; якість професійної підготовки працюючих та ін.

Психофізіологічні фактори - фізичні навантаження (статичні та динамічні) та нервово-психічні (розумова перенапруга, монотонність праці, емоційні навантаження).

Хімічні фактори – токсичні речовини різного агрегатного стану: дихлоретан, ацетон, бензол, ксилол, толуол та інші розчинники; метан, вуглекислий газ, ацетилен, інші гази; лаки, фарби, емалі; лікарські засоби; побутові хімікати та багато інших хімічних речовин.

Серед перерахованих, безпеку оператору будуть нести невиконання технічних, санітарно-гігієнічних, психофізіологічних та хімічних факторів.

4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних чинників

«Шкідливий (виробничий) чинник - чинник, вплив якого за певних умов може призвести до зниження працездатності, захворювання і (або) негативного впливу на здоров'я нащадків» [37].

«Небезпечний (виробничий) чинник - чинник, вплив якого на працівника в певних умовах призводить до гострого отруєння, травм або іншого різкого погіршення здоров'я або до смерті» [37].

Для захисту оператора змішувача від дії шкідливих та небезпечних факторів застосуємо організаційні та технічні заходи.

Організаційні заходи з ОП - частина загальної системи організації праці та виробництва; передбачено нормативними документами. До них належать:

- виконання вимог наукової організації праці;
- атестація та сертифікація робочих місць;
- інструктування персоналу з ОП;
- професійний відбір та організація медичних оглядів;
- соціальне страхування;
- розстановка персоналу відповідно до кваліфікації;
- розробка планів ліквідації наслідків аварій;
- розробка та виконання планів огляду та ремонту обладнання;
- розробка графіка збирання робочих місць;
- складання переліку небезпечних робіт;
- розслідування, облік та аналіз нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- організація спеціального харчування; пропагування охорони праці;
- розробка системи заходів заохочення та покарання. На небезпечних ви-

робничих об'єктах до організаційних заходів з ОП відносяться також: ліцензування небезпечних робіт; сертифікація обладнання; розслідування аварій та ліквідація їх наслідків; прогнозування надзвичайних ситуацій; експертиза та декларування промислової безпеки; страхування.

Санітарні заходи з ОП розробляються переважно на стадії будівельного проектування, забезпечуються і вдосконалюються за необхідності у процесі поточної діяльності організації. До них належать:

- виконання вимог ОП та безпеки при плануванні та утриманні території, основних та допоміжних будівель, складів, окремих цехів та приміщень.

До технічних заходів щодо ОП відноситься забезпечення виконання вимог безпеки до виробничого обладнання, його розміщення, трубопроводів та комунікацій, вантажопідйомних і транспортних засобів, технічних засобів захисту персоналу, методик і приладів з контролю параметрів середовища та рівня небезпечних та шкідливих факторів. Загальні заходи:

- автоматизація та механізація робіт;
- дистанційне керування;
- використання керуючих машин;
- блокування та сигналізація. Окремі заходи: будова огорож; екранування від випромінювань; виконання вимог електробезпеки тощо.

Заходи щодо індивідуального захисту передбачають:

- вибір ефективних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) працівників;
- забезпечення правильного зберігання та справності ЗІЗ;
- навчання персоналу правилам використання ЗІЗ.

4.4 Правила безпечного виконання робіт при змішуванні рідких кормів

До роботи на кормоприготувальних машинах допускаються особи, які не мають медичних протипоказань, пройшли виробниче навчання, склали іспити кваліфікаційної комісії, отримали відповідне посвідчення за спеціальністю та І

кваліфікаційну групу з електробезпеки, а також пройшли інструктажі: вступний та первинний. Усі згадані працівники в залежності від професії забезпечуються спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до Типових норм.

Перед початком робіт одягнути спецодяг. Увімкнути освітлення та вентиляцію, оглянути робоче місце. Перевірити наявність, справність перехідних містків, майданчиків, драбин, допоміжних пристроїв та інструменту. Звільнитипроходи від сторонніх предметів, сировини, сміття. Перевірити наявність та готовність до використання води, вогнегасників та інших засобів пожежогашіння. При змінній роботі прийняти робоче місце. Впевнитись у справності машин, інструменту, обладнання. Ручки інструменту, корзин, цебер і т.п. повинні бути цілими, без задирок та гострих частин. Не допускати використання тари з виступаючими цвяхами, кінцями дроту, зламами дощок. Перевірити відсутність підтікання у штуцерах, кранах, вентилях, люках. Перевірити технічний стан елементів змішувача відповідно до інструкції заводу-виробника щодо наступного:

- чи вільно відкриваються та закриваються всі вентиля та засувки;
- чи справні попереджувальні клапани;
- чи справний насос живлення;
- чи справні водовказівні колонки.

Перевірити наявність та справність інвентарю. Перевірити стан сигналізації. Якщо виявлено будь-які проблеми, то не приступати до роботи. Про всі виявлені неполадки сповістити керівника робіт Не користуватися відкритим вогнем, не палити у приміщенні для приготування хімічного розчину. Переко-натися в наявності води, мила, рушника в приміщенні, питної води, а також укомплектованої аптечки першої допомоги.

Обслуговування змішувача слід проводити відповідно до вимог інструкцій заводів-виробників. Не проводити технічне обслуговування машин та регулювання під час їх роботи, не підтягувати болтові з'єднання. Не торкатися рухомих механізмів і передач, що обертаються, не відкривати оглядові люки,

не залишати машину без нагляду. У разі виявлення будь-яких несправностей в електромережі або електроустаткуванні викликати електрика. Якщо електрик відсутній, зупинити машину, не намагатися усувати проблему самостійно. Під час роботи на кормопідготовчих машинах слідкувати за тим, щоб швидкість та напрямок обертання робочих органів відповідали зазначеним в експлуатаційній документації. Подавати корм у машину рівномірно, стежити, щоб у машину разом із кормом не потрапили дроти, каміння, палиці та інші сторонні предмети.

Після зупинки двигунів очистити машини та робоче місце від залишку продукту, приміщення – від залишків кормів та пилу. Мокру або слизьку підлогу посипати піском, тирсою або іншими матеріалами, які потім зібрати. Повідомити змінника про особливості або недоліки в роботі обладнання. Інструмент та пристрої, інвентар (проштовхувачі, чистики тощо) прибрати у шафу, здати на зберігання чи зміннику. Зняти спецодяг та засоби індивідуального захисту, очистити, здати на обслуговування або зберігання. Прийняти душ.

У разі аварійної ситуації (появи сторонніх шумів під час роботи обладнання, запаху гару, диму, виявлення несправностей, іскріння електрообладнання, появи електричної напруги на деталях, підвищеному нагріванні поверхні підшипників, редукторів, інших частин машин, порушення цілісності захисних пристроїв, бункерів, ємностей, при забиванні вихідних отворів горловин і т.п.) зупинити роботу машин та обладнання в порядку, передбаченому правилами їх експлуатації, в першу чергу відключивши подачу електроенергії, пари, води, пального, хімічного розчину. За наявності загрози здоров'ю та життю залишити небезпечну зону, попередивши працівників, які знаходяться біля неї. Не робити ремонт, не усувати несправності в аварійній ситуації без зупинки машин та обладнання. Після аварійної зупинки та при повторному запуску машина має бути звільнена від продукту переробки. При виникненні пожежі або загорянні необхідно терміново повідомити про це (телефоном, через посильних) керівнику робіт, пожежно-сторожову охорону, пожежну частину, підняти тривогу звуковим сигналом (сирена, радіостанція, дзвінок), приступити

до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасіння) пожежний кран, пісок тощо).

4.5 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Однією з можливих надзвичайних ситуацій сьогодення є, повне або часткове раптове обвалення будівлі – це «надзвичайна ситуація природного або техногенного характеру, а також виникає за причини помилок, допущених на етапі проектування. Внаслідок порушення вимог проекту під час ведення будівельних робіт, при порушенні правил монтажу, введення в експлуатацію будівлі (окремих її частин) з великими недоробками чи порушення правил експлуатації будівлі. Причиною обвалення будівлі часто може бути вибух, що є наслідком терористичного акту, неправильної експлуатації газоспоживаючих агрегатів, газопроводів, необережного поводження з вогнем, зберігання в будинках легкозаймистих та вибухонебезпечних речовин».

«Раптове обвалення будівлі призводить до виникнення пожежі. Руйнування комунально-енергетичних мереж, утворення завалів, травмуванню та загибелі людей. Почувши вибух або виявивши, що будівля втрачає свою стійкість, негайно покинути його».

«Залишаючи приміщення, спустатися сходами, а не на ліфті: він у будь-якій момент може зупинитись. Не панікувати, не влаштовувати тисняву у дверях під час евакуації. Зупиняти тих, хто збирається стрибати з балконів (поверхів вище першого) та через засклені вікна».

«Якщо відсутня можливість покинути будівлю, зайняти безпечну місце: отвори капітальних внутрішніх стін, кути, утворені капітальними внутрішніми стінами, під балконами каркасу (вони захищають від падаючих предметів та уламків). Відкрити двері з приміщення, щоб забезпечити вихід.

Не піддаватися паніці та зберігати спокій. Триматися подалі від вікон, електроприладів. Якщо виникла пожежа, негайно спробувати загасити її. Телефон використовувати лише для виклику представників правоохоронних органів, пожежної охорони, лікарів, рятувальників.

Не користуватися сірниками: існує небезпека вибуху внаслідок витоку газу. Опинившись надворі, не стояти поблизу будівлі. Перейти на відкритий простір.

Дії у разі знаходження під завалом. Дихати глибоко, не піддаватися паніці, не падати духом. Зосередитися на найважливішому. Вірити: допомога прийде обов'язково. По можливості надати собі першу допомогу. Пристосуватися до обстановки та озирнутися, пошукати вихід. Постаратися визначити, де ви знаходитесь, чи немає інших людей: прислухатись, подати голос. Слід пам'ятати: людина здатна витримати спрагу і голод протягом тривалого часу, якщо не марно витратити енергію. Пошукати у кишенях чи поблизу предмети, щоб подати світлові або звукові сигнали: ліхтарик або металеві предмети, якими можна постукати по трубі чи стіні (привернути увагу рятувальників)».

4.6 Висновки

В цьому розділі проведено огляд законодавчої бази України щодо охорони праці. Приведено класифікацію виробничих факторів, які впливатимуть на оператора розробленого змішувача кормів. Для забезпечення працівника запропоновано заходи з поліпшення стану охорони праці та розроблено правила проведення робіт зі змішувачем рідких кормів. Наведено порядок дій у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

5 Економічне обґрунтування технологічного процесу приготування-роздавання кормів з використанням розробленого змішувача

5.1 Вихідні дані

За основу проведення розрахунків візьмемо відгодівельну свиноферму з поголів'ям 3000 голів одночасного утримання. Технологічний процес приготування та роздавання кормів за обома схемами (базовою і проектною) буде включати наступні операції:

- приготування комбікорму – комбікормова установка МКУ-1,5;
- транспортування комбікорму – завантажувач сипких кормів ЗСК-Ф-10;
- роздавання кормів у свинарниках.

Ця операція буде реалізована за різними схемами. У базовому варіанті для комбікорми з бункерів накопичувачів за допомогою тросово-шайбових роздавачів подають до групових самогодівниць. У проектному варіанті – в приміщенні для відгодівлі корми будуть роздаватися з попереднім змішуванням з водою сухого комбікорму та внесенням у годівниці в рідкому вигляді, інші технологічні групи – без змін. Так як відмінність базового та проектного варіантів це операція роздавання кормів у відгодівельнику, порівнювати будемо дві технології: роздавання сухих кормів за допомогою тросово-шайбового роздавача та роздавання рідких кормів за допомогою розробленої системи. Розрахунок проведемо на прикладі одного приміщення для відгодівлі.

До базової лінії входить: бункер-накопичувач БСК-6, кормороздавач тросово-шайбовий КШ-0,5 та бункерні самогодівниці у кількості 67 одиниць, автоматична система контролю процесу роздавання.

Технологічний процес за проектною схемою включає у свій склад: бункер-накопичувач БСК-6, змішувач для приготування рідкої мішанки, відцентровий насос для транспортування корму до годівниць, групові годівниці 67 шт., автоматична система контролю процесу роздавання. Техніко-технологічні

показники за варіантами, які необхідні для розрахунку основних економічних показників зведемо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до розрахунку економічних показників

Вихідні дані	Варіанти	
	базовий	проектний
Поголів'я, що обслуговується, гол.	3000	3000
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96
Добова потреба в кормах, кг	5958,4	5508,7
Річна потреба в кормах, т	2174,81	2010,67
Вартість комплексу обладнання, грн.	128060	678650
Потужність, кВт	3,2	11,4
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Тривалість приготування-роздавання кормів, год на добу	2	2
Вихід м'яса, т/рік	660	660

5.2 Питомі експлуатаційні витрати

Питомі експлуатаційні витрати розрахуємо за виразом

$$EB = EB_z + EB_a + EB_r + EB_e, \text{ грн./т,} \quad (5.1)$$

де EB_z – питомі експлуатаційні витрати на виплату обслуговуючому персоналу заробітної плати, грн./т;

EB_a – питомі амортизаційні відрахування, грн./т;

EB_r – питомі витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання, грн/т;

EB_e – питомі витрати на електроенергію, грн./т.

Питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату визначимо з виразу

$$EB_z = \frac{n \cdot t \cdot f \cdot \delta \cdot D}{P}, \text{ грн./т} \quad (5.2)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, люд. Табл. 5.1 для базового $n_b = 1$, для проектного $n_n = 1$;

t – тривалість роботи на добу, год., $t = 2$ год.;

m – кількість робочих змін на добу. $m = 1$;

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн./год. Приймаємо $f = 88,50$ грн./год.;

$\delta = 1,22$ – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

$D = 365$ діб – тривалість року;

P – річний вихід мяса по фермі, т, $P = 606$ т/рік (табл. 5.1).

Тоді за формулою (5.2) за варіантами маємо

базовий

$$EB_{z.b} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 88,50 \cdot 1,22 \cdot 365}{606} = 119,42 \text{ грн./т.}$$

проектний

$$EB_{z.n} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 88,50 \cdot 1,22 \cdot 365}{606} = 119,42 \text{ грн./т.}$$

Питомі амортизаційні відрахування підрахуємо за формулою

$$EB_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot P}, \text{ грн./т} \quad (5.3)$$

де C – балансова вартість машин та обладнання, грн. За табл. 5.1 для базового варіанту $C_b = 128060$ грн., для проектного $C_n = 678650$ грн.;

α – нормований коефіцієнт відрахувань на амортизацію машин та обладнання, %. На даний час для обладнання приготування-роздавання кормів $\alpha = 12\%$.

Тоді за формулою (5.3) маємо за варіантами базовий

$$EB_{a.b} = \frac{128060 \cdot 12}{100 \cdot 660} = 23,28 \text{ грн./т};$$

проектний

$$EB_{a.n} = \frac{678650 \cdot 12}{100 \cdot 660} = 123,39 \text{ грн./т.}$$

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування техніки обчислюють за виразом

$$EB_r = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot P}, \text{ грн./т} \quad (5.4)$$

де β – нормований коефіцієнт відрахувань на ремонт обладнання та машин, %. Для стаціонарних роздавачів кормів $\beta = 11\%$.

Тоді з (5.4) за варіантами маємо

Базовий

$$EB_{m.\delta} = \frac{128060 \cdot 11}{100 \cdot 660} = 21,34 \text{ грн./т};$$

проектний

$$EB_{m.n} = \frac{678650 \cdot 11}{100 \cdot 660} = 113,10 \text{ грн./т.}$$

Питомі витрати на споживану електроенергію визначимо за формулою

$$EB_e = \frac{N \cdot t \cdot m \cdot D \cdot c_e}{P}, \quad (5.5)$$

де N – потужність комплексу обладнання технологічної лінії, кВт. З табл. 5.1 маємо: для базового варіанту $N_b = 3,2$ кВт, для проектного $N_n = 11,4$ кВт;

$c_e = 2,6$ грн./кВт – вартість електроенергії.

Тоді за формулою (5.5) маємо за варіантами:

Базовий

$$EB_{e.\delta} = \frac{3,2 \cdot 21365 \cdot 2,6}{660} = 9,2 \text{ грн./т};$$

проектний

$$EB_{e.n} = \frac{11,4 \cdot 21365 \cdot 2,6}{660} = 32,78 \text{ грн./т.}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати (5.1) за варіантами складуть

базовий

$$EB_e = 119,42 + 23,28 + 21,34 + 9,2 = 173,24 \text{ грн./т};$$

проектний

$$EB_n = 119,42 + 123,39 + 113,10 + 32,78 = 388,69 \text{ грн./т}$$

Порівняння річних експлуатаційних витрат при впровадженні запропонованого нами варіанту роздавання кормів по сектору відгодівлі показує:

$$E_e = (EB_e - EB_n)P_n = (173,24 - 388,69) \cdot 660 = -142197,00 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Як видно з порівняння, експлуатаційні витрати проектного варіанту, зважаючи на його вищу складність, знаходяться на вищому рівні. Але треба враховувати зменшення витрат корму, а це

$$E_d = (G_e - G_n) \cdot B_k = (2174,81 - 2010,67) \cdot 5200 = 853528,00 \text{ грн.}$$

де G_e – витрати корму при базовому варіанті, т;

G_n – витрати корму при проектному варіанті, т;

B_k – вартість корму, грн./т.

Тому річний економічний ефект від впровадження технології складе:

$$E = E_d - E_e = 853528,00 - 142197,00 = 711331,00 \text{ грн.}$$

Додаткові капітальні вкладення для реалізації проекту будуть рівні різниці вартості обладнання за базовим та проектним варіантом. Строк окупності капітальних вкладень за прийнятим нами варіантом при його впровадженні становить:

$$T = \frac{C_n + C_{\sigma}}{E} = \frac{678650,00 - 128060,00}{711331,00} = 0,78, \text{ роки} \quad (5.9)$$

Усі показники зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2- Показники економічної ефективності

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Поголів'я, що обслуговується, гол.	3000	3000
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96
Добова потреба в кормах, кг	5958,4	5508,7
Річна потреба в кормах, т	2174,81	2010,67
Вартість комплексу обладнання, грн.	128060,00	678650,00
Потужність, кВт	3,2	11,4
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вихід м'яса, т/рік	660	660
Питомі експлуатаційні витрати, грн./т	173,24	388,69
в т.ч.: заробітна платня з нарахуваннями	119,42	119,42
витрати на ТО та ремонт	21,34	113,10
амортизаційні відрахування	23,28	123,39
витрати на електроенергію	9,2	32,78
Річна економія експлуатаційних витрат, грн./т	–	-142197,00
Річна економія кормів, т.	–	164,14
Річний економічний ефект від зменшення витрат кормів, грн.	–	853528,00
Загальний річний економічний ефект, грн.	–	711331,00
Додаткові капіталовкладення, грн.	–	550590,00
Строк окупності капітальних вкладень, роки	–	0,78

5.3 Висновки

Порівнюючи економічні показники обох варіантів (табл. 5.2) бачимо, що застосування на фермі для роздавання кормів запропонованої системи забезпечує зменшення витрат на корми, за рахунок чого і отримується річний економічний ефект. При цьому експлуатаційні витрати на забезпечення роботи проектного варіанту вищий, ніж для базового. Крім того, треба враховувати те, що проектна лінія забезпечує прирощення виходу м'яса, а це автоматично призводить до покращення економічних показників по всіх виробничим процесам та по фермі в цілому. Термін окупності обладнання лінії складає 1,4 роки, економічний ефект від впровадження – 550590,00 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Як показав проведений аналіз типів годівлі свиней, рідка та зволожена годівля має значні переваги за продуктивними характеристиками поголів'я в порівнянні з сухим типом годівлі. Крім того, покращується конверсія корму – витрати корму на одиницю приросту живої ваги. З огляду конструкцій існуючих систем приготування-роздавання рідких кормів, їх комплектують вертикальними змішувачами, з різною геометрією бункера. Такі схеми мають один недолік – виникнення застійних зон, а значить, погіршення якості суміші. Як видно з патентного аналізу, напрямки удосконалення пристроїв для приготування рідких кормів розвивається у двох напрямках – створення та удосконалення пристроїв попереднього приготування (змішувачів) та розробка нових робочих органів.

2. Проведено теоретичні дослідження змішування рідких кормосумішей у горизонтальному пропелерному змішувачі. На підставі розроблених математичних моделей визначено розрахункові залежності: моменту та потужності, продуктивності, а також конструктивні параметри змішувальної ємності та пропелера. Виявлено, що для підтвердження достовірності розрахункових параметрів необхідно провести експериментальні дослідження щодо визначення дійсних значень потужності і продуктивності.

3. Проведені експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням частоти обертання з 200 до 400 хв^{-1} індекс змішування кормосумішей при вологості 76-88 % збільшується з 90 до 98%. При цьому зі збільшенням вологості з 76 до 88 % і збільшення діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м збільшується продуктивність змішувача до 13 $\text{дм}^3/\text{год}$. Експерименти показали, що збільшення частоти обертання з 200 до 400 хв^{-1} та діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м призводить до зростання споживаної потужності з 1,0 Вт до 7,5 Вт.

4. В розділі охорони праці проведено огляд законодавчої бази України щодо охорони праці. Приведено класифікацію виробничих факторів, які впливатимуть на оператора розробленого змішувача кормів. Для забезпечення працівника запропоновано заходи з поліпшення стану охорони праці та розроблено правила проведення робіт зі змішувачем рідких кормів. Наведено порядок дій у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

5. Порівнюючи економічні показники обох варіантів (табл. 5.2) бачимо, що застосування на фермі для роздавання кормів запропонованої системи забезпечує зменшення витрат на корми, за рахунок чого і отримується річний економічний ефект. При цьому експлуатаційні витрати на забезпечення роботи проектного варіанту вищий, ніж для базового. Крім того, треба враховувати те, що проектна лінія забезпечує прирощення виходу м'яса, а це автоматично призводить до покращення економічних показників по всіх виробничих процесам та по фермі в цілому. Термін окупності обладнання лінії складає 1,4 роки, економічний ефект від впровадження – 550590,00 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Коробова Н. В. Кормороздавальна установка для фермерських господарств / Н. В. Коробова, М. В. Сікун // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Вип. №21 «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Х.: 2003. – С. 481 – 484.
2. Сікун М. В. Дослідження процесу видачі корму кормороздавальною установкою для фермерських господарств / М. В. Сікун // Вісник ХТУСГ імені Петра Василенка, Вип. №59. Том 1. – Х.: 2007. – С. 350 – 354.
3. Гегамен Н. А. Развитие отрасли свиноводства на промышленной основе / Н. А. Гегамен // Свиноводство. – 2003. – №2. – С. 9 – 11.
4. Сікун М. В. Дозуючо-змішуючі пристрої для приготування вологих мішанок на свинофермах по виробництву порослят віком до 3-х місяців / М. В. Сікун // Вісник ХТУСГ імені Петра Василенка, Вип. №93. Том 1. – Х.: 2010. – С. 456 – 458.
5. Петриченко В. Ф. Економічне порівняння ефективності годівлі свиней: екстенсивна модель і інтенсивна // «Свинарство в Україні» Галузевий інформаційний портал www.pig.com.ua.
6. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах /Л.Н. Брагинский, В.И. Бегичев, В.М. Барабаш// -Л.: Химия, 1984. - 336 с.
7. Шёнбауэр, Х. Семь аргументов в пользу жидкого кормления / Х. Шёнбауэр, Х. Шван // Свиноводство. – 2015. - № 8. – С.17-19.
8. Рекомендації до проектування синарських мініферм/ Дудін В.Ю., Романюха І.О., Кіряцев Л.О., Гаврильченко О.С. // Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Технічні системи і технології тваринництва» - Харків: ХНТУСГ, 2014.- Вип. 144. – С. 65 – 73.

9. Романюха І.О., Павленко С.І., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств. Навчальний посібник /За ред.. І.О. Романюхи. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 272 с.
10. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств: Навч. посібник /І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1999, - 199 с.
11. Кравченко, О. О. Порівняльна характеристика сухого та рідкого способів годівлі свиней / О. О. Кравченко, В. О. Голов // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2013. – Вип. 4(75). – С. 116–120.
12. Пентилюк С.И. Использование влажных кормовых смесей в кормлении животных / С.И. Пентилюк.-Херсон, 2007. - 265 с.
13. Рыбалко В.П. Пути развития свиноводства на Украине/ В.П. Рыбалко //Свиноводство. - 2002. - №6. - С. 10-12.
14. Комаков А.П. "Механизация раздачи кормов"/ А.П. Комаков.- 2002. 184 с.
15. Сікун М.В. Дослідження процесу видачі корму кормороздавальною установкою для фермерських господарств/ М.В. Сікун //Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. Випуск №59. Том 1.-Х.: 2007.-С.350-354.
16. Детали машин в примерах и задачах / Под ред. Ничипорчика С.Н. – Мн.: Высшая школа, 1981. – 432 с.
17. Курсовое проектирование деталей машин / Под ред. Чернавского С.А. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с
18. Корбутовский А.А. Влияние геометрии отвода на рабочие параметры свободновихревого насоса/А.А. Корбутовский // Сборник научных трудов, ВНИИГидромаш, 1977. – с. 40-52.
19. Сайт фірми «Big Dutchman» [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступа: <http://www.bigdutchman.de>, вільний. - Загл. з екрана. - Яз. рос., англ.
20. Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта , В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.

21. Сайт фірми «SCHAUER Agrotronic GmbH» [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступу: <http://www.schauer.co.at>, вільний. - Загл. з екрана. - Яз. рос., англ.
22. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г. Бойко, В.І. Гридасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.П. Скорика, О.І. Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.
23. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А.Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.
24. Жидкое кормление. Для разведения, откорма свиней и содержания свиноматок. URL : [http://old.tewe.info/](http://old.tewe.info/ru/)
25. Шпаков А.П.. Садовський М.Ф. Приготування і використання кормових сумішей і комбікормів в господарствах/ А.П. Шпаков, М.Ф. Садовський. - Мінськ.: Урожай, 1985. – 88 с.
26. Комбікорми повнораціонні для свиней. Технічні умови : ДСТУ 4124-2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 13 с. – (Національний стандарт України).
27. ДСТУ 2880 – 94 Машини для тваринництва і кормовиробництва. Терміни та визначення.
28. Свеженцов А.И. Комбикорма, премиксы, БВМД для животных и птицы / А.И. Свеженцов, С.А. Горлач, С.В. Мартыняк. –Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2008. – 412 с.
29. Корма и биологически активные вещества [Н. А. Попков, В. И. Фисинин, И. А. Егоров и др.] – Минск : Беларуская навука, 2005. – 882 с.
30. Подобед Л.І. Комбікорми і кормосуміші для молодняка с.-г. тварин / Л.І. Подобед. – К.: Урожай, 1994. –144 с.
31. Об'єкт підвищеної небезпеки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] - К. :: Н - П. - 720 с
32. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація

33. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с.
34. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.
35. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила устройства электроустановок. электрооборудование специальных установок
36. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні
37. Закон України «Про охорону праці»

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Обґрунтування параметрів змішувача рідких кормів

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20

Сажарський Владислав Сергійович

Науковий керівник: к.т.н., доцент

Гаврильченко Олександр Степанович

Дніпро 2021

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження: підвищення ефективності приготування рідких кормосумішей у змішувачі, за рахунок збільшення його продуктивності та зниження енерговитрат.

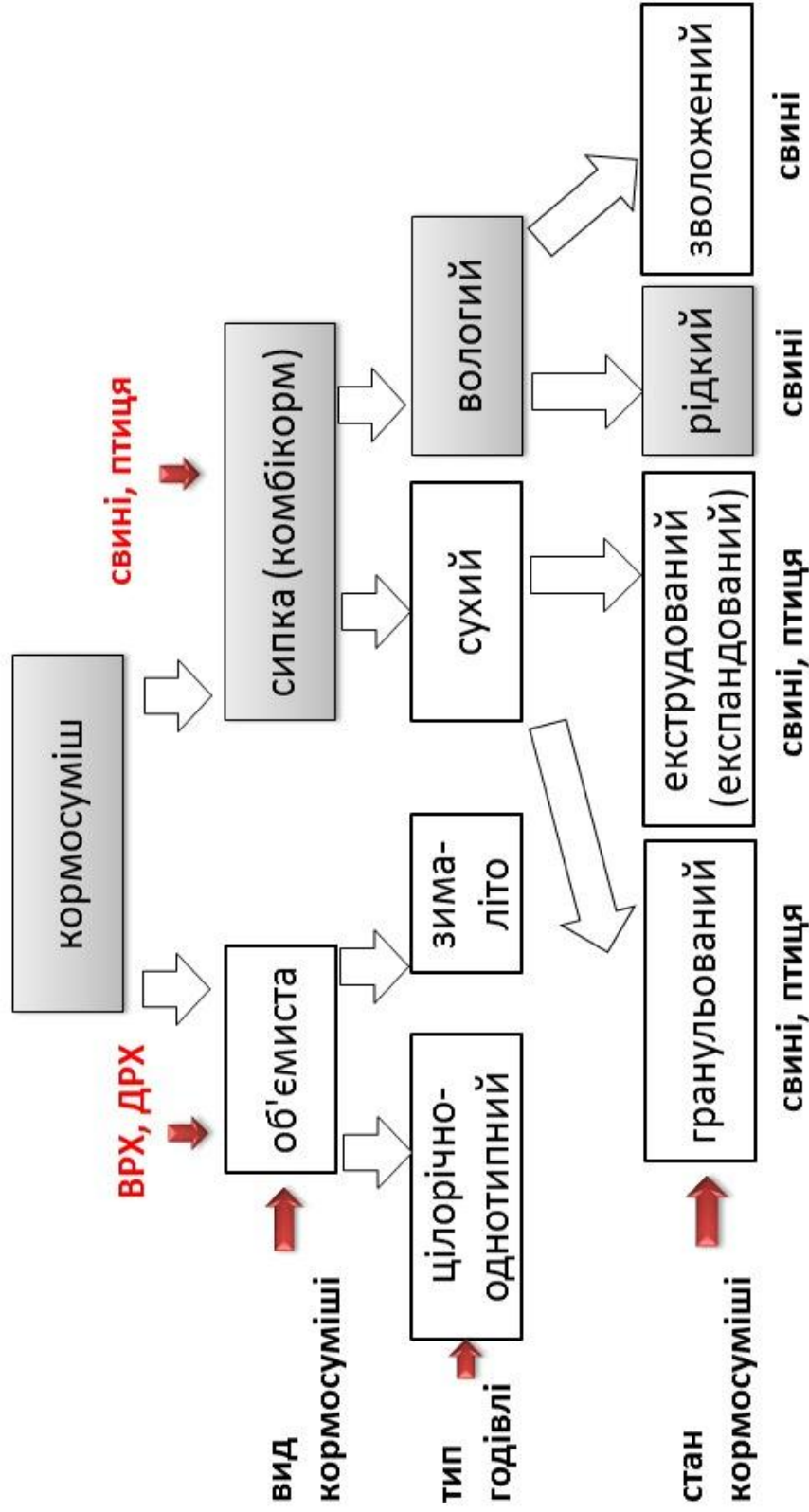
Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- розробка принципів класифікації та морфологічного аналізу процесів приготування напіврідких кормосумішей;
- розробка математичних моделей гідродинамічних процесів при змішуванні рідких кормосумішей;
- проведення лабораторних досліджень гідродинамічних параметрів при змішуванні рідких кормосумішей на макетному зразку змішувача;
- аналіз розробленої конструкції з точки зору охорони праці;
- оцінка енергетичних та економічних показників змішувача.

Об'єкт дослідження – змішувач рідких кормів періодичної дії.

Предмет дослідження - закономірності робочого процесу горизонтального пропелерного змішувача рідких кормів.

ОГЛЯД ТИПІВ І СПОСОБІВ ГОДІВЛІ С.-Г. ТВАРИН ТА ПТИЦІ



Лідером за «рідкою» годівлею свиней серед європейських країн є Ірландія – 90% всіх господарств, а також Німеччина, Данія (у т.ч. понад 60% великих свиноферм), Голландія – до 50% всього поголів'я. У Фінляндії за останні 5 років більше 90% введених у дію свиноферм використовують систему годівлі рідкого типу.

ПОРІВНЯННЯ ТИПІВ ГОДІВЛІ СВИНЕЙ, КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧІВ

Показник	Тип годівлі		Порівняння, %
	сухий	вологий	
Вік на початку дослідження, днів	24,4	23,9	-2,0
Жива вага на початку дослідження, кг	7,48	7,44	-0,5
14 днів після відлучення середня вага, кг	10,81	12,72	+17,7
Середній денний приріст ваги, г	238	377	+58,4
Конверсія корму на одиницю приросту ваги:	1,29	1,19	-7,8
42 дні після відлучення середня вага, кг	23,77	27,84	+17,1
Середній денний приріст ваги, г	388	486	+25,3
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	1,47	1,35	-8,2
Жива вага наприкінці дослідження, кг	90,6	91,1	+0,6
Середній денний приріст ваги, кг	698	796	+14,0
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96	-7,5
Загальна вага спожитого корму на свиню, кг	176,25	163,97	-7,0
Вік свиней по закінченню відгодівлі, днів	119,1	105,1	-11,8

Як показав проведений аналіз типів годівлі свиней, рідка та зволожена годівля має значні переваги за продуктивними характеристиками поголів'я в порівнянні з сухим типом годівлі. Крім того, покращується конверсія корму – витрати корму на одиницю приросту живої ваги.

З огляду конструкцій існуючих систем приготування-роздавання рідких кормів, їх комплектують вертикальними змішувачами, з різною геометрією бункера. Такі схеми мають один недолік – виникнення застійних зон, а значить, погіршення якості суміші.



ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШУВАЧА

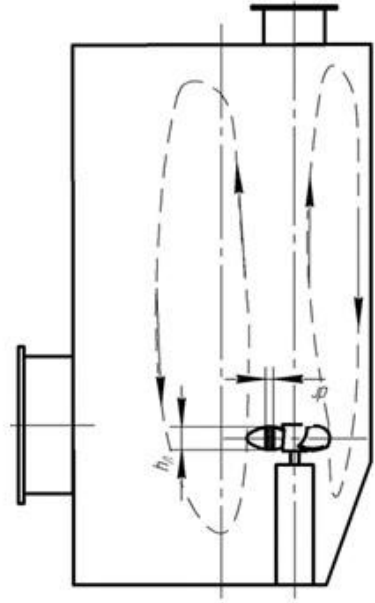


Схема до визначення крутного моменту

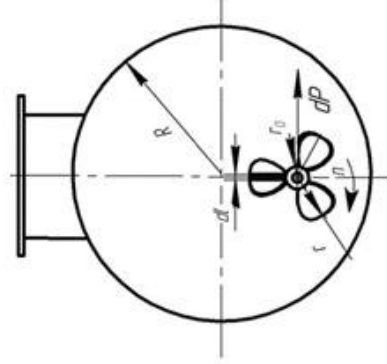
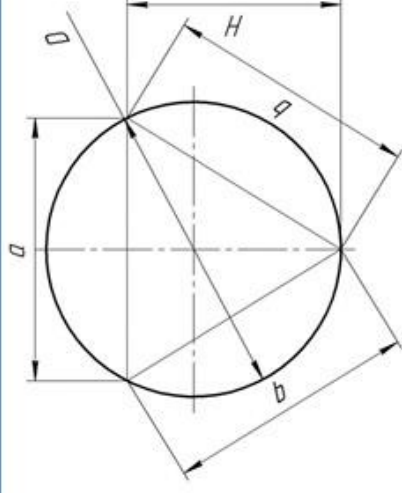


Схема для визначення змоченого периметру змішувальної ємності



Теоретична потужність на привід змішувача:

$$N_T = \omega \cdot M_{кр} = \frac{1}{4} \omega \zeta_{кр} \rho \left[\frac{r_0^5}{4} (r^4 - r_0^4) \cdot [\omega^2 - 2\kappa\omega + \kappa^2] - R \left[0,5 \left(\pi D - \left[2a + \frac{1}{3}(2a - e) \right] \right) LHc + \psi \pi \frac{R^4}{3} \right] \right]$$

$M_{кр}$ – крутний момент на валу змішувача, Нм;

D – діаметр змішувальної ємності, м;

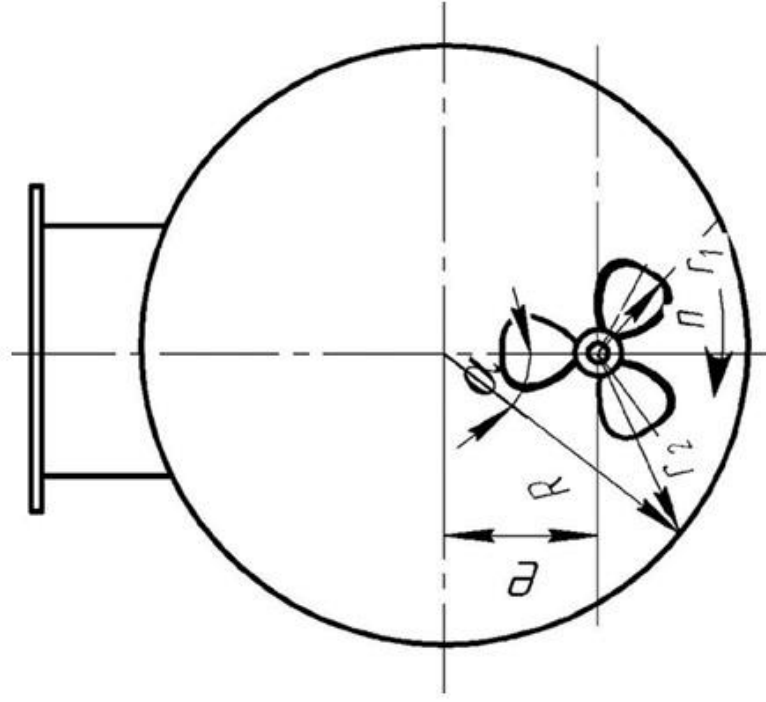
$\zeta_{кр}$ – коефіцієнт гідравлічного опору корпусу апарату

ρ – щільність рідини, кг/м³

$2a$ – хорда дуги верхньої частини змішувальної ємності, не змоченої рідиною, м;

e – хорда дуги, що визначається висотою наповнення ємності змішувальною рідиною, м.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШУВАЧА



Теоретична продуктивність

$$Q_T = \frac{(r_2^2 - r_1^2)}{2} nL + a \cdot \frac{L_{\max}^2}{4} (R^2 - r_2^2)$$

де r_1 - радіус внутрішньої кромки мішалки, м;

r_2 - радіус мішалки, м;

n - частота обертання мішалки, с^{-1} ;

L - довжина змішувальної ємності, м;

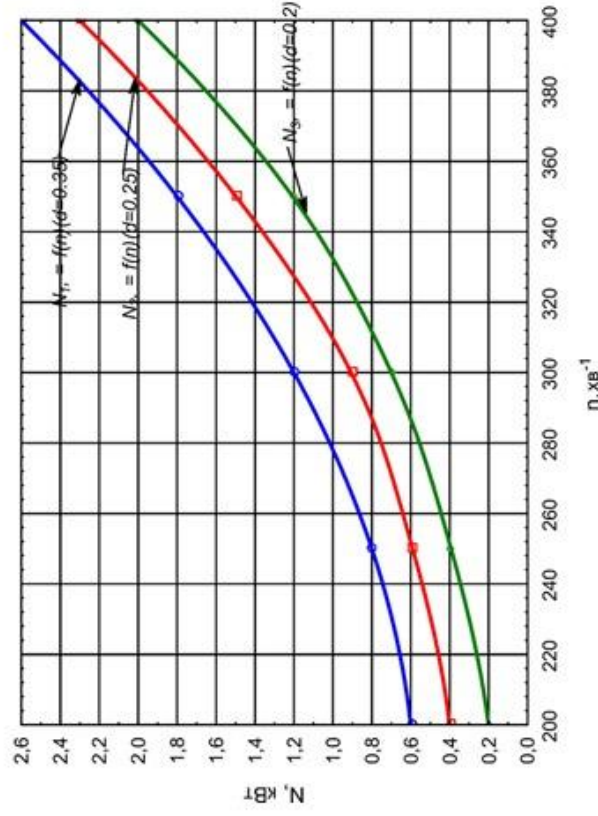
R - радіус змішувальної ємності, м;

S - змочена площа циліндричної поверхні, м^2 ;

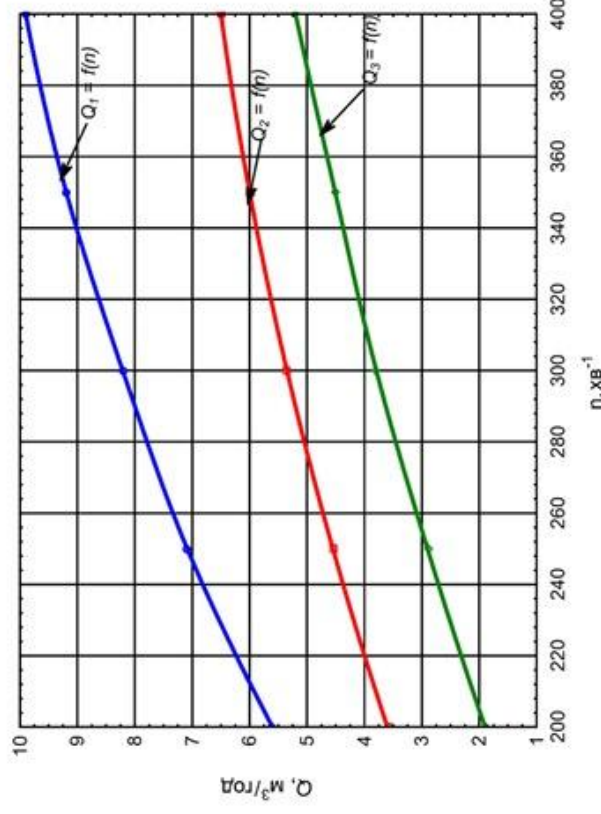
a - поправочний коефіцієнт, $1/\text{мс}$.

Схема до розрахунку продуктивності

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШУВАЧА



Залежність теоретичної потужності N_T від частоти обертання n при $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$, $W = 84\%$

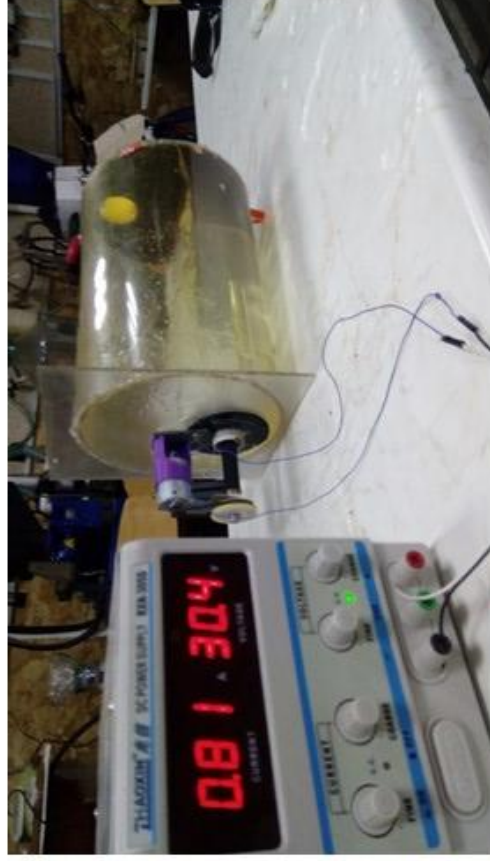


Залежність теоретичної продуктивності Q_T від частоти обертання пропелерної мішалки n за $d_1 = 0,35 \text{ м}$, $d_2 = 0,25 \text{ м}$, $d_3 = 0,2 \text{ м}$, $L=1,2D$

Проведено теоретичні дослідження змішування рідких кормосумішей у горизонтальному пропелерному змішувачі. На підставі розроблених математичних моделей визначено розрахункові залежності: моменту та потужності, продуктивності, а також конструктивні параметри змішувальної ємності та пропелера: діаметр пропелера – 0,2...0,35 м, частота обертання 200...400 хв^{-1} , діаметр ємності 1,2 ...1,4 м; довжина 2,4...2,8 м.

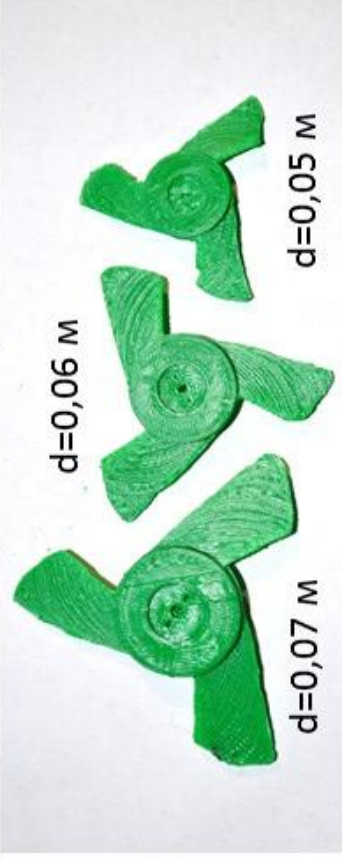
ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА

Об'єктом лабораторних випробувань стали технічний засіб змішування - масштабна модель змішувача 1:5 з горизонтальною мішалкою.



Умови експериментальних досліджень змішування рідких кормосумішей у горизонтальному пропелерному змішувачі

Найменування параметра	Позначення	Межі вимірювання
Частота обертання гвинта, хв^{-1}	n	200 – 400
Діаметр пропелера, м	d	0,05 – 0,07
Час змішування, хв	t	2 – 8



Загальний вигляд моделі змішувача з контрольно-вимірювальним обладнанням

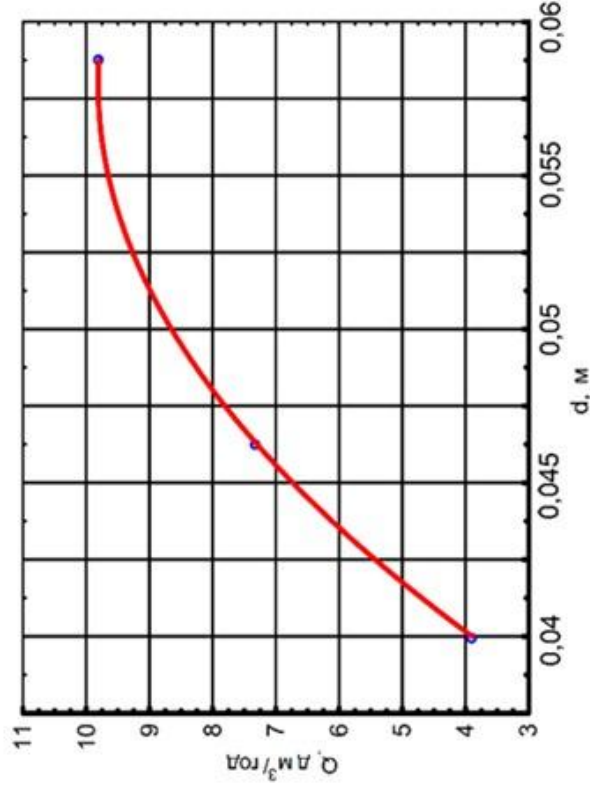
Завданням лабораторних досліджень було виявлення якісного показника однорідності суміші (J) у змішувачі, вивчення технологічних енергетичних показників (Q, N).

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА

Дослідження проводились при вологості кормосуміші $W = 84\%$ і частоті обертання приводу $n=300 \text{ хв}^{-1}$.



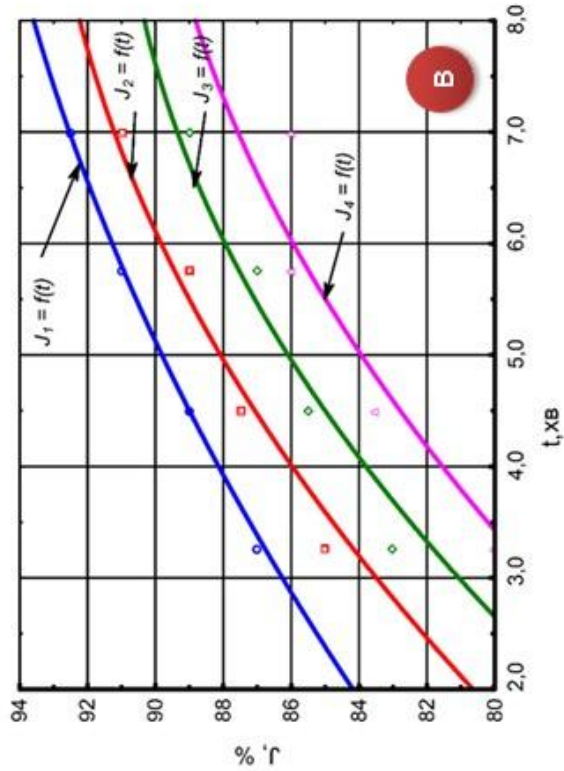
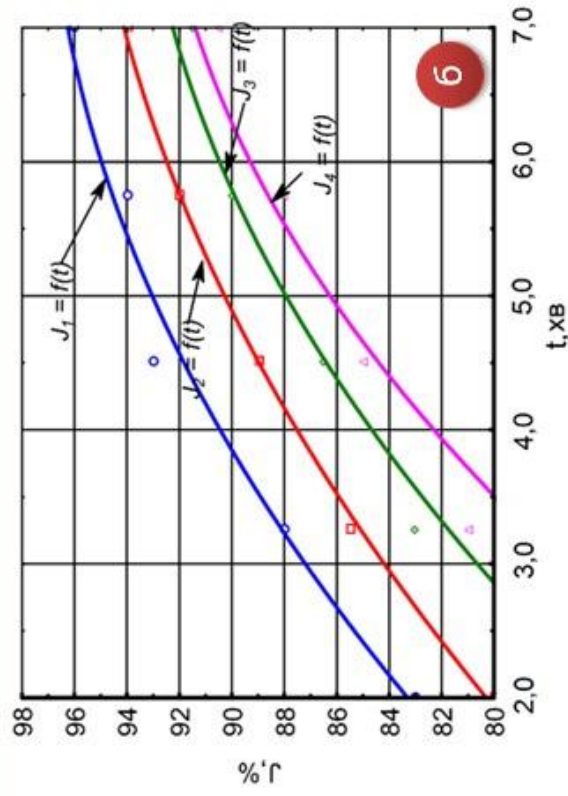
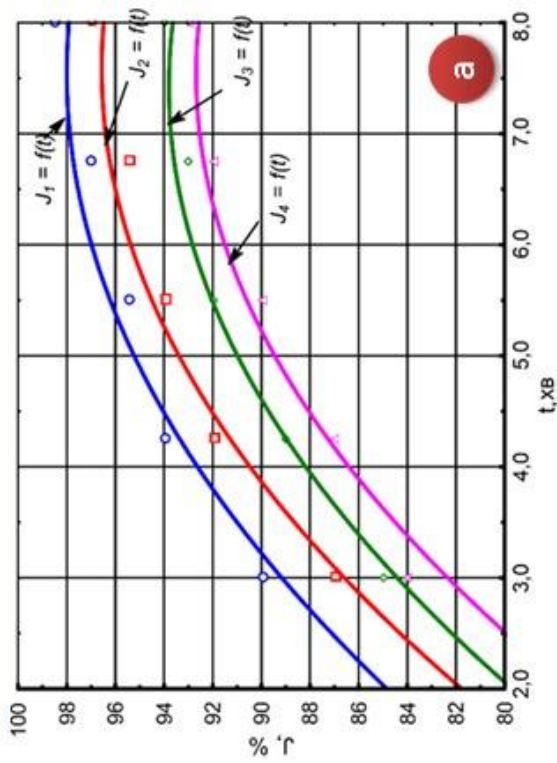
Залежність потужності приводу N
від мішалки d_M



Залежність продуктивності змішувача Q
від діаметра мішалки d_M

Зі збільшенням діаметра мішалки з 0,04 до 0,06 м витрати потужності на привід збільшуються з 12 до 18 Вт за рахунок збільшення опору кормосуміші лопатям мішалки, але при цьому збільшується і продуктивність, досягаючи максимального значення при $d_M=0,057 \text{ м}$.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА



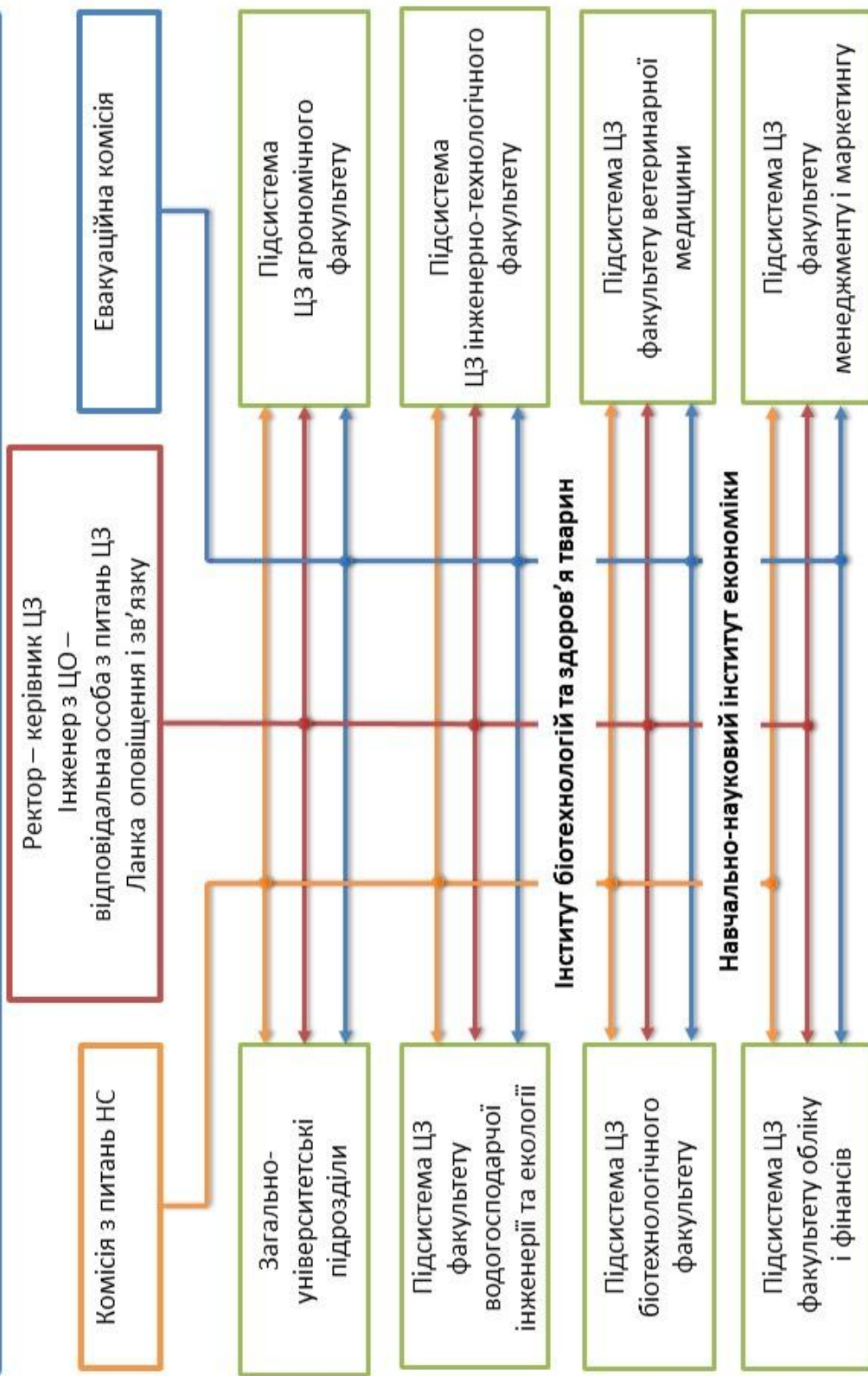
Залежності ступеня однорідності кормосумішей $J=f(t)$ при вологості \circ - 88%; \square - 84%; \diamond - 80%; Δ - 76% при частоті обертання гвинта n : а - 400 хв^{-1} ; б - 300 хв^{-1} ; в - 200 хв^{-1}

Найкращі показники однорідності змішування спостерігаються при частоті обертання пропелера 400 хв^{-1} вже після 7 хвилин змішування, зі зменшенням частоти обертання в досліджуваному діапазоні часу максимуму однорідності не спостерігається.

Раціональні параметри змішувача: діаметр пропелера - 0,057 м (0,285* м), частота обертання 400 хв^{-1} , діаметр елемента 1,15 м; довжина 2,35 м.

* В перерахунку масштабу 1:5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ



Організаційна структура цивільного захисту ДДАЕУ

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Поголів'я, що обслуговується, гол.	3000	3000
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96
Добова потреба в кормах, кг	5958,4	5508,7
Річна потреба в кормах, т	2174,81	2010,67
Вартість комплекту обладнання, грн.	128060,00	678650,00
Потужність, кВт	3,2	11,4
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вихід м'яса, т/рік	660	660
Питомі експлуатаційні витрати, грн./т	173,24	388,69
в т.ч.: заробітна платня з нарахуваннями	119,42	119,42
витрати на ТО та ремонт	21,34	113,10
амортизаційні відрахування	23,28	123,39
витрати на електроенергію	9,2	32,78
Річна економія експлуатаційних витрат, грн./т	–	-142197,00
Річна економія кормів, т.	–	164,14
Річний економічний ефект від зменшення витрат кормів, грн.	–	853528,00
Загальний річний економічний ефект, грн.	–	711331,00
Додаткові капіталовкладення, грн.	–	550590,00
Строк окупності капітальних вкладень, роки	–	0,78

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Як показав проведений аналіз типів годівлі свиней, рідка та зволожена годівля має значні переваги за продуктивними характеристиками поголів'я в порівнянні з сухим типом годівлі. Крім того, покращується конверсія корму – витрати корму на одиницю приросту живої ваги. З огляду конструкції існуючих систем приготування-роздавання рідких кормів, їх комплектують вертикальними змішувачами, з різною геометрією бункера. Такі схеми мають один недолік – виникнення застійних зон, а значить, погіршення якості суміші. Як видно з патентного аналізу, напрямки удосконалення пристроїв для приготування рідких кормів розвивається у двох напрямках – створення та удосконалення пристроїв попереднього приготування (змішувачів) та розробка нових робочих органів.
2. Проведено теоретичні дослідження змішування рідких кормосумішей у горизонтальному пропелерному змішувачі. На підставі розроблених математичних моделей визначено розрахункові залежності: моменту та потужності, продуктивності, а також конструктивні параметри змішувальної ємності та пропелера. Виявлено, що для підтвердження достовірності розрахункових параметрів необхідно провести експериментальні дослідження щодо визначення дійсних значень потужності і продуктивності.
3. Проведені експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням частоти обертання з 200 до 400 хв^{-1} індекс змішування кормосумішей при вологості 76-88 % збільшується з 90 до 98%. При цьому зі збільшенням вологості з 76 до 88 % і збільшення діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м збільшується продуктивність змішувача до 13 $\text{дм}^3/\text{год}$. Експерименти показали, що збільшення частоти обертання з 200 до 400 хв^{-1} та діаметра гвинта з 0,04 до 0,07 м призводить до зростання споживаної потужності з 1,0 Вт до 7,5 Вт.
4. В розділі охорони праці проведено огляд законодавчої бази України щодо охорони праці. Проведено класифікацію виробничих факторів, які впливатимуть на оператора розробленого змішувача кормів. Для забезпечення працівника запропоновано заходи з поліпшення стану охорони праці та розроблено правила проведення робіт зі змішувачем рідких кормів. Наведено порядок дій у випадку виникнення надзвичайної ситуації.
5. Порівнюючи економічні показники обох варіантів (табл. 5.2) бачимо, що застосування на фермі для роздавання кормів запропонованої системи забезпечує зменшення витрат на корми, за рахунок чого і отримується річний економічний ефект. При цьому експлуатаційні витрати на забезпечення роботи проектного варіанту вищий, ніж для базового. Крім того, треба враховувати те, що проектна лінія забезпечує прирощення виходу м'яса, а це автоматично призводить до покращення економічних показників по всім виробничим процесам та по фермі в цілому. Термін окупності обладнання лінії складає 1,4 роки, економічний ефект від впровадження – 550590,00 грн.

**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

© ДДАЕУ, 2021

© Автори публікацій, 2021

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

УДК 631.36

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІДКОЇ ГОДІВЛІ СВИНЕЙ

Сажарський В. С.

*здобувач вищої освіти СВО Магістр,**ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ**Науковий керівник – Гаврильченко О.С.,**кандидат технічних наук, доцент*

При відгодівлі використовується два типи годівлі свиней – сухий та рідкий. У кожного з них є свої переваги та недоліки. Суху годівлю свиней використовує близько 75% свиноферм у світі через очевидні переваги, зокрема:

- збалансованість корму;
- стабільність за санітарно-гігієнічними показниками;
- оптимальна термічно-волога обробка, що підвищує доступність поживних речовин до 20%.

Однак цей спосіб має й недоліки:

- підвищується ризик захворювань шлунково-кишкового тракту, які вимагають лікування;
- до 25% тварин, особливо молодого віку, постійно пересуваються між годівницями та напувалками, порушуючи спокій інших тварин, це створює і втрати корму до 9%;
- підвищена забрудненість ферм пиловими частинками комбікорму, що збільшує захворюваність легенів, у тому числі й у працівників ферми.

Для такої годівлі використовують:

- повнораціонні корми;
- зернові суміші подрібнені з додаванням преміксів, висівок, макухи.

Таблиця 1 - Порівняння типів годівлі свиней на виробничі показники відгодівлі

Показник	Тип годівлі		Порівняння, %
	сухий	вологий	
Контрольна група	60	60	100
Вік на початку дослідження, днів	24,4	23,9	-2,0
Жива вага на початку дослідження, кг	7,48	7,44	-0,5
14 днів після відлучення середня вага, кг	10,81	12,72	+17,7
Середній денний приріст ваги, г	238	377	+58,4
Конверсія корму на одиницю приросту ваги:	1,29	1,19	-7,8
42 дні після відлучення середня вага, кг	23,77	27,84	+17,1
Середній денний приріст ваги, г	388	486	+25,3
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	1,47	1,35	-8,2
Жива вага наприкінці дослідження, кг	90,6	91,1	+0,6
Середній денний приріст ваги, кг	698	796	+14,0
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96	-7,5
Загальна вага спожитого корму на свиню, кг	176,25	163,97	-7,0
Вік свиней по закінченню відгодівлі, днів	119,1	105,1	-11,8

Серед основних переваг рідкої годівлі – можливість використання дешевих відходів харчової промисловості. Враховуючи те, що 70% витрат на виробництво свинини складають корми, застосування дешевших альтернативних продуктів у складі раціонів

Інжиніринг агропромислового виробництва

свиней значно знижує собівартість продукції. У системах рідкої годівлі використовуються відходи молочної, пивоварної, цукрової промисловості, а також виробництва олії, хлібобулочних та кондитерських виробів.

Як показує практика, за рахунок вищих приростів живої маси тварин та кращої конверсії рідке годування у більшості випадків гарантує економію не менше 10% кормів. Авторами [1] встановлено значну тенденцію збільшення виходу м'язової тканини, зниження жирової тканини в туші свиней, що відгодовуються на вологих кормозмішувачів. Зниження на 0,86% жирової тканини у свиней, які отримували корми у вологій формі, сприяло меншій на 3,4 мм товщині шпигу та підвищенню температури плавлення жиру на 1,4° С.

За даними джерел [2, 3] рідкий спосіб годівлі забезпечує збільшення добових приростів, покращення конверсії корму та ін. (табл. 1.).

Рідка годівля особливо економічно вигідна при відгодовівлі свиней, оскільки саме на відгодовівлі значно зростають витрати на корми. Рідкий корм добре засвоюється тваринами (особливо поросятами), що є необхідною умовою для прискорення росту тварин, тому свині досягають забійної живої маси за короткі терміни.

Таким чином, переваги рідкої годівлі свиней очевидні, тому подальший розвиток техніки та технологій для її забезпечення є актуальним.

Список використаних джерел:

1. Петриченко В. Ф. Економічне порівняння ефективності годівлі свиней: екстенсивна модель і інтенсивна // «Свинарство в Україні» Галузевий інформаційний портал www.pig.com.ua.
2. Шёнбауэр, Х. Семь аргументов в пользу жидкого кормления / Х. Шёнбауэр, Х. Шван // Свиноводство. – 2015. - № 8. – С.17-19.
3. Пентилюк С.И. Использование влажных кормовых смесей в кормлении животных / С.И. Пентилюк.-Херсон, 2007. - 265 с.