

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

**Пояснювальна записка**  
до дипломної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»  
на тему:  
**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункерного  
роздавача кормів свиноматкам**

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

\_\_\_\_\_ Теліпко Володимир Миколайович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Івлєв Віталій Володимирович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2021

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

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

Теліпку Володимиру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункерного роздавача кормів свиноматкам

керівник роботи Івлєв Віталій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

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

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

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючих засобів роздавання кормів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан механізації роздавання кормів на свинофермах. 2. Теоретичні дослідження технологічного процесу і обґрунтування параметрів бункерного роздавача кормів свиноматкам. 3. Методика чисельного моделювання кормороздавача. 4. Результати чисельного моделювання кормороздавача. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання роздавача кормів. Висновки. Список використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (5 аркушів, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4). 3. Чисельне моделювання (4 аркуші, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуш, А4).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 10.10.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	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 )

Теліпко В.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Івлєв В.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість в аркуші	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	A4	46ДР.073.000.000	Пояснювальна записка	107		
			<u>Демонстраційні</u>			
2	A4		Тема. Мета і задачі досліджень	5	1-5	
3	A4		Теоретичні дослідження	2	6-7	
4	A4		Чисельне моделювання	4	8-11	
5	A4		Економічна частина	1	12	
6	A4		Висновки	1	13	

					<b>46ДР.073.000.000 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроби	Теліпко				<b>Відомість дипломної роботи</b>	літер	арку	арку
Перевіри	Івлєв						4	10
Т. контр.						<b>МГМ-3-20 ДДАЕУ</b>		
Н. контр.	Гаврильче							
Затверд.	Дудін							

Теліпко В.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункерного роздавача кормів свиноматкам. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичні дослідження технологічного процесу і обґрунтування параметрів бункерного роздавача кормів свиноматкам. В результаті чисельного моделювання встановлені залежності нерівномірності видачі кормів від їх рівня в бункері кормороздавача і залежності оціночних показників кормороздавача від положення завантажувального вікна подавального шнека. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

**Ключові слова:** свині, корми, роздавач кормів, параметри, дослідження, ефективність, залежності

## ЗМІСТ

Вступ .....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМАХ .....	10
1.1 Стан механізації процесу роздавання кормів на репродуктивних свинофермах .....	10
1.2 Класифікація, огляд і аналіз конструкцій роздавачів обмеженої мобільності з ваговим і об'ємним дозуванням кормів .....	12
1.3 Мета і задачі дослідження .....	26
1.4 Висновки з розділу.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРНОГО РОЗДАВАЧА КОРМІВ СВИНОМАТКАМ .....	28
2.1 Аналіз процесу доставки сформованих доз корму до годівниць ..	28
2.2 Аналіз процесу кутового завантаження і вивантаження кормів із вагового дозатора .....	36
2.3 Висновки з розділу.....	46
3 МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА .....	47
3.1 Програма чисельного моделювання.....	47
3.2 Загальна методика чисельного моделювання.....	47
3.3 Опис моделі, фактори, що визначають технологічний процес і рівні їх варіювання .....	49
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА .....	56
4.1 Залежність нерівномірності видачі кормів від їх рівня в бункері кормороздавача .....	56
4.2 Залежність оціночних показників кормороздавача від положення завантажувального вікна подавального шнека .....	58
4.3 Залежність оціночних показників кормороздавача від частоти	

обертання завантажувального шнека .....	61
4.4 Висновки з розділу .....	64
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	66
5.1 Організація охорони праці на свинофермі .....	66
5.2 Забезпечення спецодягом працівників ферми .....	68
5.3 Дотримання режиму праці та відпочинку .....	69
5.4 Вимоги до виробничого обладнання для роздавання кормів .....	70
5.5 Висновки з розділу .....	75
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗДАВАЧА КОРМІВ .....	76
6.1 Розрахунок економічної ефективності .....	76
6.2 Висновки з розділу .....	81
ВИСНОВКИ .....	82
Список використаних джерел .....	84
Додатки .....	88

## ВСТУП

М'ясну проблему можна вирішити швидше, якщо прискорено розвивати свинарство – галузь, що дозволяє швидко нарощувати виробництво продукції. Свині переводять в харчову продукцію 20 % поживності з'їдених кормів, корова 15 %, птиця 5 %, бички ВРХ, ягнята 4 %. Як видно, свині як виробник м'яса значно продуктивніші, ніж інші тварини.

У загальному обсязі виробництва м'яса на частку свинини припадає приблизно 40 %, при тому, що це найбільш швидкостиглий вид тваринництва. Свині відрізняються ранньої зрілістю, прискореним резервуванням речовин в тілі, винятковою напруженістю фізіологічних і біохімічних процесів в організмі. Висока м'ясна продуктивність крім того поєднується з багатоплідністю.

Збільшення продукції тваринництва, в тому числі і свинини, передбачено на основі зміцнення кормової бази і підвищення продуктивності тварин, але при значному скороченні витрат зерна на фуражні цілі. Для цього необхідне ефективне використання наявних кормів, шляхом суворої нормованої годівлі тварин повнораціонними сумішами з урахуванням потреб для нормальної життєдіяльності організму, що забезпечує їх найвищу продуктивність.

Технологія виробництва свинини багато в чому залежить від вдосконалення методів розведення тварин, організації їх годівлі та утримання, раціонального використання основних виробничих груп. Нехтування будь-яким зоотехнічним станом не дозволяє інтенсивно вести всю галузь. Ось чому при вдосконаленні технологічного процесу в свинарстві необхідно знати особливості обов'язкових зоотехнічних правил щодо кожної виробничої групи свиней.

Інтенсивна технологія пред'являє особливо високі вимоги до повноцінності годівлі. При промисловій технології тварини позбавлені багатьох природних чинників, тому тут зростає потреба тварин у вітамінах, макро- і мікроелементах і т.д.

Одним з перспективних напрямків в практиці утримання свиноматок є нормоване годування гранульованими кормами і вологими мішанками повністю



збалансованими за всіма видами поживних речовин і елементів безпосередньо в індивідуальних станках. При цьому норми годування диференціюють з урахуванням живої маси, віку та рівня продуктивності тварин. При видачі корму в меншій кількості, ніж встановлено нормою, знижується продуктивність тварин, послаблюється їх організм, подовжується період від відлучення до спаровування, а видача його більше норми призводить до зайвого ожиріння, до зтяжних опоросів і до нераціональної перевитрати кормів внаслідок неповного їх поїдання і засвоєння [18].

Маток утримують в індивідуальних станках. У першій половині супоросності, суміш концентрованих кормів повинна складати не менше 50 % раціону, а в другій 60 % (за поживністю). Крім концентратів в раціон можна включати від 10 до 30 % картоплі та коренеплодів, 5-10 % комбінованого силосу, 5-10 % сіна бобових трав, а влітку 20-30 % зеленої маси і баштанних. Годування супоростних маток одними концентрованими кормами призводить до ожиріння, зменшує молочність, призводить до народження слабких поросят.

Раціони підсисних свиноматок складають з різноманітних концентратів (краще комбікормів), картоплі, буряка, моркви, гарбуза, комбісилосу, а також трав'яного борошна.

Таким чином, для отримання найвищої продуктивності свиноматок, при мінімальній витраті кормів, необхідні високопродуктивні кормороздавальні машини, які забезпечують високу точність дозування заданої норми в індивідуальні годівниці тварин, що виключають можливість втрат кормових матеріалів в процесі роздавання і забезпечують оперативну зміну величин доз кормів, в залежності від продуктивності та індивідуальних особливостей свиноматок в автоматичному режимі.

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМАХ

## 1.1 Стан механізації процесу роздавання кормів на репродуктивних свинофермах

За дослідженнями Омельченко О.О. і Куцина А.М. одним з найбільш трудомістких процесів на тваринницьких фермах і комплексах є роздавання кормів, на частку яких припадає 30-40 % від загальних витрат праці по обслуговуванню тварин [8]. Цей процес завершує загальний комплекс робіт по згодовуванню кормів і є надзвичайно відповідальним в цьому комплексі. Від своєчасного роздавання і рівномірності видачі і дозування кормів залежить ефективність всіх зоотехнічних заходів по годівлі тварин.

Для механізації процесу доставки і роздавання сухих, рідких кормів і вологих мішанок використовують різні кормороздавальні машини і пристрої стаціонарного або мобільного виконання [8].

Зі стаціонарних засобів кормороздачі особливе місце займають гідротранспортні і пневмогідротранспортні установки, які отримали особливе поширення на свинарських комплексах, однак враховуючи підвищені вимоги до кормів, їх виду і консистенції на репродуктивних свинофермах і, зокрема, при годуванні свиноматок вони знайшли лише обмежене застосування [28].

Зі стаціонарних, універсальних засобів кормороздавання призначених для роздавання кормів у великих свинарниках, необхідно відзначити роздавачі кормів РКС-3000, РКС-3000М, платформні, які здатні роздавати не тільки сухі і вологі корми, а й багатокомпонентні суміші, в тому числі з подрібнених кореневульбоплодів, силосу [34]. Основним недоліком платформних, стаціонарних засобів кормороздавання є те, що вони не пристосовані для видачі кормів в індивідуальні годівниці тварин, а використовуються в основному для групового утримання свиней у відгодівельниках, супоросних і підсисних свиноматок.

Автоматичні роздавачі комбікормів РІСА-1000 (конструкції ВІЕСГ) також не відповідають вимогам щодо видачі кормів на репродуктивних свинофермах, оскільки РКА-1000 і РКА-2000 видають корми на підлогу станка при підлоговій годівлі свиней і в дворядні жолоби – годівниці, що не поширене на репродуктивних свинофермах [28].

Не можна не відзначити той факт, що для роздавання кормів на свинофермах і комплексах нашої країни, а також за кордоном використовується досить велика кількість інших стаціонарних кормороздавачів різноманітної конструкції. Проте відмічається ефективність їх застосування лише при груповому утриманні свиней на відгодівлі та недоліком таких засобів є велика металоємність, досить складні вони за конструкцією і можуть використовуватися лише в одному приміщенні і одній технологічній лінії [28].

Досить широке застосування знайшли транспортні причіпні кормороздавачі КТУ-3А; РСР-10; КРС-1; РМК-1,7, а також більш досконалі моделі КУТ-3Б; АРС-10 і КУТ-3БМ змонтовані на шасі автомобілів [20] в лініях кормороздавання на репродуктивних свинофермах і комплексах.

Однак відомі вчені Коба В.Г., Гончаренко П.В. та інші вказують, що причіпні тракторні і змонтовані на шасі автомобіля кормороздавачі мають значні недоліки, вони вимагають широких проїздів для кормороздачі, створюють зайву загазованість і шум, що негативно впливають на тварин, їх застосування доцільне при утриманні тварин в літніх таборах. Слід зазначити, що вище названі кормороздавачі не забезпечують нормоване годування свиноматок при їх індивідуальному утриманні, а також мають низьку маневреність, відносно високу металоємність і великі габарити [34].

В результаті опрацювання літературних джерел, узагальнення досліджень окремих вчених працюючих в області роздавання кормів на свинарських фермах і комплексах, можна зробити висновок про доцільність застосування електрифікованих кормороздавачів обмеженої мобільності. До них відносяться бункерні роздавачі, що мають електропривод і переміщаються по напрямних рейках в кормовому проході, серійні – РС-5А; КС-1,5; КСП-0,8; естакадного

виконання КЕС-1,7 або змонтовані на шасі електрокар.

Відсутність вихлопних газів, менший шум і металоємність, широкий діапазон кормових сумішей, що відрізняються за фізико-механічними властивостями, простота управління дають їм переваги в порівнянні з іншими типами і засобами роздавання кормів [34].

З впровадженням координатної системи роздавання кормів, розробкою візків-носіїв, особливо перспективним є використання і вдосконалення конструкцій роздавачів кормів обмеженої мобільності [28]. При впровадженні цієї системи один кормороздавач обслуговує 2-3 кормові лінії, при цьому коефіцієнт його використання зростає в 2-3 рази. Крім того, конструкція роздавачів обмеженої мобільності дає можливість індивідуально-нормованої годівлі свиноматок.

Таким чином, з вище викладеного можна зробити наступний висновок:

- для роздавання кормів на репродуктивних свинофермах використовується значна кількість різноманітних машин, однак лише деякі з них допускають роздавання кормів в індивідуальні годівниці тварин, особливо вологі мішанки, що має принципове значення;

- найбільш перспективним типом таких машин є електрифіковані бункерні роздавачі кормів обмеженої мобільності.

## **1.2 Класифікація, огляд і аналіз конструкцій роздавачів обмеженої мобільності з ваговим і об'ємним дозуванням кормів**

На репродуктивних свинофермах як нашої країни так і за кордоном знайшли застосування найрізноманітніші за конструктивним виконанням, принципом дії роздавачі кормів обмеженої мобільності. Одні з них випускаються серійно, інші виконані як окремі зразки аспірантами і здобувачами, працівниками науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро, а також фахівцями і раціоналізаторами господарств. Різноманітність цих пристроїв пояснюється перспективою їх застосування та пошуком найбільш раціональної конструктивної

схеми, яка б за своїми якісними показниками найбільш повно відповідала зоотехнічним і техніко-економічними показниками і вимогам.

З метою систематизації існуючих роздавачів кормів обмеженої мобільності і виявлення напрямків їх вдосконалення проведемо класифікацію і дамо більш детальний аналіз найбільш типових конструкцій машин. Врахуємо обставини, що кормороздавачі забезпечені об'ємними дозаторами не завжди дають необхідну точність дозування, але знайшли широке застосування в сільському господарстві, зокрема, на репродуктивних свинофермах. Тому поряд з роздавачами забезпеченими ваговими дозаторами кормів, розглянемо найбільш часто застосовані типи роздавачів з об'ємними дозаторами кормів. Крім того, в класифікаційні ознаки включимо лише ті, які прямим або непрямым шляхом впливають на якісні показники роздавачів.

### 1.2.1 Класифікація роздавачів обмеженої мобільності з ваговим дозуванням кормів

Незважаючи на велику різноманітність конструкцій, будь-який кормороздавач обмеженої мобільності можна розділити на наступні основні конструктивно-структурні елементи: бункер, привод або змішувач кормів, живильник, механізм приводу і переміщення машини, система управління, дозатор кормів.

Бункер призначений для створення запасу корму необхідного для роздавання тваринам за один прохід вздовж фронту годівлі, причому його форма і розташування в основному визначаються конструкцією приводу або змішувача кормів.

Підсилювач або змішувач кормів призначений для приготування кормової суміші, усунення накопичення в бункері.

Живильник призначений для своєчасного і якісного заповнення дозаторів кормом. При безперервному роздаванні живильник може виконувати роль дозатора.

Механізм приводу і переміщення машини призначений для переміщення машини в тваринницькому приміщенні в дискретному або безперервному режимі, приводу живильника та інших елементів машини.

Система управління призначена для взаємодії оператора і машини, регулювання послідовності технологічних процесів машини.

Дозатор є головною складовою частиною кормороздавача і призначений для відмірювання і видачі заданої норми корму в дискретному або безперервному режимах в суворій відповідності із заданою зоотехнічною нормою.

Поєднання цих найважливіших елементів в кормороздавачах, і їх конструкціях, обумовлюються фізико-механічними властивостями кормів: щільністю, гранулометричним складом, кутом природного нахилу і обвалення, вологістю, липкістю, схильністю до накопичення та іншими властивостями.

Тому з урахуванням раніше розроблених класифікацій [44, 11] роздавачі кормів обмеженої мобільності, на нашу думку, доцільно класифікувати за такими ознаками (рис. 1.1): за призначенням, виду і консистенції кормів, за видом управління, за типом механізму зважування, за принципом вивантаження, за способом видачі корму, по типу приводу.

За призначенням роздавачі кормів діляться на кормороздавачі і кормороздавачі-змішувачі, застосування останніх особливо вигідне при відсутності на свинофермах кормоцехів, оскільки кормова суміш готується безпосередньо в їх бункері. Крім того, кормороздавачі - змішувачі виключають ймовірність розшарування суміші на компоненти.

По виду і консистенції кормів роздавачі обмеженої мобільності можна поділити на групи з видачі сухих, вологих, рідких кормів і кормів будь-якої консистенції. Перевагу мають машини з видачі кормів будь-якої консистенції, як більш універсальні.

За типом управління вони можуть бути з ручним, напівавтоматичним, автоматичним управлінням, а також універсальними. Універсальні машини для нас є кращими.

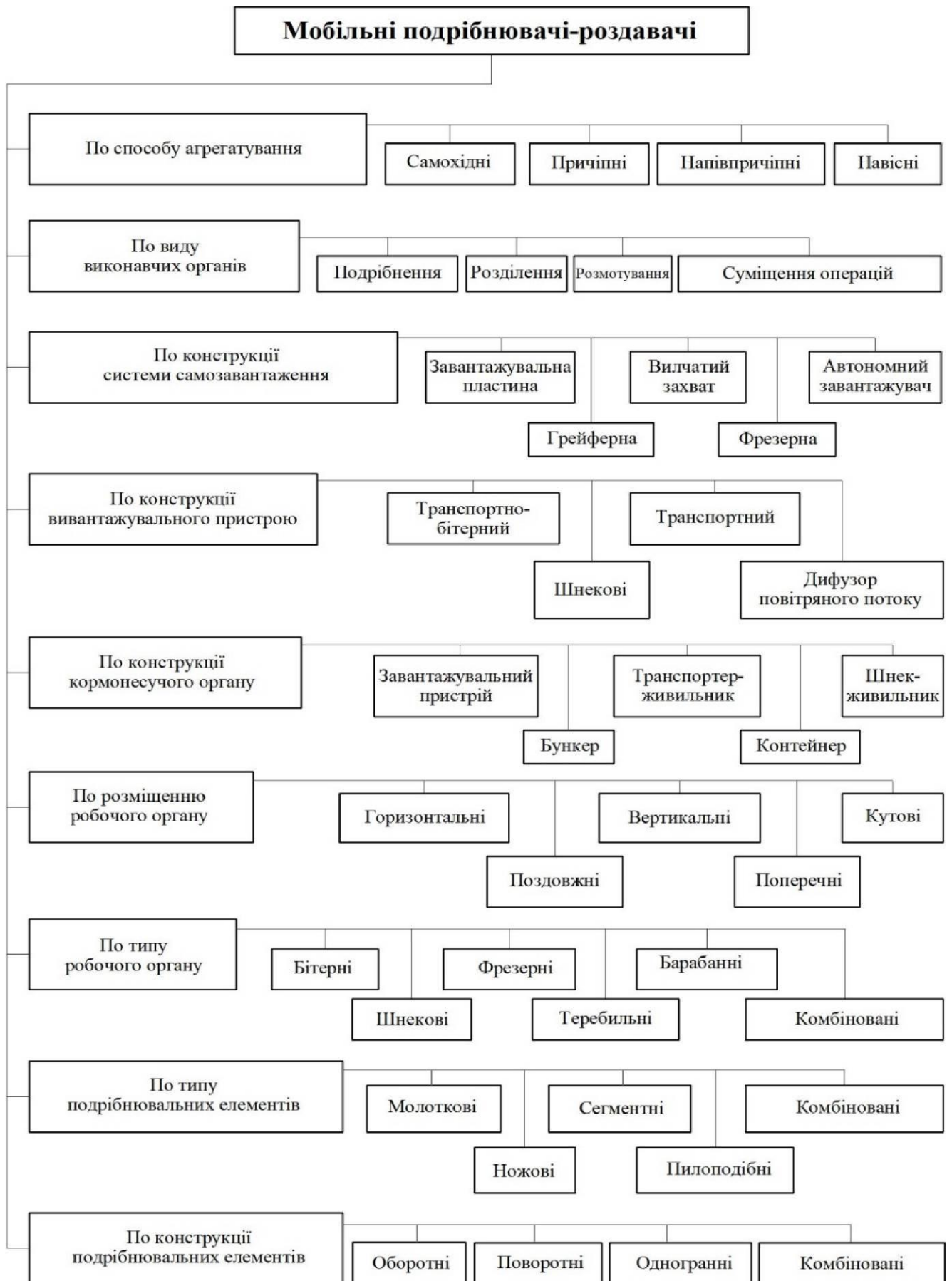


Рисунок 1.1 – Класифікація роздавачів обмеженої мобільності з ваговим дозуванням кормів

Подача дозованого матеріалу з бункера здійснюється як гравітаційним, так і примусовими способами. Роздавачі кормів обмеженої мобільності можуть бути забезпечені живильними пристроями: шнековими, стрічковими, вібраційними, кільцевими, кормовими насосами. У кормороздавачах-змішувачах в основному застосовуються лопатеві і гвинтові мішалки, рідше ланцюгово-планчаті, ланцюгово-скребкові.

За типом механізму зважування дозаторів потрібно відзначити: противаги, таровані пружини, ваги нерівноплечі.

За принципом вивантаження корму роздавачі діляться на машини із відкриваючим дном дозатора, перекидним, обертальним бункером дозатора і з примусовим вивантаженням корму із дозатора.

За способом видачі корму роздавачі із ваговим дозуванням діляться на порційні зі змінними (регульованими) і постійними порціями, а також безперервної дії з регулюванням кількості або швидкості подачі матеріалу.

За типом приводу можна виділити наступні типи роздавачів: з ручним, електричним, електричним із живленням від акумуляторів, двигунів внутрішнього згоряння.

Регулювання норми видачі корму роздавачами може здійснюватися як в ручному, так і автоматичному чи напівавтоматичному режимах. Норма видачі при цьому варіюється швидкістю переміщення кормороздавача, швидкістю руху робочого органу дозатора, об'єму, перерізу отвору, часу роботи робочого органу за допомогою ручок за шкалами, різних копіїв, реле часу і спеціальних датчиків.

Необхідно відзначити, що роздавачі обмеженої мобільності з ваговим дозуванням кормів неповністю досліджені. В літературі не знайдено досліджень по повній класифікації вагових дозувальних пристроїв роздавачів кормів в лініях кормороздавання свинотоварних ферм. Однак багато авторів [44, 29] відзначають перспективність вагового дозування через низку істотних переваг в порівнянні з об'ємним дозуванням:

– забезпечують необхідну якість дозованого роздавання корму в



індивідуальні годівниці тварин;

– не допускають його втрат і мають високу подачу, оскільки немає зупинок машини біля годівниці;

– величина порції корму регулюється автоматично і не вимагає візуального контролю оператора;

– виключається непродуктивна витрата кормів.

Переваги і недоліки всіх названих структурно-конструктивних елементів і роздавачів кормів в цілому, а також ті чи інші їх особливості розглянемо на конкретних конструктивних схемах.

### 1.2.2 Основні методи і технологічні схеми дозування матеріалів

Різноманітність виробничих процесів, різні характеристики дозованих матеріалів, їх кількості і способу транспортування, необхідна продуктивність і точність дозованих пристроїв тощо - все це обумовлює побудову схем процесу дозування.

Як правило, процеси дозування є підпорядкованими циклу робіт і повинні вбудовуватися в існуючий технологічний процес. Одним з істотних моментів у визначенні технологічної схеми, дозування є вибір методу дозування: ваговим або об'ємним способом слід в даному випадку вести дозування матеріалів.

Застосування об'ємного методу дозування раціональне для недорогих матеріалів, де припустиме будь-яке відмірювання дози, а також для рідин.

Крім того, об'ємні методи ефективні при масовому дозуванні матеріалів невеликими дозами – 1-200 гр. У цих випадках різниця в погрішності об'ємного і вагового методу за абсолютним значенням дуже мала [29].

Іншими умовами, що визначають вибір найбільш раціональної схеми дозування в кожному окремому випадку, є періодичність дозування, кількість одночасно дозованих матеріалів, способи транспортування компонентів, межі зміни рецептури, точність дозування, точність дозування і автоматизація процесу дозування.

Періодичність дозування визначає застосування або порційного, або безперервного дозування. Порційне дозування є найбільш поширеним. За цим способом дозовані матеріали відважуються і потім надходять на подальшу переробку або вивантаження.

При безперервному дозуванні матеріал, що подається безперервним потоком, причому кількість матеріалу в потоці весь час підтримується постійним, відповідним заданому, таким чином за певний час, дозатор безперервної дії подає певну кількість матеріалу.

Технологічні процеси виробництва пред'являють різні вимоги до коливань ваги порцій дозованих матеріалів, межі зміни дозування. У ряді виробництв вага порції встановлюється як постійна величина, мало змінна впродовж часу, тобто дозування проводиться постійними порціями.

В інших технологічних процесах, при наявності складної схеми зміни дози, потрібна часта зміна ваги, причому в значних межах. У цих випадках дозування ведеться змінними порціями.

Зазвичай дозатори для постійних порцій мають більш просту конструкцію. При дозуванні змінними порціями, особливо при великому діапазоні порцій, конструкція дозувальних пристроїв ускладнюється. Це викликається необхідністю запровадження механізмів, що змінюють вагу дози при переході на відмірювання нових доз.

Точність дозування матеріалів зазвичай встановлюється вимогами технологічного процесу. Допустима похибка дозування визначається у відсотках від ваги дози і для різних матеріалів знаходиться в межах від 1 до 9 % [18].

За ступенем автоматизації розрізняють процеси дозування з ручним, автоматичним і напівавтоматичним управлінням.

Застосування дозаторів ручної дії не задовольняють вимогам ряду виробництв. Поряд з удосконаленням технологічних процесів основного виробництва висуваються підвищені вимоги і до постановки процесів дозування матеріалів.

### 1.2.3 Огляд і аналіз конструкцій роздавачів кормів обмеженої мобільності

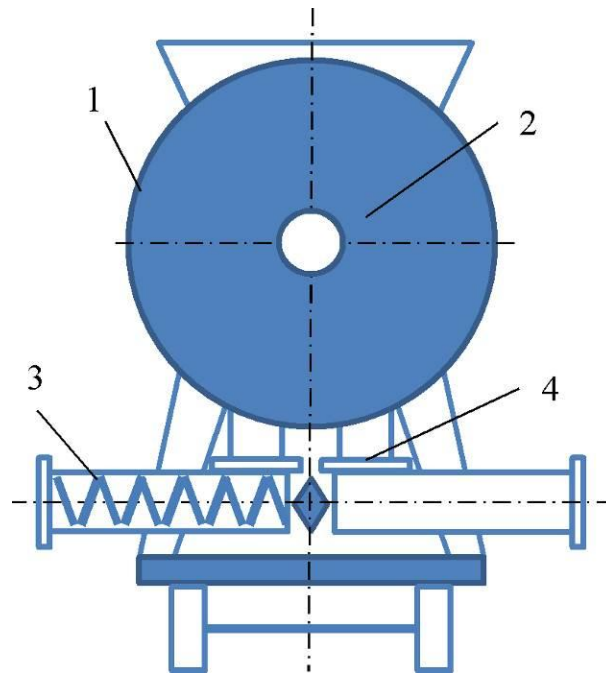
Найбільш поширеними конструкціями роздавачів кормів є роздавачі – змішувачі, забезпечені гвинтовими або лопатевими мішалками з шнековими дозуючо-вивантажувальними пристроями. Застосування роздавачів кормів такої конструкції, як було зазначено вище, особливо вигідне на тих свинофермах, де немає кормокухонь і кормоцехів, та кормова суміш готується безпосередньо в їх бункері.

Роздавач-змішувач РС-5А (рис. 1.2) конструкції Центрального науково-дослідного інституту механізації та електрифікації сільського господарства нечорноземної зони призначений для змішування напіврідких, вологістю вище 70% [22] кормів і роздавання їх в годівниці, що розташовані по обидва боки кормового проходу.

Конструкція представляє собою бункер-змішувач 1 циліндричної форми, встановлений на рамі з двома парами металевих коліс. Корм, що завантажується зверху, змішується гвинтовою мішалкою 2, що має праву і ліву навивки, а у торцевих стін – лопатки. Завдяки такій конструкції мішалки, корм переміщується в середину бункера до вивантажувальних шнеків 3. Отвори в місцях приєднання горловини шнеків перекриваються заслінками 4, якими і здійснюється зміна норми видачі корму.

До переваг даної конструкції відноситься циліндрична форма бункера горизонтального розташування, яка найменш металоємна і дозволяє використовувати кормороздавач в свинарниках-маточниках з вузькими кормовими проходами [25].

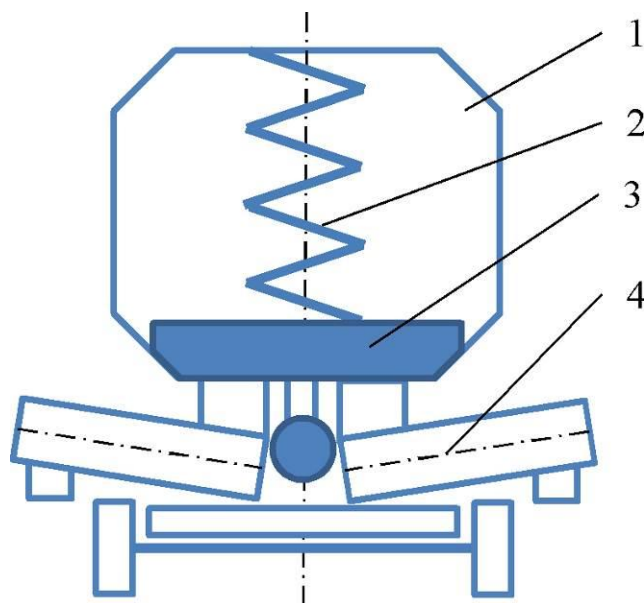
До недоліків роздавача-змішувача РС-5А відносять: неможливість нормованого роздавання корму в індивідуальні годівниці тварин і нездатність роздавання корму вологістю менше 70 % через забивання вивантажувальних патрубків і шнеків.



1 – бункер; 2 – гвинтова мішалка; 3 – вивантажувальні шнеки; 4 – шибєрні заслінки

Рисунок 1.2 – Схема роздавача-змішувача РС-5А

Кормороздавач КС-1,5 (рис. 1.3) також випускається серійно і призначений для перемішування і роздавання вологих кормових сумішей на репродуктивних і невеликих відгодівельних свинофермах [29].



1 – бункер; 2 – шнек-змішувач; 3 – лопаті; 4 – дозувально-вивантажувальні шнеки

Рисунок 1.3 – Схема роздавача-змішувача КС-1,5

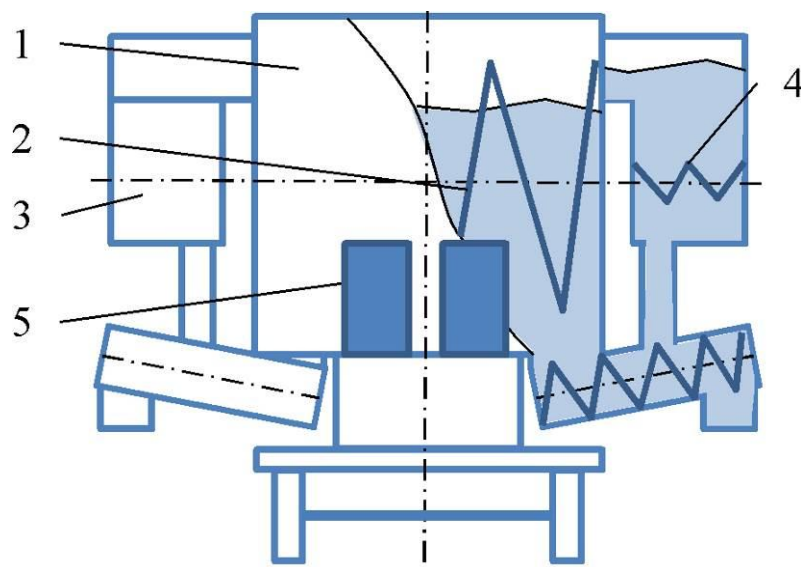
Кормороздавач є електрифікованим візком з бункером 1 конічно-циліндричної форми, в якому на двох опорах встановлені шнек-змішувач 2 і лопатеве колесо 3, які перемішують корм і переміщують його до дозувально-вивантажувальних шнеків 4. Норма видачі корму регулюється швидкістю переміщення роздавача (чотири режими) і зміною перерізу вивантажувальних вікон в бункері.

Перевагою даної конструкції є похиле розташування вивантажувальних шнеків, що дозволяють знизити втрати кормів при переїзді роздавача кормів від однієї годівниці тварини до іншої, внаслідок випадкового їх обвалення з вивантажувальної горловини після зупинки вивантажувальних шнеків.

Недоліком даної конструкції є підвищена енергоємність і неможливість нормованого роздавання корму в індивідуальні годівниці тварин.

Аналогічну конструкцію має роздавач кормів РКЕ-3,0 [28].

Найбільший практичний інтерес представляє собою конструкція кормороздавача КСП-0,8 (рис. 1.4) [20], що серійно випускається з 1984 року заводом «Славянськферммаш». Розробник - ДСКБ по машинах для свинарства (м. Умань).



1 – бункер для вологих кормів; 2 – гвинтова мішалка; 3 – бункери для сухих кормів; 4 – шнек; 5 – фляга

Рисунок 1.4 – Схема кормороздавача КСП-0,8

Призначений кормороздавач для нормованого роздавання вологих і сухих кормосумішей в індивідуальні годівниці свиноматок і поросят.

Роздавач кормів КСП-0,8 [20] складається з параболічного бункера 1 для вологих кормів, всередині якого знаходиться гвинтова мішалка 2, двох бункерів 3 для сухих кормів, в нижній частині яких знаходяться шнеки 4, двох фляг 5 для відвіток, ходової частини. Норма видачі корму регулюється за допомогою реле часу. Робота роздавача може здійснюватися в напівавтоматичному і ручному режимах.

До переваг кормороздавача відноситься можливість нормованої видачі корму в індивідуальні годівниці тварин. Однак в цьому режимі роздавач кормів працює із зупинкою біля годівниць і не може автоматично змінювати величину дози корму в залежності від індивідуальних особливостей тварин. Крім того, під час роздавання потрібне постійне коректування налаштування, пов'язаної залежністю величини подачі шнеків від рівня корму в бункері, що ускладнює експлуатацію кормороздавача в ручному і робить її неможливою без спеціальних програм апарату або бортова ЕОМ в автоматичному режимі.

Використання гвинтової мішалки в усіх розглянутих роздавачах пояснюється її простотою, надійністю і порівняно малою енергоємністю.

Одним з механізмів для стабілізації масової витрати сипучого матеріалу незалежно від коливань фізико-механічних характеристик є пристрій вагового типу УРЗ (рис. 1.5). Він є автоматичним ваговим дозатором безперервної дії. Принцип дії заснований на урівноваженню сили впливу потоку матеріалу на пластину вантажо-приймального важеля за допомогою тарних вантажів сприймаючого пристрою [35].

Пристрій складається з: корпусу, зварної конструкції, завантажувальної горловини, секторної заслінки, сприймаючого пристрою, мембранного виконавчого механізму.

У вихідному положенні тиск в повітроводі 20 відсутній, шток 4 мембранного механізму 2 під дією пружини 5, впливаючи на важіль секторної заслінки 6, утримує її в закритому положенні. Заслінка 16 притиснута до сопла 17

пневматичної системи, вантажоприймальна пластина знаходиться у верхньому піднятому положенні.

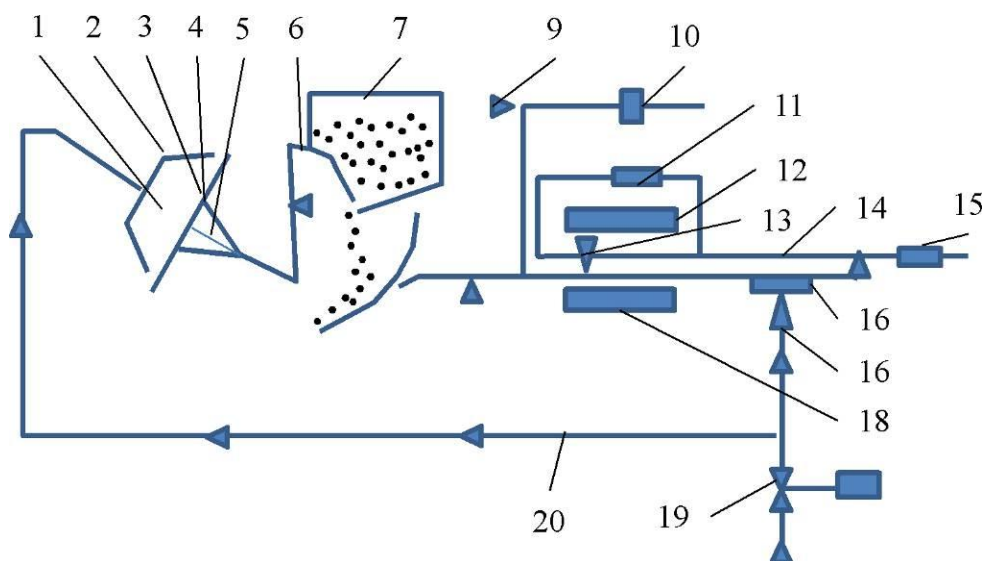


Рисунок 1.5 – Схема пристрою вагового типу УРЗ

Витрата продукту задається за допомогою пересувної гирі 13 (грубого настрою) і гирі 11 для точного дозування витрати, що мають налаштувальні шкали 18 і 12 відповідно. За допомогою переміщення гир 13 і 11 вздовж шкали досягається зміна моменту, що діє на праве плече важеля, яке є протидіючим моментом впливу сили потоку продукту на пластину.

При включенні пристрою в роботу стиснене повітря (0,05 МПа) через електропневматичний клапан 19 і повітропровід 20 подається до мембранного механізму 2. Під дією стисненого повітря, що впливає на жорсткий центр 1, мембрана 3 прогинається і за допомогою штока 4 впливає на важіль заслінки 6, перекриває випускний отвір горловини 7. Заслінка відкривається і продукт струменем через щілину починає потрапляти на пластину. При цьому під впливом сили тиску струменя на пластину важіль 8 повертається проти годинникової стрілки до тих пір, поки не настане рівновага сил впливу струменю і сили впливу гирі 13.

Поворот важеля 8 обумовлює відкриття (або закриття) сопла 17, що в свою чергу призводить до зміни тиску в пневмосистемі, а отже і до зміни сили впливу

штока мембранного датчика на важіль заслінки 6 з наступною зміною її положення. При зменшенні витрати продукту сила впливу його потоку на пластину 21 зменшується, при цьому важіль 8 повертається за годинниковою стрілкою і заслінка 16 наближається до сопла 17, що призводить до підвищення тиску в пневмосистемі і подальшого відкриття заслінки 6. При збільшенні витрати продукту важіль 8 повертається проти годинникової стрілки, заслінка 16 відходить від сопла 17, тиск в пневмосистемі падає, система регулювання переміщує заслінку, зменшуючи ширину щілини для подачі продукту, а отже і його витрати.

Необхідно сказати, що описаний вище пристрій має високі показники по нормуванню продукту, але складний в експлуатації, є стаціонарними машинами, мають велику масу від 40 до 45 кг, працюють тільки на легкосипучих матеріалах. Однак висока продуктивність від 0,2 до 12 т/год, низькі показники по нерівномірності видачі роблять цю машину привабливою, з точки зору технологічного процесу.

Аналіз проведений авторами даних конструкцій стрічкових вагових дозувальних пристроїв дозволив встановити, що при наявності вагового механізму в стрічковому дозаторі значно поліпшуються якісні показники його роботи. При всіх досліджуваних швидкостях руху стрічки, рівних 0,05-0,25 м/с, похибка дозування, як при дозуванні концентрованих кормів залишалися в межах зоотехнічної норми. Ваговий дозатор в порівнянні із стрічковим об'ємним більш точно дозує корм, значення нерівномірності в 2-2,5 рази менше, ніж у об'ємного [28].

На прикладі наведених вище машин, ми ще раз отримуємо підтвердження нашої гіпотези про раціональність використання і розробки вагового дозувального пристрою, для роздавання кормів підсисним і порослим свиноматкам на основі існуючих електрифікованих роздавачів кормів обмеженої мобільності.

Вченими був запропонований порційний кормороздавач [27] який складається з встановленого на мобільній рамі 1 бункера 2 зі змішувачем 3



кормів, вивантажувальних шнеків 4, що дозволяють роздавати корм на дві сторони (рис. 1.6).

Кожухи 5 шнеків 4 мають на кінцях поверхонь вивантажувальні розтруби 6, телескопічно пов'язані з ємністю 7, підвішеною на пружинах 8 до кожуха 5. Ємність 7 забезпечена для розвантаження заслінкою 9 з пружиною 10 і двоплечим важелем 11, мають ролик 12, який взаємодіє з упорами на перегородці станка. У ємності 7 розміщені два кінцевих вимикача 13 і 14, які керують приводом 15 шнеків 4. Один кінцевий вимикач керований від упору 16 на ємності 7, розміщений на бічній поверхні вивантажувального розтруба 6 і призначений для своєчасного відключення приводу 15 шнеків 4 при вимірюванні заданої дози корму в ємності 7. Другий кінцевий вимикач керований двоплечим важелем 11, розташований на бічній поверхні ємності 7 і забезпечує відключення шнеків 4 при відкритій заслінці 9. Величина дози корму встановлюється шляхом натягу гайками 19 пружин 8 або переміщенням кінцевого вимикача 13.

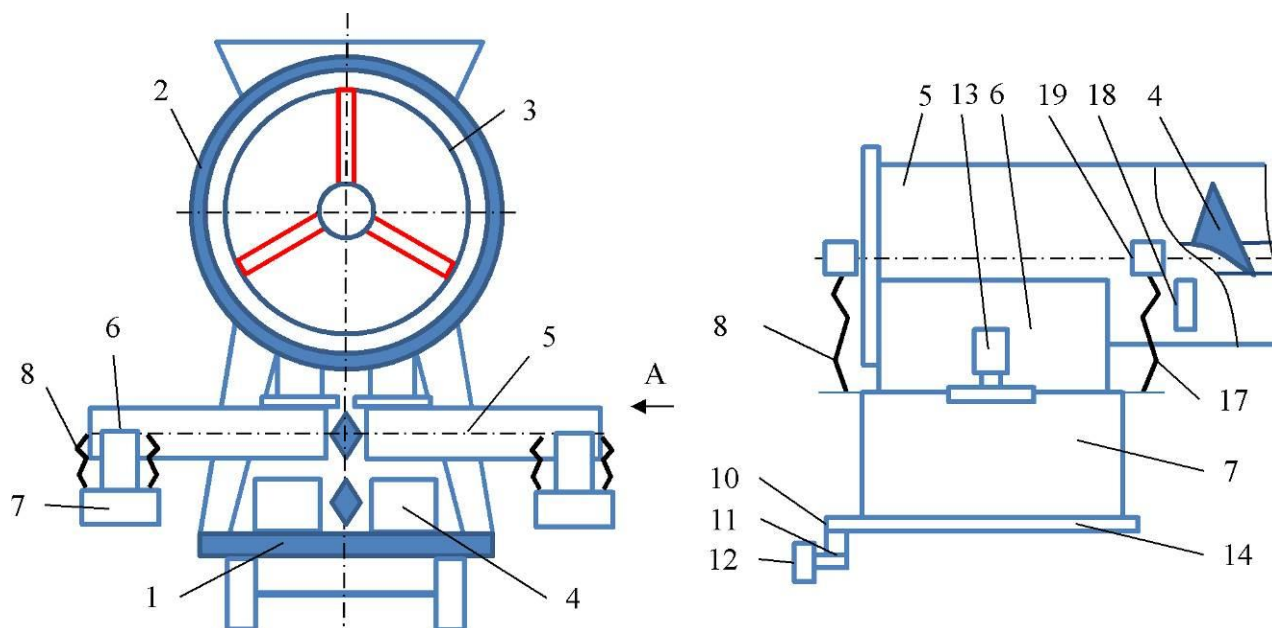


Рисунок 1.6 – Схема порційного кормороздавача

Кормороздавач працює наступним чином. Компоненти корму завантажуються в бункер 2 і переміщуються змішувачем 3, після чого включаються вивантажувальні шнеки 4 і кормороздавач в ручному або

автоматичному режимі переміщається до місця роздавання кормів. Корм вивантажувальними шнеками 4, через розтруби 6 подається в ємності 7, вивантажувальні отвори яких перекриті заслінками 9 за допомогою пружин 10. По мірі подачі корму пружини 8 розтягуються і ємності 7 з упорами 16 опускаються, при досягненні заданої маси порції корму ємності 7 опускаються на стільки, що кінцеві вимикачі перестають взаємодіяти з упорами 16, в результаті відбувається відключення приводу 15 шнеків 4. При подальшому русі кормороздавача, коли ємності 7 знаходяться над годівницями тварин, ролики 12 двоплечих важелів 11, взаємодіючи з упорами на перегородці станків, долаючи опір пружин 10, відкривають заслінки 9 і відведені порції корму вивантажуються в годівниці. Після вивантаження корму кінцеві вимикачі подають команду на включення завантажувальних шнеків, описані вище процеси повторюються.

До недоліків даного роздавача кормів можна віднести наступні фактори. У момент відключення завантажувальних шнеків відбувається мимовільне витікання корму зі шнека в ємність, неможливість повністю вивантажити корм з дозатора в ємність, оскільки частина корму залишається на стінках дозатора.

### **1.3 Мета і задачі дослідження**

Метою роботи є покращення якісних і техніко-економічних показників бункерних роздавачів кормів для індивідуально-дозованої видачі кормів на свинофермах шляхом вдосконалення технологічного процесу, робочих органів і оптимізації їх параметрів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему бункерного кормороздавача для свиноматок при їх утриманні в індивідуальних станках.

2. Виконати поетапні теоретичні дослідження технологічного процесу роздавача кормів з обґрунтуванням його основних конструктивно-технологічних і режимних параметрів.

3. Провести чисельне моделювання по вивченню впливу різних чинників на оціночні показники технологічного процесу роздавача кормів і оптимізації його конструктивно-технологічних і режимних параметрів.

#### **1.4 Висновки з розділу**

На підставі проведеного вище аналізу стану механізованого роздавання кормів на репродуктивних свинофермах і досліджень вагового дозування і роздавання кормів свиноматкам електрифікованими бункерними роздавачами обмеженої мобільності, можна зробити наступні висновки:

– при індивідуально-нормованому годуванні свиноматок гранульованими кормами і вологими мішанками, в машинах для роздавання кормів передбачається обов'язкова відповідальна операція – дозування видаваних порцій корму, що визначає якість технологічного процесу роздавання і, в кінцевому підсумку, продуктивність тварин і їх потомства;

– прийняті до теперішнього часу бункерні роздавачі кормів не відповідають сучасним зоотехнічним вимогам при утриманні свиноматок в індивідуальних станках;

– застосування примусового способу розвантаження кормів з дозатора сприяє кращому випорожненню об'єму дозатора, призводить до поліпшення показників роботи дозатора по нерівномірності видачі, в порівнянні з гравітаційним способом розвантаження;

– відхилення середніх значень доз кормів свиноматкам від заданих зоотехнічних норм можна звести до мінімуму за рахунок зменшення систематичної помилки при порційному дозуванні шляхом подальшого вдосконалення налаштувального апарату дозування корму.

Таким чином висновки показують, що за основу при розробці технологічного процесу порціонного дозованого роздавання кормів свиноматкам, можна прийняти дозування ваговим дозатором у вигляді обсягу встановленого на вагових елементах, що варіюється автоматично спеціальним пристроєм.

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРНОГО РОЗДАВАЧА КОРМІВ СВИНОМАТКАМ**

### **2.1 Аналіз процесу доставки сформованих доз корму до годівниць**

Теоретичні дослідження направимо на виявлення загальних закономірностей технологічного процесу, що забезпечує якісне, порційне роздавання кормів свиноматкам, а також обґрунтування кінематичних і конструктивно-технологічних параметрів живильного і дозувального пристроїв як основних структурних елементів запропонованого кормороздавача.

Досліджуваний технологічний процес роздавача кормів без розгляду питання змішування кормів в бункері можна поділити на три самостійні етапи.

Перший етап – процес доставки корму від бункера до вагового дозатора, формування доз корму в дозаторах, тобто заповнення дозаторів за допомогою запропонованого кутового встановлення завантажувального вікна. Аналітичний опис цього процесу доставки корму від бункера до дозатора за допомогою завантажувального пристрою – гвинта, досить повно розглянуто іншими авторами, однак необхідні додаткові дослідження з питання заповнення дозаторів з кутовим встановленням завантажувального вікна.

Другий етап являє собою процес доставки сформованих доз корму точно до годівниць, що не становить особливих труднощів і описується за допомогою відомих положень класичної механіки.

Третій етап – процес вивантаження корму з дозаторів в годівниці. Він значною мірою визначає досконалість машини, оскільки повнота вивантаження дозаторів прямим чином впливає на точність вивантажуваних доз кормів. Залежно від видаваних доз кормів цей процес будемо розглядати відповідно або з використанням диференціальних рівнянь руху матеріальної точки або з використанням положень теорії сипких і пов'язаних середовищ.

Найзручніше теоретичні дослідження почати з опису другого процесу,

оскільки він пов'язує між собою процеси заповнення і вивантаження дозаторів і накладає на них певні обмеження за часом завантаження і вивантаження, а також визначає початкові умови для опису їх математичної моделі.

Електрифікований бункерний роздавач кормів РС-5А може видавати вологі мішанки на дві сторони кормового проходу, як в симетрично розташовані годівниці, так і в зміщені. Для цього він обладнується зблокованими або автономними дозаторами.

Час вивантаження кормового продукту з дозаторів обов'язково повинний бути менше часу проходження вивантажувальних вікон дозаторів над годівницею [28], для уникнення прокидання корму повз годівниць під час вивантаження, а час проходження відстані між годівницями за вирахуванням часу на включення і відключення вивантажувального шнека має бути достатнім для заповнення дозатора, тобто як впливає зі схем (рис. 2.1) роботи кормороздавача, необхідними умовами нормальної дозованої видачі кормового продукту є:

– для кормороздавача із зблокованими дозаторами (рис. 2.1, а)

$$t_6 \leq \frac{l_k - b_d - \Delta_{oz}}{V_k}; \quad (2.1)$$

$$t_3 \leq \frac{q_{\max}}{Q_m} \leq \frac{L_k + l_k - 2\Delta_{ng}}{2V_k}, \quad (2.2)$$

де  $t_6$  – час вивантаження корму з дозатора, с;  $l_k$  – довжина годівниці, м;  $b_d$  – довжина дозатора, м;  $\Delta_{oz}$  – величина переміщення кормороздавача за час від початку до повного відкриття заслінки дозатора, м;  $V_k$  – швидкість переміщення кормороздавача, м/с;  $Q_m$  – максимальна величина дози корму, що завантажується в дозатор, кг;  $q_{\max}$  – масова подача кормів в дозатори живильним пристроєм, кг/с;  $L_k$  – відстань між годівницями, м;  $\Delta_{ng}$  – переміщення кормороздавача до моменту включення завантажувального шнека, м;

– для кормороздавача з автономними дозаторами (рис. 2.1, б)

$$t_6 \leq \frac{l_k - b_d - \Delta_{oz}}{V_k};$$

$$t_3 \leq \frac{q_{\max}}{Q_m} \leq \frac{L_k + b_d + \Delta_{oz} - 2\Delta_{ng}}{V_k}. \quad (2.3)$$

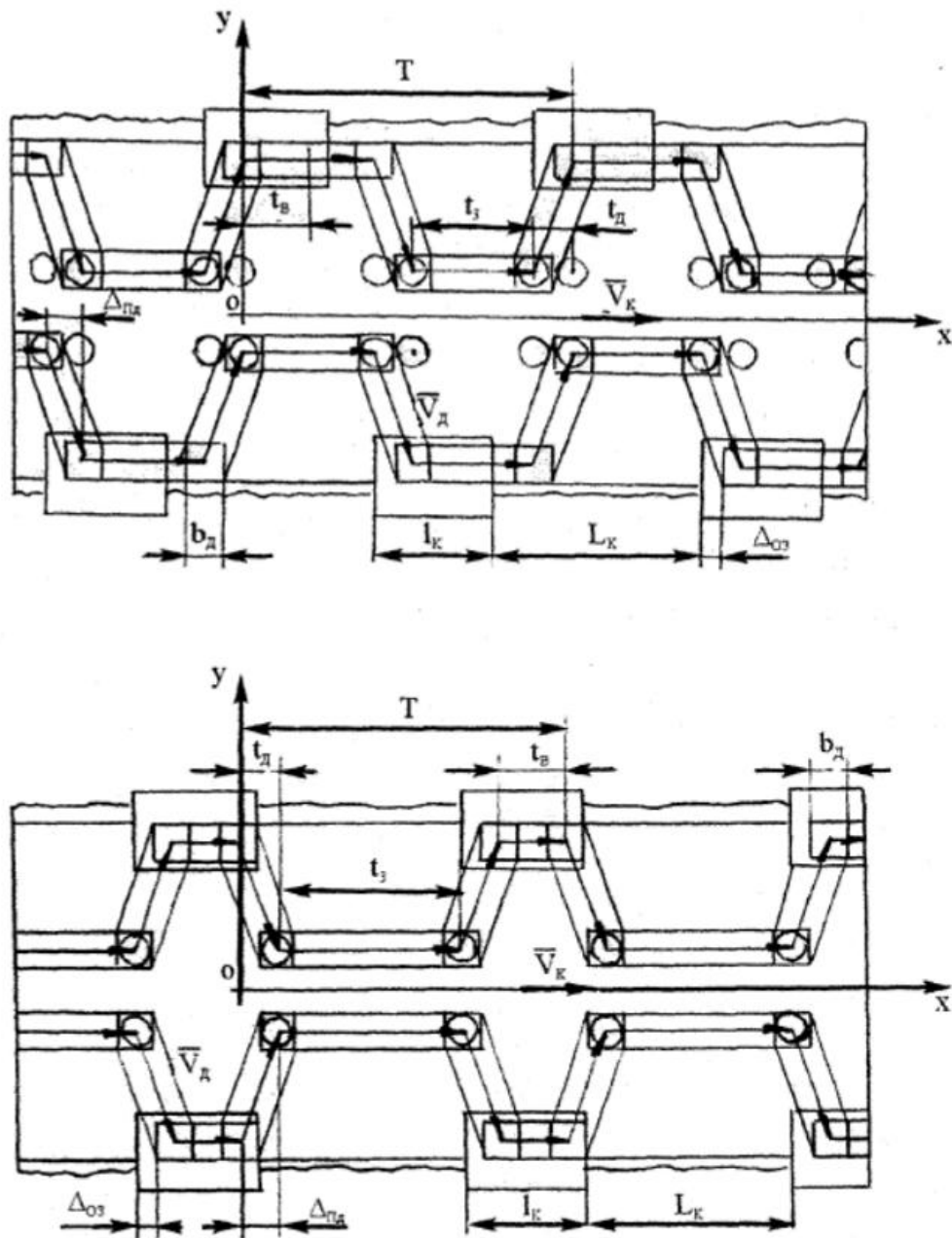


Рисунок 2.1 – Схема роботи кормороздавача з автономними (а) та з блокованими дозаторами (б)

При роздаванні добре текучих або сипких кормів час їх вивантаження з дозаторів зменшується, а довжина годівниці використовується повніше, оскільки в цьому випадку вивантаження корму починається відразу ж після початку відкриття заслінки дозатора, що дозволяє збільшити час відведений на вивантаження до величини:

$$t'_в = \frac{l_к - b_д}{V_к}. \quad (2.4)$$

Визначимо співвідношення швидкості переміщення кормороздавача і швидкості вивантаження корму з дозаторів, що забезпечують виконання умов (2.1), (2.2), (2.3).

При рівномірній швидкості вивантаження корму з дозатора час від початку відкриття вивантажувального вікна до повного відкриття дорівнюватиме:

$$t_{\partial} = \frac{S}{V_{\partial}}, \quad (2.5)$$

де  $S$  - відстань на відкриття вивантажувального вікна, м;  $V_{\partial}$  - швидкість відкриття заслінки вивантажувального вікна, м/с.

Тоді величина  $\Delta_{oz}$ , що входить у вирази (2.2) і (2.3) визначиться як:

$$\Delta_{ng} = t_{\partial} \cdot V_{\kappa} = \frac{S}{V_{\partial}} \cdot V_{\kappa} = \lambda \cdot S, \quad (2.6)$$

де  $\lambda = V_{\kappa}/V_{\partial}$  - кінематичний параметр дозатора, а величина  $\Delta_{oz}$ , що входить у вирази (2.1) і (2.3) визначиться як:

$$\Delta_{oz} = t_{oz} \cdot V_{\kappa} = \frac{\Delta s}{V_{\partial}} \cdot V_{\kappa} = \lambda \cdot \Delta s, \quad (2.7)$$

де  $\Delta s$  - частина ходу вивантажувальної заслінки (залежить від місця встановлення роликів заслінки відносно осі обертання), м.

Підставляючи значення  $\Delta_{oz}$  і  $\Delta s$  у вирази (2.2) і (2.3), після перетворень отримаємо:

- для кормороздавача із зблокованими дозаторами:

$$\lambda_{c\acute{o}l} \leq \frac{1}{S} \left( \frac{L_k + l_{\kappa}}{2} - \frac{V_{\kappa} \cdot q_{\max}}{Q_m} \right); \quad (2.8)$$

- для кормороздавача з автономними дозаторами:

$$\lambda_{авт} \leq \frac{1}{2s - \Delta_g} \left( L_k + b_{\partial} - \frac{V_{\kappa} \cdot q_{\max}}{Q_m} \right). \quad (2.9)$$

Необхідну величину подачі корму в дозатори, що забезпечує нормальну роботу кормороздавача та інші параметри процесу роздавання зручно визначати по номограмах (рис. 2.2 і рис. 2.3), побудованих на основі виразів (2.2), (2.3), (2.8), (2.9).

Підставляючи значення  $\Delta_{ng}$  в формулу (2.2) для визначення регламентованого часу на завантаження зблокованих дозаторів і значення  $\Delta_{oz}$  і  $\Delta_{ng}$

в аналогічну формулу (2.3) для автономних дозаторів відповідно отримаємо:

$$\lambda_{3\text{ сбіл}} \leq \frac{L_k + l_k - 2S \cdot \lambda_{\text{сбіл}}}{2V} \quad (2.10)$$

$$\lambda_{3\text{ авт}} \leq \frac{L_k + b_k + \lambda_{\text{авт}} (\Delta s - 2S)}{V_k} \quad (2.11)$$

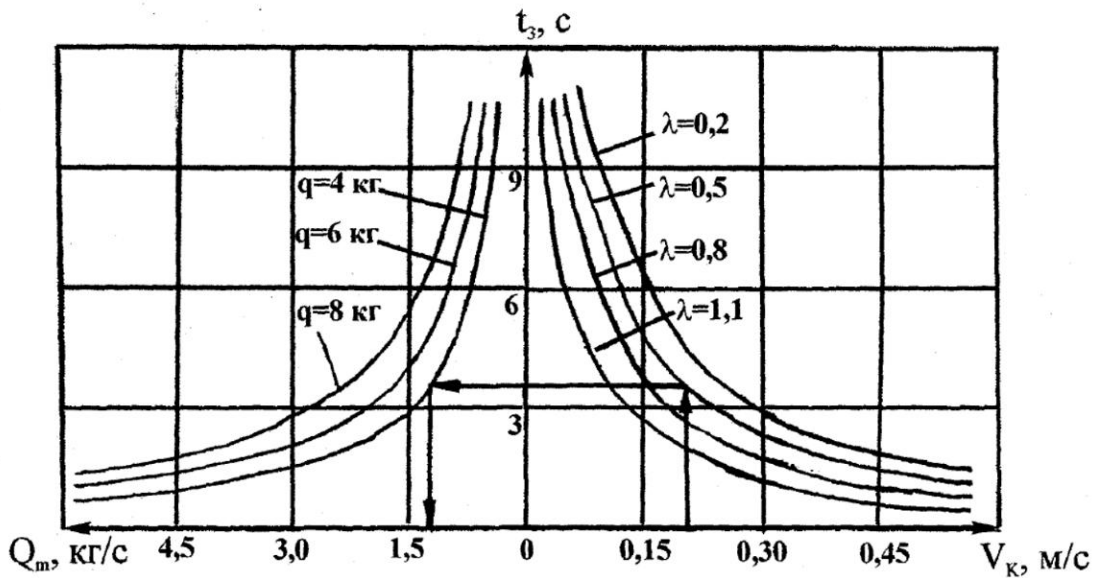


Рисунок 2.2 – Номограма для визначення параметрів процесу роздавання кормів ( $t_3, V_k, \lambda, V_d, Q_m$ ) роздавачем із блокованими дозаторами, при  $L_k = 1,4$  м,  $l_k = 0,6$  м,  $S = 0,6$  м.

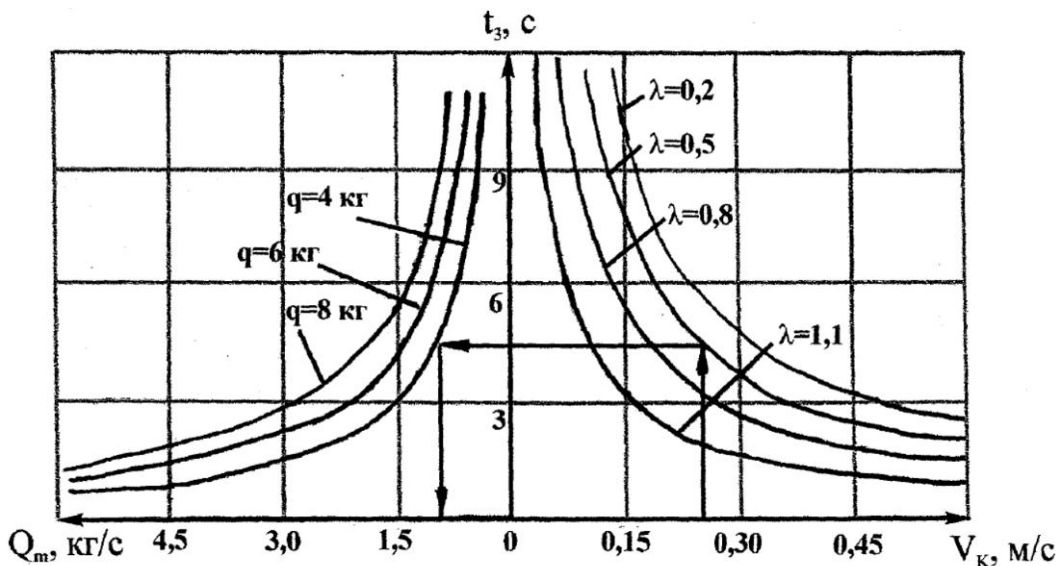


Рисунок 2.3 – Номограма для визначення параметрів процесу роздавання кормів ( $t_3, V_k, V_d, Q_m$ ) роздавачем з автономними дозаторами, при  $L_k = 1,4$  м,  $l_k = 0,6$  м,  $S = 0,6$  мм,  $\Delta S = 0,15$  мм



Як показує аналіз формул (2.10), (2.11) більш жорсткі вимоги щодо завантаження дозаторів пред'являються до роздавачів кормів із заблокованими дозаторами (рис. 2.4).

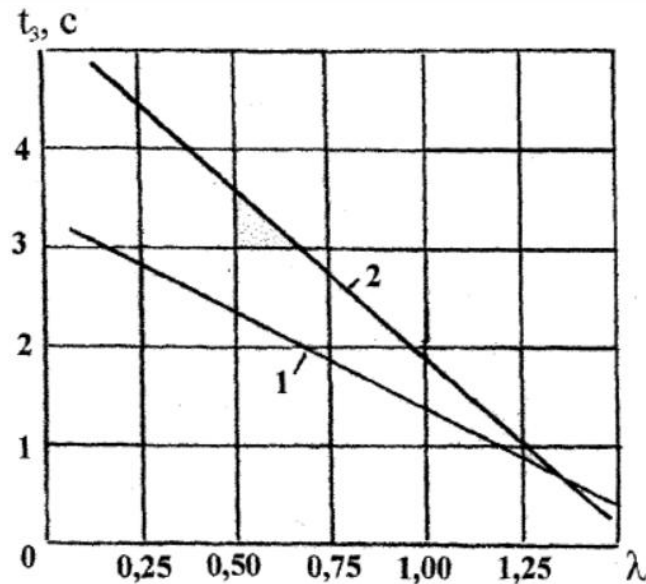


Рисунок 2.4 – Залежності часу заповнення дозаторів від кінематичного параметра  $\lambda$ , де 1 – заблоковані дозатори, а 2 – автономні дозатори, при  $V_k = 0,3$  м/с,  $L_k = 1,4$  м,  $l_k = 0,6$  м,  $S = 0,6$  м,  $\Delta S = 0,15$  м

Час же вивантаження кормів як із заблокованих, так і з автономних дозаторів:

$$\lambda_g \leq \frac{l_k - b_k - \lambda \cdot \Delta s}{V_k}, \quad (2.12)$$

обмежується при заданих значеннях  $l_k$ ,  $b_k$  і  $\Delta s$  швидкістю переміщення кормороздавача  $V_k$  і показником кінематичного режиму  $\lambda$ , при цьому найбільш виражений характер має залежність  $t_g = f(V_k)$  (рис. 2.5).

Визначимо величину подачі корму в годівниці кормороздавачем, виходячи з умов (2.1), (2.2), (2.3). Оскільки кормороздавач працює в дискретному режимі, то згідно [21] його подача дорівнює:

$$Q_k \leq \frac{q}{T}, \quad (2.13)$$

де  $T$  – час циклу, с.

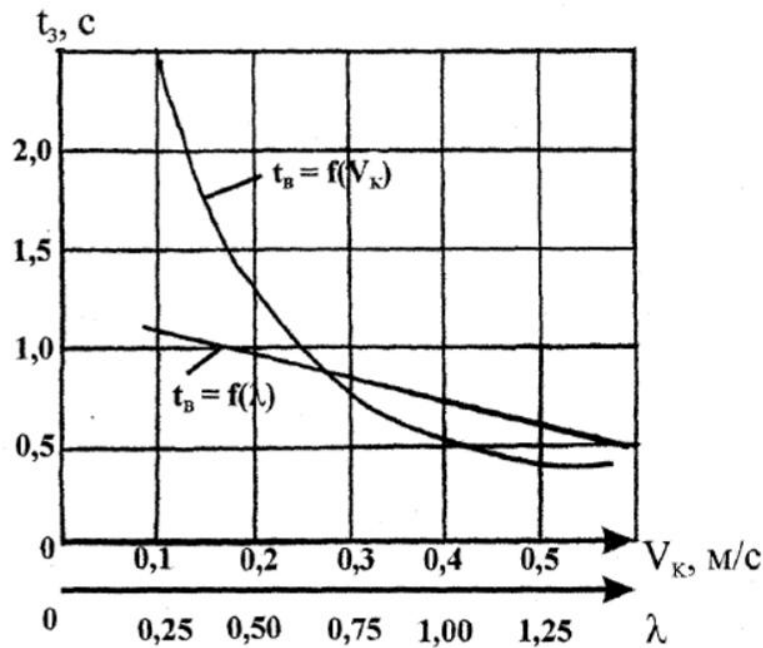


Рисунок 2.5 – Залежності часу вивантаження кормів із дозаторів від кінематичного параметра дозатора  $\lambda$ , і швидкості переміщення кормороздавача  $V_k$ , при  $L_k = 1,4$  м,  $l_k = 0,6$  м,  $b_d = 0,23$  м,  $\Delta S = 0,15$  м

У загальному випадку для запропонованого кормороздавача

$$T = 2t_d + t_3 + t_6. \quad (2.14)$$

При роботі кормороздавача із блокованими дозаторами можливі два випадки його налаштування:  $t_3 > t_6$ , в цьому випадку (рис. 2.1, а)

$$T_{t_3 > t_6} = 2t_6 + 2t_3 = 2 \cdot (t_6 + t_3). \quad (2.15)$$

Тоді з врахуванням виразу (2.2), (2.5), (2.6).

$$Q_{K_{t_3}, t_6} = \frac{q}{2 \left( \frac{S}{V_d} + \frac{L_k + l_k - 2\lambda_{c6l} \cdot S}{V_k} \right)}. \quad (2.16)$$

Оскільки  $\frac{S}{V_d} = \frac{\lambda_{c6l} \cdot S}{V_k}$ , то  $Q_{K_{t_3}, t_6} = \frac{V_k \cdot q}{L_k + l_k}$ .

З огляду на, що кормороздавач видає корми на дві сторони кормового проходу, двома дозаторами, і що  $q = k_3 k_y M_k$  остаточно отримаємо:

$$Q_{K_{t_3}, t_6} = \frac{2k_3 k_y V_k M_k}{L_k + l_k}, \quad (2.17)$$

де  $M_k$  – маса дози корму, кг.

$t_3 = t_6$ , в цьому випадку

$$T_{t_3 = t_6} = 2 \cdot (t_d + t_6). \quad (2.18)$$

З урахуванням виразів (2.2), (2.5-2.7), і беручи до уваги, що  $\frac{S}{V_\delta} = \frac{\lambda_{\text{сбл}} \cdot S}{V_\kappa}$ :

$$Q_{K_{t_3=t_6}} = \frac{k_3 k_y V_\kappa M_\kappa}{\lambda_{\text{сбл}} (S - \Delta s) + l_\kappa - b_\delta}. \quad (2.19)$$

Докладний аналіз, виконаний для кормороздавача з автономними дозаторами, що працює за схемою представленою на (рис. 2.1) показує, що і в цьому випадку його подача визначається так само, як і для кормороздавача з заблокованими дозаторами, тобто за формулами (2.17) і (2.19).

З огляду на ту обставину, що величина доз корму окремим тваринам диференційовано змінюється відповідно до їх індивідуальних особливостей і продуктивності, зручніше подачу кормороздавача в дискретному режимі визначати кількістю видаваних порцій за одиницю часу, наприклад за одну годину. У цьому разі вирази (2.17) і (2.19) наведемо в наступному вигляді:

– при  $t_3 \neq t_6$

$$Q'_\kappa = \frac{7200V_\kappa}{L_\kappa + l_\kappa}; \quad (2.20)$$

– при  $t_3 = t_6$

$$Q'_\kappa = \frac{3600V_\kappa}{\lambda(S - \Delta s) + l_\kappa - b_\delta}. \quad (2.21)$$

Аналіз формул (2.17), (2.19-2.21) показує, що кормороздавач вигідніше використовувати в режимі  $t_3 \neq t_6$  із заблокованими дозаторами. Необхідне при цьому зміщення годівниць (рис. 2.1) можна визначити за формулами:

– при  $t_3 = t_6$

$$\Delta_\kappa = \lambda(S - \Delta s) + l_\kappa - b_\delta; \quad (2.22)$$

– при  $t_3 > t_6$

$$l_y = \frac{1}{2}(L_\kappa + l_\kappa). \quad (2.23)$$

Місце встановлення керуючих виступів приводу вивантажувальних заслінок, відносно годівниць (момент вивантаження порції корму з дозатора) можна в першому наближенні визначити за формулою:

$$l_y = \lambda(S - \Delta s) - b_\delta, \quad (2.24)$$

де  $l_y$  – відстань від годівниці до дозатора в м, при досягненні якого повинен включатися їх привод.

Таким чином, аналіз процесу доставки сформованих доз корму до годівниць дозволив отримати:

- початкові умови (2.10-2.12) для подальшого аналізу процесів завантаження і вивантаження корму з дозатора;
- формули (2.8) і (2.9) для визначення кінематичного параметра  $\lambda$  для зблокованих і автономних дозаторів, що забезпечують нормальну роботу кормороздавача;
- формули (2.17), (2.19-2.21) для визначення дискретної величини подачі корму в годівниці бункерних роздавачів кормів, які працюють за різними схемами.

## **2.2 Аналіз процесу кутового завантаження і вивантаження кормів із вагового дозатора**

Вивчаючи процес роботи роздавача кормів обмеженої мобільності необхідно виконати умову завантаження корму у ваговий дозатор, причому з огляду на кутове встановлення завантажувального вікна і процес вивантаження. Для цього розглянемо схему руху частинки корму (рис. 2.6).

На рисунку 2.6 представлена схема руху частинки корму:  $r_{кож}$  – радіус кожуха завантажувального шнека;  $r_{розтр}$  – радіус розтруба вагового дозатора;  $OA$  – лопатка завантажувального шнека;  $\omega_l$  – кутова швидкість лопатки завантажувального шнека;  $AB$  – вивантажувальне вікно завантажувального шнека;  $\Theta_a$  – кут відриву частинки при початку розвантаження;  $\Theta_e$  – кут торкання часткою розтруба дозатора;  $\Theta_c$  – кут до початку вивантажувального вікна.

У точці  $A$  починається викидання частинки корму зі швидкістю

$$\vec{V}_a = \omega_l r_{кож}.$$

Тоді частинка корму здійснює політ по траєкторії  $AE$ . Частина частинок корму, за рахунок ковзання по розтрубу дозатора, досягає вивантажувального вікна  $CD$ . Інша частина корму розташовується по кільцю.  $KC$  - частина корму, яка не потрапляє на вивантажувальну заслінку  $CD$ .

Коли відбувається відкриття вивантажувальної заслінки, то частина корму  $KC$  починає повільно ковзати по поверхні розтруба вагового дозатора. Цей рух описується системою диференціальних рівнянь.

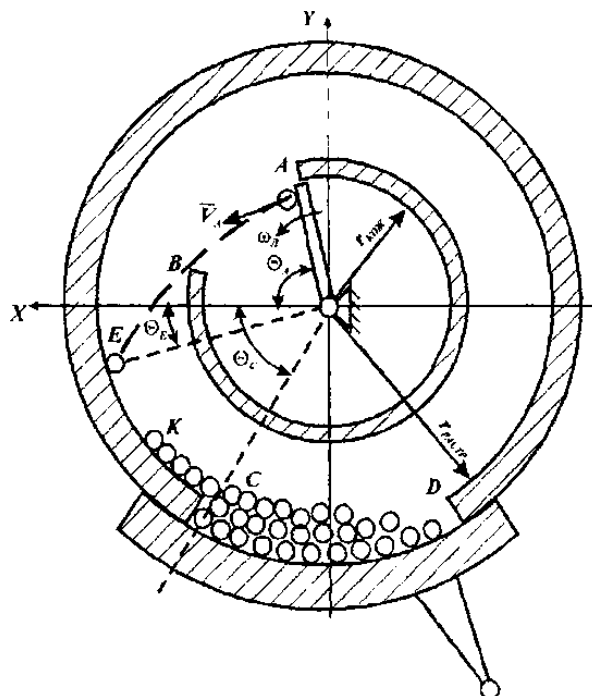


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема руху частинки при кутовому завантаженні корму у ваговий дозатор

Процес вивантаження кормів в індивідуальні годівниці підсисних і супоросних свиноматок є заключним етапом технологічного процесу пропонуваного кормороздавача описаного вище. Очевидно, що від якісного та своєчасного розвантаження вагових порційних дозаторів буде залежати основний оціночний показник роздавача - точність і своєчасність виданих доз, величина безповоротних втрат кормів. У зв'язку з вищевикладеним для нас стає важливим проведення теоретичного аналізу процесу вивантаження кормів.

Необхідно враховувати, що ваговий порційний дозатор в запропонованому кормороздавачі може використовуватися як при дозуванні зв'язаних (вологих кормосумішей), так і сипких (гранульованих) кормів, не можна для розгляду процесу розвантаження вагових дозаторів застосовувати одну й ту ж модель для різних кормових продуктів, які суттєво відрізняються своїми фізико-механічними

властивостями. У зв'язку з цим розглянути вивантаження зв'язаних і сипких вантажів пропонується розглянути окремо, з урахуванням їх фізико-механічних властивостей, застосувавши при цьому теоретичні положення класичної механіки, механіки сипучих кормів і рідин, а також метод складання та розв'язання диференціальних рівнянь відносного руху матеріальної точки по обертаючій заслінці дозатора, дослідити фізико-механічні властивості кормів.

Розглянемо рух корму між кожухом шнека і розтрубом дозатора в період відкриття заслінки. Будемо вважати кожух і розтруб коаксіальними циліндрами, таким чином, рух корму відбувається в кільцевій порожнині (вважаємо, що зміщення осей кожуха і розтруба мале в порівнянні з товщиною кільцевої порожнини). Перед відкриттям заслінки корм знаходиться в спокої, а в момент відкриття корм починає рухатися під дією сил тяжіння (рис. 2.7).

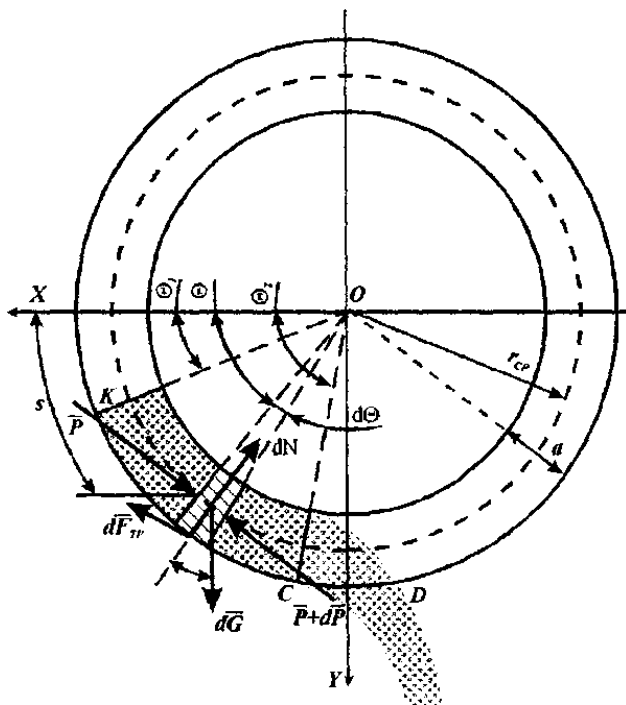


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема руху корму

Направимо осі координат  $OX$  і  $OY$  перпендикулярно осі шнека. Позначимо  $\Theta$  - кут, вимірюваний проти годинникової стрілки від позитивної півосі  $X$ ;  $s$  - довжина дуги, яка вимірюється вздовж окружності середнього радіусу  $r_{cp}$  кільцевої порожнини, де  $r_{cp}$  визначається за формулою

$$r_{cp} = \frac{r_{кож} + r_{розтр}}{2},$$

де  $r_{кож}$  – радіус кожуха, м;  $r_{розтр}$  – радіус розтруба, м.

Таким чином, довжина дуги пов'язана з полярним кутом співвідношенням

$$s = r_{cp} \Theta. \quad (2.25)$$

Нехай поверхня корму у верхній частині дозатора має плоску форму і розташована в радіальному перетині кільця площиною, що проходить через вісь шнека. Рівняння цієї площини

$$\Theta = \Theta_1(t),$$

де  $\Theta_1(t)$  - невідома функція, яка підлягає визначенню.

У перетині кільця радіальною площиною  $\Theta = \Theta_2$  знаходиться край вивантажувального отвору розтруба, і в цьому перерізі починається вільне падіння частинок корму.

В деякий фіксований момент часу  $t$  розіб'ємо всю порцію корму на радіальні шари, яким відповідає нескінченно малий двогранний кут  $d\Theta$  і відповідно, нескінченно мала дуга  $ds$ , причому, в силу співвідношення (2.25) маємо зв'язок нескінченно малої дуги і нескінченно малого кута

$$ds = r_{cp} d\Theta.$$

Маса цього елементарного радіального шару

$$dm = \rho \cdot \omega \cdot ds, \quad (2.26)$$

де  $\rho$  – щільність корму,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\omega$  – площа радіального перерізу кільця,  $\text{м}^2$ .

Оскільки радіальний переріз кільця має форму прямокутника, то

$$\omega = a \cdot b, \quad a = r_{розтр} - r_{кож},$$

де  $a$  – ширина кільця, м;  $b$  – довжина розтруба в напрямку осі шнека, м.

Будемо вважати, що при русі корму між елементарними шарами діють сили нормального тиску, а сили тертя діють тільки при ковзанні частинок кормів по поверхні дозатора.

Будемо вважати, що ширина кільця  $a$  мала в порівнянні із середнім радіусом  $r_{cp}$ .

Розглянемо один такий шар і покажемо діючі на нього сили. На лівий і правий переріз шару діють сили нормального тиску  $P$  і  $P + dP$

$$P = p\omega; P + dP = (p + dp) \cdot \omega.$$

Позначимо  $dN$  – рівнодіюча сил нормального тиску на поверхні контакту корму з кожухом і розтрубом,  $dF_{mp}$  – рівнодіюча сил тертя на тій же поверхні.

Нехай корм сухий, тоді можна застосувати закон тертя

$$dF_{mp} = f \cdot dN,$$

де  $f$  – динамічний коефіцієнт тертя між кормом і розтрубом.

Крім того, на шар корму діє масова сила тяжіння

$$dG = g \cdot dm = g\rho\omega ds.$$

Запишемо диференціальні рівняння руху елементарного шару в проекції на дотичну  $\tau$  і на нормаль  $n$  до окружності середнього радіусу

$$dm \cdot \frac{dv}{dt} = \sum F_{\tau}, \quad (2.27)$$

$$dm \cdot \frac{v^2}{r_{cp}} = \sum F_n, \quad (2.28)$$

де  $v$  – швидкість центру мас шару, м/с.

Оскільки ширина кільця  $a$  мала в порівнянні із середнім радіусом  $r_{cp}$ , то центр мас шару лежить на окружності середнього радіусу. Знайдемо суму проекцій всіх сил на дотичну до цього кола

$$\sum F_{\tau} = -\omega \cdot dp + g\rho\omega \cdot ds \cdot \cos\Theta - dF_{mp}, \quad (2.29)$$

і на нормаль до неї

$$\sum F_n = -dN - g\rho\omega \cdot ds \cdot \sin\Theta. \quad (2.30)$$

З (2.26), (2.27) і (2.29) отримуємо

$$\rho\omega ds \frac{v^2}{r_{cp}} = dN - g\rho\omega \cdot ds \cdot \sin\Theta,$$

звідси нормальна складова дорівнює

$$dN = \rho\omega ds \left( \frac{v^2}{r_{cp}} + g \sin\Theta \right),$$

і тоді знайдемо рівнодіючу сил тертя

$$dF_{mp} = f \rho\omega ds \left( \frac{v^2}{r_{cp}} + g \sin\Theta \right). \quad (2.31)$$

Оскільки ми не припускаємо нестискання корму, то швидкість  $v$  і тиск  $p$  можуть бути функціями  $s$  і  $t$ . Тоді похідна  $dv/dt$  повинна бути записана у вигляді



суми локальної і конвекційної похідної [23]

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s}. \quad (2.32)$$

Використовуючи (2.26), (2.29), (2.31) і (2.32) з (2.28) отримуємо

$$\rho \omega ds \left( \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} \right) = -w dp + g \rho \omega ds \cos \Theta - f \rho \omega ds \left( \frac{v^2}{r_{cp}} + g \sin \Theta \right). \quad (2.33)$$

Поділимо це рівняння на  $\rho \omega ds$ . У правій частині перший доданок буде  $\frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds}$ .

Оскільки розбиття на елементарні шари проводилося для фіксованого моменту часу, то відношення  $dp/ds$  має сенс похідної  $\partial p / \partial s$ .

Таким чином, з (2.33) отримуємо

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} + \cos \Theta - f \frac{v^2}{r_{cp}} - fg \sin \Theta.$$

При сталому режимі роботи  $\partial v / \partial t = 0$  (в даний момент часу швидкість однакова у всіх точках кільця). Отримуємо диференціальне рівняння руху корму

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} + g \cos \Theta - f \frac{v^2}{r_{cp}} - fg \sin \Theta.$$

Проінтегруємо цю рівність по  $ds$  від  $s_1$  до  $s_2$  при фіксованому  $t$  (від поверхні корму до вивантажувального отвору). Маємо в лівій частині рівності (2.34)

$$\int_{s_1}^{s_2} \frac{\partial v}{\partial t} ds = \frac{\partial v}{\partial t} \int_{s_1}^{s_2} ds = \frac{\partial v}{\partial t} (s_2 - s_1) = \frac{\partial v}{\partial t} \cdot L,$$

де  $L = r_{cp} (\Theta_2 - \Theta_1)$  - довжина кільця по середньої окружності.

Оскільки корм нестискається, то  $\rho = \text{const}$ , тоді перший доданок в правій частині рівності (2.34) після інтегрування дає:

$$\int_{s_1}^{s_2} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial v}{\partial t} ds = -\frac{1}{\rho} \int_{s_1}^{s_2} \frac{\partial z}{\partial t} ds = \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1) = 0,$$

$p_1$  - тиск повітря на верхній вільній поверхні корму, рівний атмосферному;  $p_2$  - тиск на кромці отвору розтруба, також рівний атмосферному.

Тому  $p_2 - p_1 = 0$ .

Інтегруємо інші складові рівності (2.34).

$$\int_{s_1}^{s_2} g \cos \Theta ds = \int_{s_1}^{s_2} g \cos \Theta \cdot r_{cp} \cdot d\Theta = g (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1) \cdot r_{cp},$$

$$\int_{s_1}^{s_2} f \frac{v^2}{r_{cp}} \Theta ds = f \frac{v^2}{r_{cp}} L,$$

$$\int_{s_1}^{s_2} fg \sin \Theta ds = \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} fg \sin \Theta ds \cdot r_{cp} \cdot d\Theta = fgr_{cp} \cdot (\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1).$$

Тоді після поділу на  $L$  отримуємо:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{gr_{cp}}{L} (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1) - \frac{f}{r_{cp}} v^2 + \frac{fgr_{cp}}{L} (\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1).$$

Будемо вважати, що щільність корму при русі не зміниться, то вільна поверхня корму у верхній частині дозатора має таку ж швидкість, як і в інших шарах.

Тому  $v = r_{cp} \dot{\Theta}_1$ ;  $\frac{\partial v}{\partial t} = r_{cp} \ddot{\Theta}_1$  і остаточно отримуємо диференціальне рівняння, що описує рух сухого корму

$$\ddot{\Theta}_1 = \frac{g (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{r_{cp} (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)} - f \ddot{\Theta}_1 + \frac{fg (\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1)}{r_{cp} (\Theta_2 - \Theta_1)}. \quad (2.34)$$

Це рівняння необхідне чисельно інтегрувати при початкових даних: при  $t = 0$   $\Theta_1 = \Theta_{1ноч}$  і  $\dot{\Theta}_1 = 0$  (в початковий момент часу вільна поверхня корму займає положення, відповідне куту  $\Theta_1 = \Theta_{1ноч}$  і в початковий момент при відкритті заслінки корм спочивав  $\dot{\Theta}_1 = 0$ ). Тоді будуть знайдені залежності  $\Theta_1 = \Theta_1(t)$  і  $\dot{\Theta}_1 = \dot{\Theta}_1(t)$  в табличному вигляді. Умовою остаточно інтегрування є виконання рівності  $\Theta_1 = \Theta_2$  (поверхня корму досягає краю вивантажувального отвору).

Нехай корм вологий, тоді для опису руху корму скористаємося диференціальним рівнянням несталого руху потоку [33]

$$\alpha_0 \left( \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{p}{\gamma} - y(s) \right) + i_f = 0, \quad (2.35)$$

де  $\alpha_0$  - коефіцієнт нерівномірності профілю швидкості в перерізі потоку (вважаємо  $\alpha_0 = 1$ );  $\gamma = \rho g$  - питома вага корму;  $y(s)$  - ордината частки корму (в нашому випадку  $y(s) = r_{cp} \sin \Theta$ )

$$i_f = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{\chi}{\omega}, \quad (2.36)$$

де  $\tau$  – напруга тертя;  $\chi$  – змочений периметр (в нашому випадку  $\chi = 2(a + b)$  – периметр прямокутника зі сторонами  $a$  і  $b$ )

Вважаємо корм нестиснутим, тоді  $\partial v / ds = 0$ ,  $\rho = \text{const}$ . Помноживши (2.35) на  $g$ , одержимо диференціальне рівняння ( $\alpha_0 = 1$ )

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} - g \cos \Theta + gi_f = 0, \quad (2.37)$$

яке аналогічне диференціальному рівнянню (2.35) для сухого корму і відрізняється від нього складовою  $gi_f$ , що враховує закон тертя, замість двох останніх доданків в (2.34).

Приймаємо закон опору руху корму, як для ламінарного усталеного потоку в трубі прямокутного поперечного перерізу [33]

$$\Delta p = \lambda_c \frac{\Delta s}{a} \frac{\rho v^2}{2}, \quad (2.38)$$

де  $\Delta p$  – перепад тиску;  $\lambda_c$  – коефіцієнт опору.

Для труби прямокутного перерізу [33]

$$\lambda_c = \frac{128}{\text{Re}} \frac{1}{f(b/a)},$$

де  $\text{Re} = \frac{v \cdot a}{\nu}$  – число Рейнольдса;  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості;  $f(b/a)$  – відома функція [33].

Оскільки при сталому потоці в трубі постійного перерізу перепад тиску врівноважується силами тертя, то

$$\Delta p \omega \approx \tau \chi \Delta s. \quad (2.39)$$

Тоді з (2.36), (2.38) і (2.39) знаходимо

$$i_f = \frac{k\nu}{g} = \frac{k}{g} = r_{cp} \mathfrak{E}_1,$$

де  $k = \frac{128\nu}{f\left(\frac{b}{a}\right)2a^2}$ .

Рівняння (2.37) набирає вигляду

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} - \cos \Theta + kr_{cp} \mathfrak{E}_1 = 0.$$

Інтегруючи це рівняння при фіксованому  $t$  по змінній  $s$  від  $s_1$  до  $s_2$  і

враховуючи, що  $P_1 = P_2$  аналогічно, як для рівняння (2.34), отримаємо

$$L \frac{\partial v}{\partial t} - gr_{cp} (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1) + kr_{cp} L \dot{\Theta}_1 = 0.$$

Оскільки  $v = r_{cp} \dot{\Theta}_1$ ,  $L = r_{cp}(\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)$ , то остаточно отримаємо диференціальне рівняння, що описує рух вологого корму

$$\dot{\Theta}_1 = \frac{g (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{r_{cp} (\Theta_2 - \Theta_1)} - k \dot{\Theta}_1. \quad (2.40)$$

Рівняння (2.40) необхідно чисельно інтегрувати при початкових умовах:

$$\Theta_1 = \Theta_{1ноч}, \quad \dot{\Theta}_1 = 0 \text{ при } t = 0.$$

Аналіз показує, що частина корму залишається в дозаторах до моменту закриття заслінки. Це призводить до нерівномірності видачі.

Тому вивантажувальне вікно  $AB$  має розташовуватися так, щоб точка падіння частки корму потрапляла на лівий край заслінки (рис. 2.8), тобто

$$\Theta_1 \approx \Theta_{1ноч}. \quad (2.41)$$

Таким чином, необхідно визначити положення вікна  $AB$  (кут  $\Theta_a$ ), щоб виконати умови (2.41).

Алгоритм розрахунку кута  $\Theta_a$ .

Задаємо орієнтовне значення  $\Theta_a = 60^\circ$ .

Підраховуємо:

– декартові координати

$$\begin{cases} x_A = r_{кож} \cos \Theta_a \\ y_A = r_{кож} \sin \Theta_a \end{cases}, \quad (2.42)$$

– початкова швидкість частинки корму

$$v_a = r_{кож} \cdot \omega_l, \quad (2.43)$$

– проекції початкової швидкості

$$\begin{cases} V_{AY} = -V_A \sin \Theta_a \\ V_{AX} = V_A \cos \Theta_a \end{cases}, \quad (2.44)$$

– рівняння руху частинки корму

$$\begin{cases} x = -V_A t \sin \Theta_a \\ y = V_A t \cos \Theta_a + \frac{gt^2}{2} \end{cases}. \quad (2.44)$$

– рівняння поверхні заслінки

$$x_2 + y_2 = r_{распр}^2 \quad (2.46)$$

У момент удару частинки по заслінці  $x_2 + y_2 = r_{распр}$ . Тому з таблиці бачимо, що час польоту  $t_e \approx 0,035$  с.

Тоді знаходимо приблизно координати точки  $E$

$$\begin{cases} x_E = -V_A t_E \sin \Theta_a \\ y_E = V_A t_E \cos \Theta_a + \frac{g t_E^2}{2} \end{cases} \quad (2.47)$$

Знаходимо кут  $\Theta_E$ , що відповідає точці падіння

$$\Theta_E = \arctg \frac{y_E}{x_E} \quad (2.48)$$

Перевіряємо умову:  $\Theta_E \approx \Theta_c$ ,  $\Theta_E > \Theta_c$  і коригуємо кут  $\Theta_A$ .

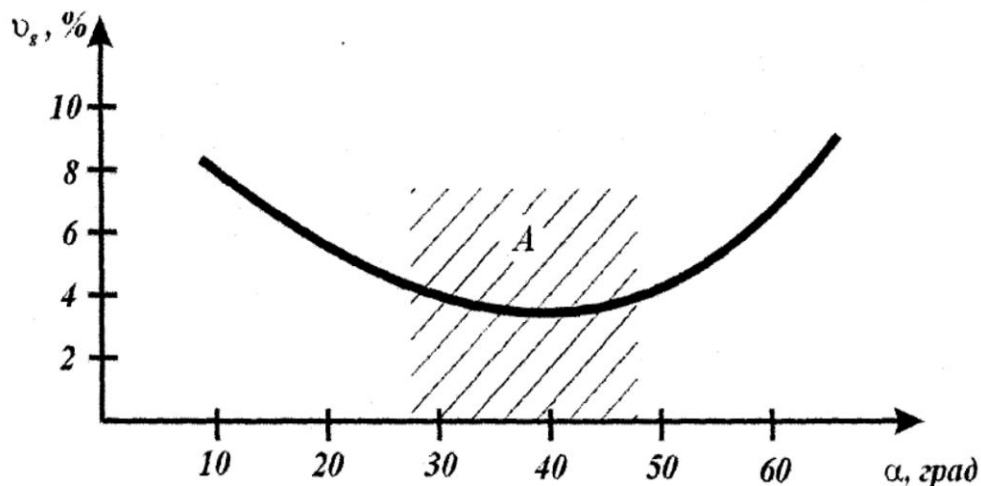


Рисунок 2.9 – Залежність нерівномірності видачі порції корму від встановлення завантажувального вікна

Таким чином, виходячи з рівняння (2.46) і враховуючи (2.44) можна побудувати залежність кута встановлення завантажувального вікна від нерівномірності видачі корму з умови  $v_g = \frac{|q_n - q_\phi|}{q_n} \cdot 100\%$  (рис. 2.9). Очевидно, що зона графіка найбільше задовольняє вимогам по нерівномірності видачі корму свиноматкам.

## 2.3 Висновки з розділу

1. Поетапні теоретичні дослідження запропонованого кормороздавача дозволили отримати аналітичні вирази (2.8) і (2.9), для визначення кінематичного параметра зблокованих і автономних дозаторів, що забезпечує технологічний процес роботи, формули (2.19)–(2.21) для визначення дискретної величини подачі корму в годівниці роздавальником, які працюють за різними схемами, аналіз яких показав доцільність використання зблокованих дозаторів.

2. Доведені переваги застосування вагового способу дозування кормів з кутовим встановленням завантажувального вікна, вирази (2.47) і (2.48), визначена математична модель розвантаження дозаторів у вигляді рівнянь (2.34) і (2.40), що враховує залежність від фізико-механічних властивостей кормів.

## **3 МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА**

### **3.1 Програма чисельного моделювання**

Метою чисельного моделювання є перевірка основних теоретичних положень і висновків, а також визначення ряду залежностей, які не вдалося виявити аналітичним шляхом.

Вихідними даними для розробки програми послужили: завдання досліджень, гіпотеза і її теоретичні розробки, а також загальна програма досліджень. У програму чисельного моделювання входило:

- перевірка достовірності отриманих теоретичних виразів і дослідження окремих залежностей, які аналітично описують процеси формування, доставки і вивантаження норм корму в годівниці свиноматок;
- вивчення впливу різних чинників на якість робочого процесу, його подачу;
- визначення оптимальних конструктивно-режимних параметрів кормороздавача, які забезпечують його високу ефективність і технологічну надійність;
- отримання даних для проектування кормороздавача.

### **3.2 Загальна методика чисельного моделювання**

Побудову фізико-математичної моделі процесу роздачі кормів, який покладено в основу кормороздавача виконаємо з використанням пакету програмного забезпечення Star CCM+ (рис. 3.1). Отримана фізико-математична модель процесу роздачі кормів дозволяє визначити конструктивно-технологічні параметри кормороздавача в залежності від раціону і фізико-механічних властивостей компонентів при оптимальних якісних та кількісних показників процесу.

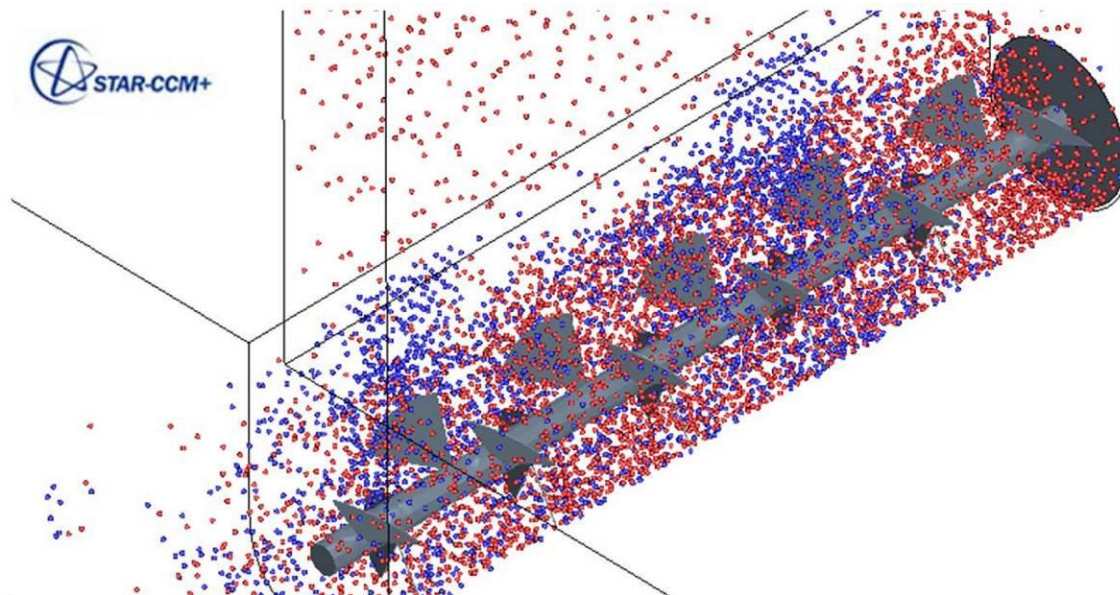


Рисунок 3.1 – 3D-модельовання процесу роздачі кормів кормороздавачем

При проведенні чисельного моделювання враховувалися особливості змінних варійованих факторів і їх кореляція.

Оскільки процеси заповнення дозаторів, доставки сформованих доз корму до годівниць і розвантаження дозаторів мають вирішальний вплив на якісні показники роздавача, то вони вивчалися як ізольовано, так і в сукупності.

В основу методики було покладено вивчення одного досліджуваного фактора на оцінювальні показники роботи кормороздавача при усуненні впливу інших факторів. При цьому для скорочення обсягу робіт передбачалося використання обох дозаторів, що працюють в різних режимах.

За основний критерій оптимізації кормороздавача був прийнятий коефіцієнт варіації як оціночний показник якості робочого процесу роздавання, що характеризує точність видаваних доз кормів.

При обробці і аналізі результатів чисельного моделювання застосовувалися статистичні методи із застосуванням програмного пакету Wolfram Mathematica [36].



### **3.3 Опис моделі, фактори, що визначають технологічний процес і рівні її варіювання**

Чисельне моделювання технологічного процесу індивідуально-дозованої видачі кормів підсосним і порослим свиноматкам проводилися на моделі, схема якої представлена на рис. 3.1.

В основу конструктивно-технологічної схеми кормороздавача (рис. 3.2) запропоновані наступні рішення:

– дозатор, який представляє собою ємність постійного об'єму, розташовану на кінці вивантажувального шнека і встановлену на пружних елементах;

– пристрій для оперативної зміни доз кормів, являє собою копір встановлений на перегородці станків, на певній висоті перед годівницею тварин, і взаємодіє з кінцевим вимикачем приводу вивантажувального шнека, на корпусі дозатора, який при заданій нормі видачі корму взаємодіє з упором встановленим на кожусі вивантажувального шнека;

– положення вивантажувального вікна шнека може змінюватися в залежності від виду корму, його консистенції і вологості, що запобігає мимовільному витіканню кормового продукту з вивантажувального шнека в дозатор;

– використаний спосіб примусового вивантаження корму з вагового дозатора, шляхом взаємодії корму і телескопічного чистика має можливість подовжуватися за допомогою пружини всередині його корпусу взаємодіючої зі скребком.

Конструктивно-технологічна схема кормороздавача (рис. 3.2) розроблена на основі промислового кормороздавача РС-5А і представляє собою самохідний електрифікований візок 1, встановлений на рейковий шлях з можливістю переміщатися уздовж кормового проходу, бункера 2 з мішалкою 3. Бункер в нижній своїй частині має два вивантажувальних патрубків 4, з'єднаних з кожухами 5 вивантажувальних шнеків 6 прогумованими вивантажувальними патрубками. У кожусі роздавальних шнеків в верхній частині є вивантажувальне вікно 7, в зоні

якого на валу вивантажувального шнека закріплені лопатки 8, а кожух охоплений напрямним розтрубом 9 і вивантажувальним вікном 11 (рис. 3.3).

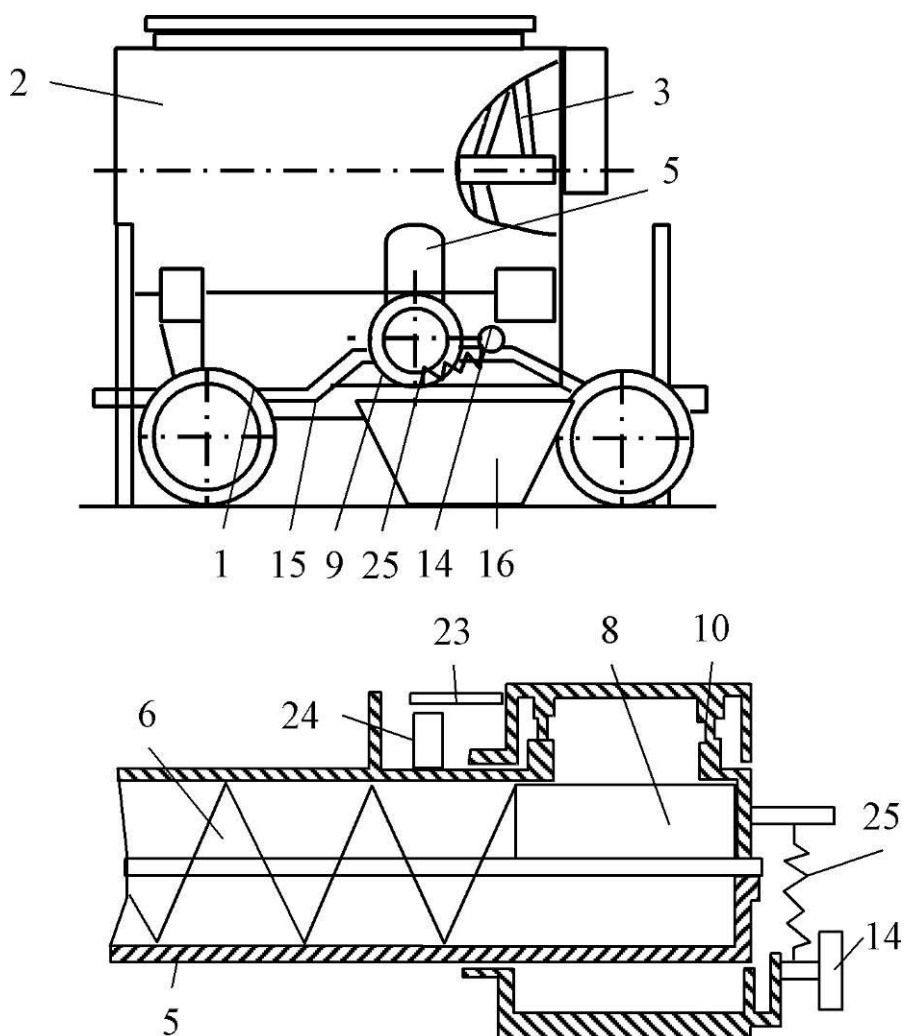


Рисунок 3.2 – Роздавач кормів обмеженої мобільності з ваговим дозатором

Направляючий розтруб встановлений на чотирьох пружних елементах 10. Всередині розтруба в зоні вивантажувального вікна 11 концентрично відносно кожуха розташована заслінка 12 з можливістю кутового переміщення в розтрубі за рахунок важеля з роликом 14, що взаємодіє з копиром 15 на годівниці 16. У зоні вивантажувального вікна встановлено телескопічний чистик 13, який має можливість подовжуватися за допомогою пружини встановленої всередині корпусу чистика, для повного вивантаження порції корму з вагового дозатора примусовим шляхом.

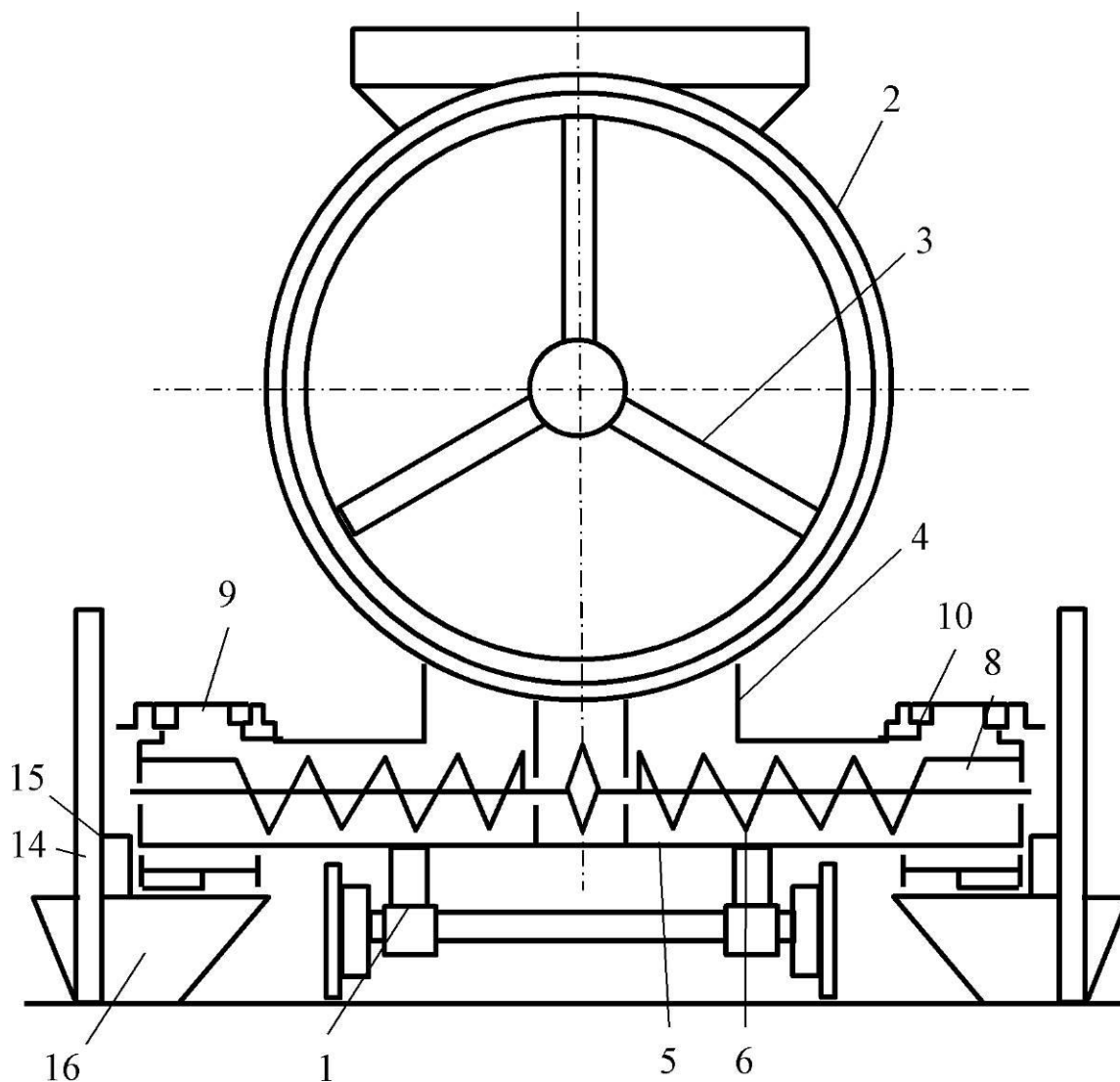


Рисунок 3.3 – Роздавач кормів обмеженої мобільності з ваговим дозатором

Кормороздавач може забезпечуватися як автономними, так і зблокованими дозаторами.

Перед роздачею (на практиці перед черговим зооветеринарним оглядом тварин, коли призначається або уточнюється доза раціону) копії по шкалі або за шаблоном встановлюються на висоту, відповідній заданій індивідуальній нормі видачі корму тварині, після чого кормороздавач переміщається по рейковому шляху вздовж годівниць 16.

Роздавач кормів працює наступним чином: компоненти корму, обраного раціону, завантажуються в бункер 2 і перемішуються мішалкою 3, до однорідної по консистенції і вологості кормосуміші. Надалі мішалку 3 не вимикають до закінчення роздавання для уникнення накопичення у вивантажувальних

патрубках 4 і розшарування кормової суміші по фракціям.

Після цього включаються вивантажувальні шнеки 6 і роздавач кормів в ручному або автоматичному режимі переміщається до місця роздавання.

Корм 22 з бункера 2 через вивантажувальні патрубки 4 подається шнеком 6 і лопатками 8 через відкриті вивантажувальні вікна 7 кожуха 5 всередину розтрубів 9 і заповнює простір охоплений заслінкою, яка закриває вивантажувальне вікно. Причому положення вивантажувальних вікон 7 кожухів 5 можна регулювати від 0 до 180° по відношенню до лінії вивантаження, що дозволяє поліпшити роботу кормороздавача на кормових сумішах різних за складом і вологості. Положення вивантажувальних вікон 7 зменшує нерівномірність виданих доз корму, який потрапив у вагові дозатори, тому що виключається мимовільне витікання кормосуміші під дією сил гравітації.

Під дією кормів, які потрапили всередину розтрубів 9, розтруб 9 із заслінкою 12 і кормом 22 переміщається вниз стискаючи таровані пружини елементів вагового дозування і при досягненні заданої вагової норми корму упор 23 на зовнішній поверхні розтруба 9 взаємодіє з кінцевим вимикачем 24 приводу шнека, при цьому відключаючи подачу кормів.

В той момент, коли вивантажувальний шнек 6 проходить годівницю 16, ролик 14 заслінки накочується на копір 15 і повертає заслінку відносно розтруба 9 (рис. 3.3) вимикаючи при цьому другий кінцевий вимикач приводу шнека. При цьому вивантажувальне вікно на розтрубі 9 відкривається і корм під дією сил тяжіння і чистика 13 вивантажується в годівницю 16, після чого при подальшому переміщенні роздавача ролик 14 сходить з копіра 15 і заслінка під дією пружини 25 повертається проти годинникової стрілки і займає початкове положення включаючи привід шнеків, а розтруб 9 із заслінкою звільнившись від корму під дією пружин займає свою попередню позицію і кінцевий вимикач звільняючись від упору включає завантажувальний шнек. При подальшому переміщенні кормороздавача копирі встановлені на перегородці станків взаємодіють з кінцевими вимикачами приводу завантажувального шнека встановлюючи нову норму видачі порції корму, змінюючи зазор між кінцевим вимикачем і упором.

Надалі описані вище процеси повторюються.

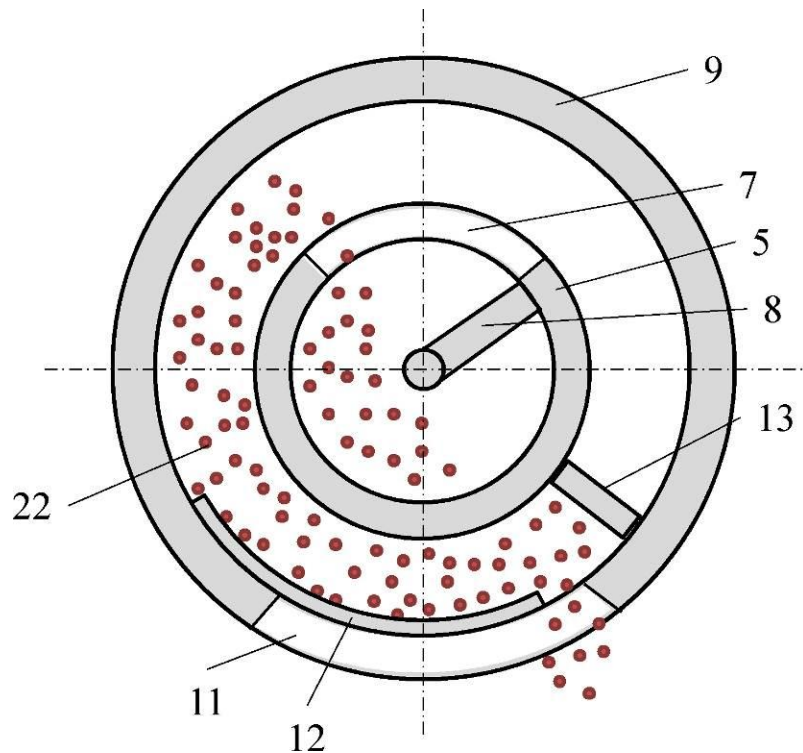


Рисунок 3.4 – Ваговий дозувальний пристрій

При роздаванні іншого виду кормів регулюється висота упору на кожусі завантажувального шнека відносно кінцевого вимикача, тим самим забезпечується зміна норми видачі корму одночасно на всі годівниці.

У разі необхідності роздавання корму на одну сторону шибером (на схемі не показаний) перекривають відповідний вивантажувальний патрубок, при цьому біля станків, де відсутні тварини, знімають копір приводу вивантажувальної заслінки вагового дозатора.

З досліджуваної інформації та проведених пошукових серій дослідів чисельного моделювання встановлено, що найбільш значимими факторами, що впливають на оціночні показники технологічного процесу є наступні керовані параметри кормороздавача: час знаходження дозаторів під завантаженням  $t_3$ , швидкість переміщення кормороздавача  $V_k$ , зазор між кінцевим вимикачем приводу вивантажувального шнека і упором, розташування завантажувального вікна кожуха шнека відносно вертикальної осі, частоти обертання

завантажувального шнека.

Час перебування дозаторів під завантаженням  $t_3$  від 1,0 до 6,0 міг змінюватися варіюванням відстані між годівницями, частоти обертання завантажувального шнека.

Швидкість переміщення кормороздавача  $V_k$  варіювалася від 0,31 до 0,54 м/с.

Зазор між кінцевим вимикачем приводу вивантажувального шнека і упором регулювався, в результаті чого змінювалася подача кормів в годівниці від 0 до 8,2 кг.

Розташування вивантажувального вікна кожуха шнека змінювалося в межах від 0 до 180° шляхом повороту частини кожуха з вивантажувальним вікном відносно нерухомої частини кожуха вивантажувального шнека.

Для дослідження робочого процесу нормованого роздавання кормів планувалася заключна серія дослідів чисельного моделювання, що передбачає визначення оптимальних параметрів і виявлення максимальних технологічних можливостей роздавача, а також отримання необхідних даних для побудови номограми для подальшого налаштування кормороздавача на необхідну норму видачі.

Отримано залежності нерівномірності роздавання кормів і питомих енерговитрат процесу від масової подачі корму в дозатори.

Після проходження роздавачем заданої кількості годівниць (10 шт.) фіксували висоту корму в бункері. Досліди продовжували до повного розвантаження бункера.

Нерівномірність роздавання корму оцінювалася коефіцієнтом варіації  $\nu$ , який визначався за загальновідомою методикою.

Для проведення дослідів по всій довжині кормового проходу годівниці позначалися і нумерувались. При цьому знімалися дані по кормовій масі з десяти не поруч стоячих годівниць.

За результатами вимірів визначали середню величину маси корму в одній годівниці:

$$g_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k g_i}{k}, \quad (3.1)$$

де  $g_i$  - величина маси корму в  $i$  годівницях, кг;  $k$  - кількість годівниць.

Далі визначали середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (g_i - g_{cp})^2}{k-1}}, \quad (3.2)$$

Досліди проводилися з триразовою повторністю. З дослідями по визначенню коефіцієнта варіації поєднували досліди з визначення втрат корму при роздаванні в годівниці.

Коефіцієнт варіації визначали зі співвідношення

$$v = \frac{\sigma}{g_{cp}}. \quad (3.3)$$

Втрати корму визначали зі співвідношення:

$$П = \frac{m_6}{m_p}. \quad (3.4)$$

де  $m_6$  – маса зворотних втрат, кг;  $m_p$  – маса розданого корму, кг.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА

### 4.1 Залежність нерівномірності видачі кормів від їх рівня в бункері кормороздавача

Дослідження по отриманню оціночних показників впливу рівня корму в бункері роздавача кормів на нерівномірність його видачі проводилися з метою визначення технологічної надійності дозувального пристрою при визначенні коефіцієнта запасу корму, що завантажується в бункер роздавача кормів.

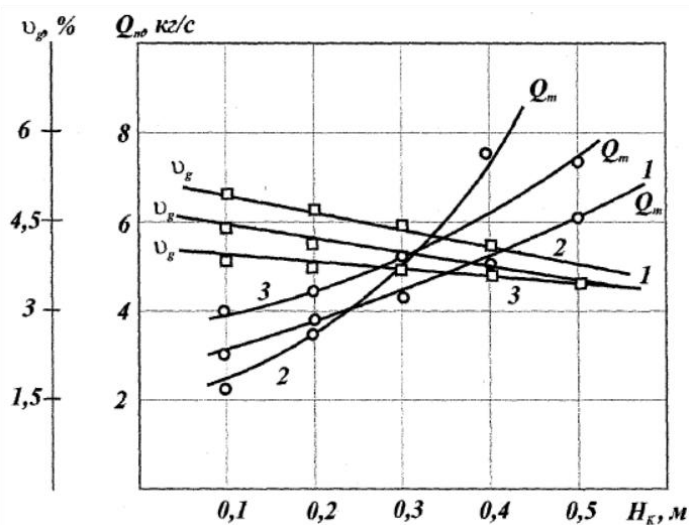
Досліди проводилися на моделях гранулах, розсипних комбікормах і кормосумішах з комбінованого корму 60 % і зеленої маси 40 %. Фізико-механічні властивості названих кормів, які задавалися в програмний пакет Star CCM+ представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-механічні властивості кормів, які задавалися в програмний пакет Star CCM+

Показники	Вид корму			
	гранули	розсипний корм	вологий корм	зелена маса
Щільність, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	579	550	690	237
Вологість, $W$ , %	8,2	12,6	55,6	70,5
Кут природнього нахилу, $\alpha$ , °	44	48	72	56
Середній розмір частин, $L_{cp}$ , мм	-	1,15	-	32,5
Коефіцієнт тертя:				
споккою, $f_c$				
по сталі	0,5	0,54	0,82	0,89
по гумі	0,6	0,68	0,93	0,96
руху, $f_p$				
по сталі	0,42	0,41	0,62	0,65
по гумі	0,46	0,48	0,68	0,69
внутрішнього тертя, $f_e$	0,83	0,82	0,72	0,85
Напруга зсуву, кПа	0,49	0,52	0,44	0,63
Опір зсуву	1,02	0,92	0,90	0,87

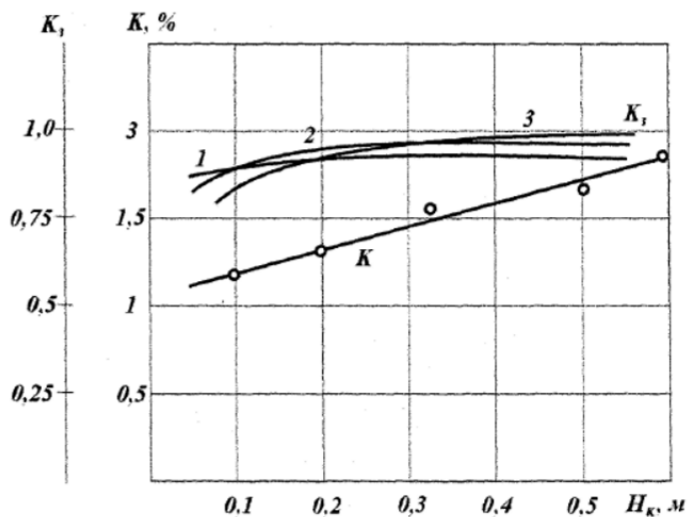


Результати досліджень представлені графічними залежностями на рисунках 4.1, рис. 4.2.



1, 2, 3 – під час видачі вологої кормосуміші  $W = 50 - 60\%$ ,  $W = 60 - 65\%$ ,  $W = 65 - 75\%$ , при встановлюванні завантажувального вікна при  $\alpha = 30^\circ$   
 Рисунок 4.1 – Залежності нерівномірності видачі корму від його рівня в бункері

Нерівномірність видачі корму оцінювалася коефіцієнтом варіації  $v_g$ , %.



1, 2, 3 – відповідно розсипний комбікорм, гранули та суміш комбікорму і зеленої маси  
 Рисунок 4.2 – Залежності коефіцієнта завантаження  $k_2$  кормів в дозаторі і кришимості гранул  $k$ , від рівня корму в бункері

Аналіз залежності  $Q_m = F(H_k)$ , представленої кривими на рисунку 4.1, свідчить про те, що зі збільшенням рівня кормової суміші в бункері від 0,1 до 0,5 м відбувається різке збільшення подачі  $Q_m$ , оскільки збільшується кількість корму в бункері, а отже кількість корму у вивантажувальному вікні.

Дослідженнями встановлено, що зі зменшенням рівня корму в бункері від 0,6 до 0,1 м нерівномірності видавання суттєво не збільшується, хоча з графіка видно, що при рівні корму в бункері до 0,2 м нерівномірності видавання більше, отже необхідно враховувати коефіцієнт завантаження і його бажано збільшувати до  $k_3 = 1,1$ .

При проведенні досліджень на вологих кормових сумішах коефіцієнт варіації  $v_g$ , що характеризує нерівномірність видачі кормів, не перевищував величин допустимих зоотехнічними вимогами, до повного спорожнення бункера.

Таким чином, чисельне моделювання показало, що запропонований роздавач кормів забезпечує дозовану видачу сипучих і вологих кормів до повного спорожнення бункера, що дозволяє здійснювати завантаження роздавача з коефіцієнтом запасу корму  $k_3 = 1,00$ . Завантаження роздавача сухим комбікормом і гранулами проводиться з урахуванням коефіцієнта  $k_3 = 1,10...1,15$ .

#### **4.2 Залежність оціночних показників кормороздавача від положення завантажувального вікна подавального шнека**

Ефективність підвищення технологічних характеристик дозованої видачі різних видів кормів свиноматкам, з використанням запропонованого вагового дозатора багато в чому визначається положенням завантажувального вікна розтруба, що дає можливість підвищити точність дозування, оскільки не відбувається мимовільної подачі корму після відключення подавального шнека. У зв'язку з чим, в першу чергу необхідно було вивчити вплив кута встановлення завантажувального вікна розтруба подавального шнека на оціночні показники роздавача: масову подачу кормів в дозатори  $Q_m$ , питому потужність  $P_{уд}$ ,

нерівномірність (стабільність) видачі доз кормів, оцінювану коефіцієнтом варіації  $\nu_g$ .

Досліди проводилися на трьох основних видах кормів: вологої кормосуміші, гранульованому і розсипному комбікормах. Фізико-механічні властивості названих кормів, які задавалися в програмний пакет Star CCM+, представлені в таблиці 4.1.

При проведенні моделювання рівень корму в бункері  $H_k = 0,3$  м і підтримувався постійним впродовж усіх дослідів. Випуск кормового продукту з бункера здійснювався через вивантажувальний патрубок з внутрішнім діаметром  $D = 0,2$  м. Величина порції (масової дози) корму  $q$ , що подається в дозатор, до моменту відключення подавального шнека, встановлювався в розмірі 4,1 кг.

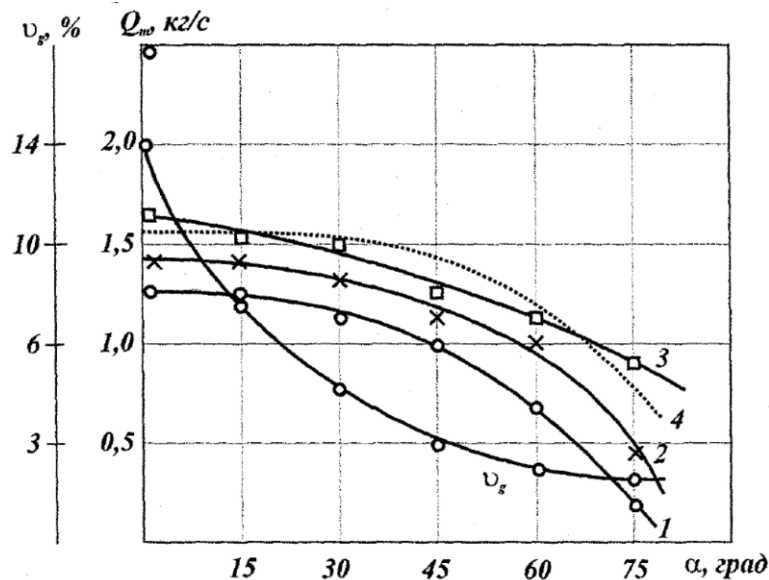
Положення завантажувального вікна розтруба відносно дозатора варіювалося від 0 до 180°, з різницею в 5°.

Результати чисельного моделювання по вивченню впливу на оціночні показники дозованої видачі кормів, від кута встановлення завантажувального вікна розтруба представлені графічними залежностями на рисунку 4.3.

Досліди, проведені на різних видах кормів, показують, що від кута встановлення завантажувального вікна розтруба подавального шнека багато в чому залежить подача кормів  $Q_m$  в дозатори, причому величина подачі зменшується на 40-55%. При цьому залежності від подачі різних кормів в дозатори від кута встановлення завантажувального вікна розтруба подавального шнека носять не лінійний характер. Так при куті встановлення 0-30° відбувається незначне зменшення подачі кормів  $Q_m$  в межах 5-7%, при 30-60° в межах 7-10%, то при куті встановлення більше 60° подача кормів  $Q_m$  стрімко зменшується в середньому на 2% на кожен градус повороту кожуха шнека.

Необхідно відзначити, що максимум функцій  $Q_m = f(\alpha)$  для різних кормів припадає на різне значення кута повороту вивантажувального вікна кожуха подавального шнека, що пояснюється відмінністю фізико-механічних властивостей кормових продуктів. Графік залежності подачі кормів в дозатори  $Q_m$  від кута встановлення завантажувального вікна розтруба подавального шнека

показує неефективність застосування кута повороту більше  $40^\circ$ , оскільки подальше зменшення подачі кормів  $Q_m$  в дозатор призведе до порушення технологічного процесу завантаження дозатора за певний проміжок часу.



1 – розсипний комбікорм; 2 – гранули; 3 – волога кормосуміш ( $W = 65\%$ );

4 – теоретична залежність  $Q_m = f(\alpha)$

Рисунок 4.3 – Залежність подачі  $Q_m$  кормів в дозатори від кута встановлення завантажувального вікна  $\alpha$ , при  $H_k = 0,3$  м

Отримані залежності відповідають розрахунковим формулам, отриманих в теоретичній частині (2.17), (2.19), (2.20), (2.21).

Значне зменшення подачі  $Q_m$  при кутах встановлення завантажувального вікна розтруба більше  $40^\circ$  пояснюється тим, що при досягненні мінімального значення коефіцієнтів внутрішнього і зовнішнього тертя корму, настає момент протитоку кормів напрямку руху вивантажувального шнека. Крім того, продовжують рости горизонтальні складові швидкостей окремих частин, в результаті чого зменшуються вертикальні складові, що в сукупності з явищем протитоку призводять до зменшення величини подачі  $Q_m$ .

Так при значенні кута встановлення завантажувального вікна розтруба вивантажувального шнека від  $0$  до  $30^\circ$  коефіцієнт варіації зменшується з  $12,8\%$  до

4,2%, від 30 до 60° від 4,2% до 2,9%. Подальше збільшення кута повороту завантажувального вікна розтруба вивантажувального шнека від 60 до 180° не має суттєвого впливу на коефіцієнт варіації і його зміна знаходиться в межах 0,8...1%, але знижується величина подачі продукту у ваговий дозатор, що призводить до порушення технологічного процесу за часом завантаження.

Характер зміни залежності коефіцієнта варіації  $v_g = f(\alpha)$  пояснюється тими ж причинами, що і для залежності  $Q_m = f(\alpha)$ .

### **4.3 Залежність оціночних показників кормороздавача від частоти обертання завантажувального шнека**

Розглядати ефективність технологічних характеристик запропонованого вагового дозатора без вивчення впливу частоти обертання завантажувального шнека неможливо. У зв'язку з чим вивчався вплив частоти обертання завантажувального шнека на оціночні показники роздавача, подачу кормів в дозатори питому потужність  $P_{уд}$ , нерівномірність доз кормів  $v_g$ , оцінювану коефіцієнтом варіації.

Досліди проводилися на трьох основних видах кормів, вологої кормової суміші, гранульованому і розсипному комбікормі. Фізико-механічні властивості названих кормів які задавалися в програмний пакет Star CCM+, представлені в таблиці 4.1.

При проведенні дослідів рівень корму в бункері кормороздавача підтримувався постійним протягом усіх дослідів  $H_k = 0,3$  м. Випуск кормового продукту з бункера здійснювався через вивантажувальний патрубок з внутрішнім діаметром  $D = 0,2$  м. Коефіцієнт варіації визначався для середньої величини дози  $q$ , що відповідає середній масовій величині порції 4,1 кг.

Результати досліджень по вивченню впливу на оціночні показники дозованої видачі кормів, частоти обертання завантажувального шнека, представлені графічними залежностями на рис. 4.4-4.10.

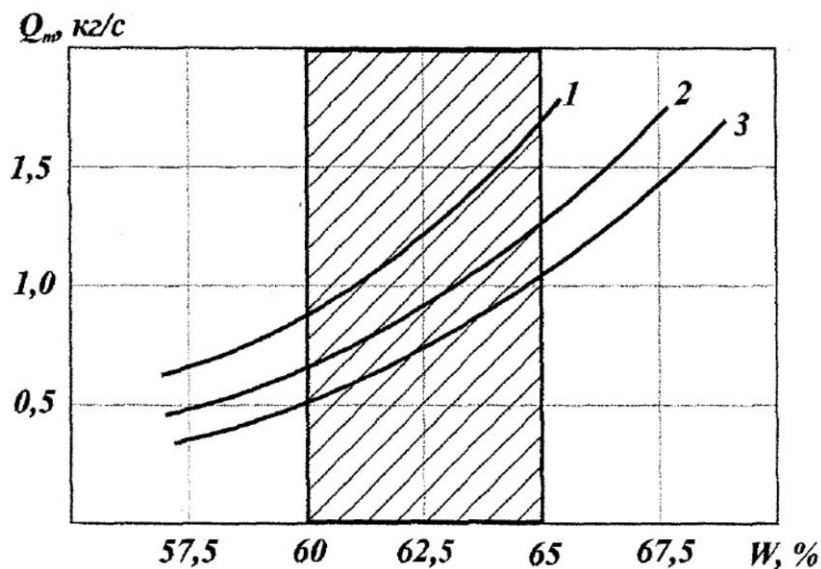


Рисунок 4.4 – Залежність подачі кормів в дозатори від вологості кормосумішей (1 – волога мішанка, 2 – розсипний комбікорм, 3 – гранули), при  $H_k = 0,3$  м,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\omega = 2,0$  с<sup>-1</sup>.

Досліди, проведені на різних кормах показують, що зміна частоти обертання завантажувального шнека суттєво впливає на подачу кормів в дозатори  $Q_m$ . Збільшення частоти обертання завантажувального шнека до певного моменту підвищує подачу кормів в дозатори, а потім відбувається різкий спад, обумовлений кутовим встановленням завантажувального вікна, поява факту протитоку корму, особливо на вологих мішанках.

Причому максимум функції приблизно однаковий для різних видів кормів. Питома енергоємність  $P_{y0}$  зростає, що пояснюється збільшенням навантаження на робочий орган.

Досліди показали, що необхідний діапазон регулювання частоти обертання завантажувального шнека невеликий і знаходиться в межах від 2 до 3 оборотів в секунду, при цьому величина подачі кормів  $Q_m$  максимальна, а питома енергоємність  $P_{y0}$  не суттєво перевищує початкові параметри.

З ростом частоти обертання подавального шнека коефіцієнт варіації зменшується, а після певного значення збільшується. Зменшення коефіцієнта варіації пов'язане зі встановленням оптимального числа обертів подавального шнека, коли величина подачі з одиницю часу стабілізується, за рахунок сталості

потоків корму. Зі збільшенням числа оборотів подавального шнека відбувається перерозподіл потоків, виникає протитечя корму (особливо на вологих кормосумішах), за рахунок цього нерівномірність потоку за одиницю часу підвищує коефіцієнт варіації  $v_g$ .

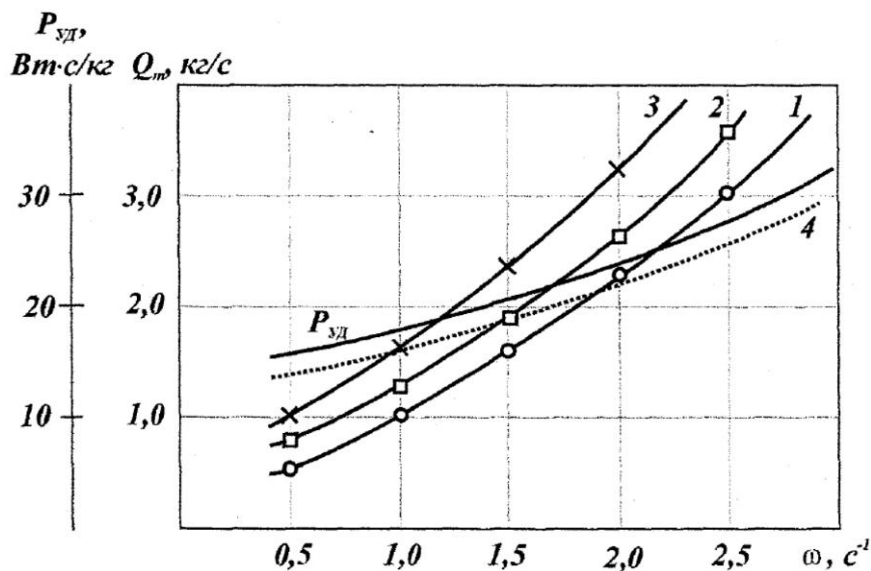


Рисунок 4.5 – Залежності подачі кормів  $Q_m$ , питомих енерговитрат  $P_{уд}$  від частоти обертання подавального шнека, при  $\alpha = 5^\circ$ ,  $H_k = 0,3$  м; 1 – розсипний комбікорм; 2 – гранули; 3 – волога мішанка ( $W = 55,6\%$ ); 4 – теоретична залежність  $P_{уд} = f(\omega)$

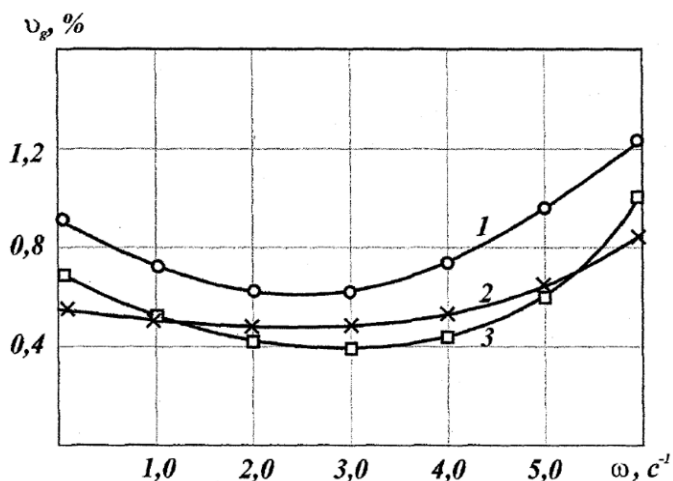


Рисунок 4.6 – Залежність нерівномірності видачі корму від числа обертів завантажувального шнека, при  $\alpha = 5^\circ$ ,  $H_k = 0,3$  м; 1 – волога кормосуміш ( $W = 55,6\%$ ); 2 – розсипний комбікорм, 3 – гранули

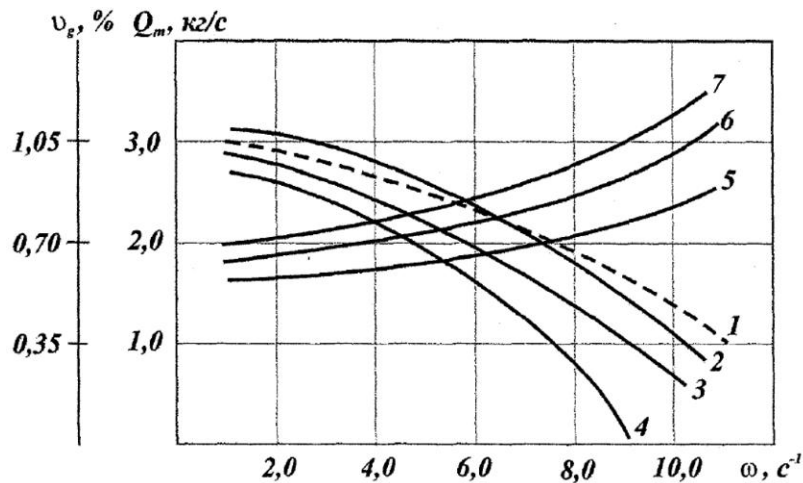


Рисунок 4.7 – Залежність подачі кормів нерівномірності видачі від числа обертів завантажувального шнека, для вологій кормосуміші ( $W = 55,6\%$ ):

1 – теоретична залежність  $Q_m = f(\omega)$ ; 2,3,4 – подача кормів  $Q_m$  кг/с, відповідно при  $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ; 5, 6, 7 – нерівномірність видачі  $u_g, \%$ ; відповідно при  $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$

Виходячи з вище викладеного, можна зробити висновок про недоцільність регулювання частоти обертання завантажувального шнека для різних кормів і оптимальними значеннями частоти обертання будуть величини:

- для кормосумішей  $W = 55,6\%$  – 1-3 рад/с;
- для гранул – 1-4 рад/с;
- розсипного комбікорму – 1-5 рад/с.

Питома енергоємність процесу завантаження при оптимальних значеннях частоти обертання завантажувального шнека не перевищує розрахункових даних.

#### 4.4 Висновки з розділу

1. В результаті чисельного моделювання встановлено, що ваговий дозуючий пристрій забезпечує технологічний процес, при цьому підтвердилися теоретичні передумови про зниження непродуктивних витрат кормів, зниження нерівномірності виданих доз, працездатності вагових автоматичних дозаторів. Так при видачі різних видів кормів коефіцієнт варіації точності дозування знижується



з 12,6% до 2,1%, непродуктивна витрата з 0,5% до 0,07%.

2. В результаті чисельного моделювання встановлено, що кутове розташування завантажувального вікна позитивно впливає на технологічний процес заповнення вагових дозаторів порцією корму, значно знижується мимовільне витікання кормового продукту з завантажувального шнека в дозатор при використанні кормових сумішей вологістю до 65%.

3. Встановлено, що збільшення часу формування доз кормів більше 3-4 не дозволяє використовувати кутове встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше  $30^\circ$ , що призводить до неповного завантаження дозатора порцією корму.

4. Виявлено, що встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше  $30^\circ$  призводить до створення протитоку руху кормової маси, отже збільшення часу завантаження дозатора, порушення технологічного процесу, при використанні кормових сумішей вологістю більше 65%.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Організація охорони праці на свинофермі

«Відповідно до Закону України “Про охорону праці” власник підприємства повинен створити умови праці на робочих місцях, забезпечити безпеку праці технологічних процесів, роботи машин, механізмів, устаткування, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, санітарно-побутові умови такими, що відповідають вимогам нормативних актів про охорону праці».

«На підприємстві повинна бути розроблена система управління охороною праці (СУОП), яка передбачає порядок розробки, затвердження, зміст та скасування 17 нормативних актів підприємства. Організаційна структура СУОП будується у відповідності з організаційною структурою управління виробництвом. В управлінні охороною праці беруть участь керівники всіх рівнів управління підприємством, уповноважені трудового колективу з питань охорони праці, комісія з питань охорони праці, профспілковий комітет».

«Система управління охороною праці повинна у тому числі визначати обов'язки з охорони праці керівників усіх рівнів управління підприємством. Завідуючий свинофермою зобов'язаний:

1) створювати нормальні умови праці без травм і аварій, при цьому суворо дотримуватись вимог діючого законодавства, норм, правил, інструкцій, наказів і розпоряджень з питань охорони праці спеціалістів і посадових осіб;

2) розробляти зміст інструктажів з питань охорони праці, проводити їх, організувати стажування, здійснювати записи до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці;

3) проводити заняття з питань охорони праці з робітниками ферми, готувати і узгоджувати з інженером з охорони праці тематичні плани і програми цих навчань; розробляти перелік робіт з підвищеною небезпекою, для проведення яких потрібні спеціальні навчання і щорічна перевірка знань з охорони праці;

4) брати участь у проведенні атестації і паспортизації санітарно-технічного стану робочих місць, устаткування і виробничого обладнання;

5) слідкувати за своєчасним технічним обслуговуванням, технічним оглядом і випробуванням машин, устаткування і обладнання, організувати їх проведення і вести відповідну технічну документацію;

6) складати перелік необхідних засобів індивідуального захисту, забезпечувати ними працюючих і постійно слідкувати за їх станом та використанням працівниками;

7) слідкувати за станом санітарно-побутових приміщень;

8) постійно здійснювати контроль за станом охорони праці на робочих місцях, визначати та аналізувати виробничі небезпеки і їх можливі наслідки, негайно вживати заходи по їх усуненню, а у випадку неможливості їх усунення терміново передавати інформацію про це інженеру з охорони праці і головному спеціалісту для вжиття термінових заходів;

9) розробляти інструкції з охорони праці для працюючих і подавати їх на узгодження і затвердження у встановленому порядку;

10) складати і затверджувати списки інструкцій з охорони праці, видавати один екземпляр працівникові і по одному примірнику кожної інструкції утримувати в технічній документації ферми;

11) забезпечувати ферму плакатами з охорони праці, куточком з охорони праці, знаками безпеки та іншими засобами;

12) розробляти і затверджувати у встановленому порядку загальнофермську інструкцію про заходи пожежної безпеки;

13) слідкувати за своєчасним проведенням попереднього (при укладанні трудового договору) та періодичних медичних оглядів;

14) готувати проект наказу про організацію безкоштовної видачі молока або інших рівноцінних продуктів працівникам, зайнятим на роботах зі шкідливими умовами праці, про видачу мила працівникам, робота яких пов'язана із забрудненнями».

## 5.2 Забезпечення спецодягом працівників ферми

«Засоби захисту працівників, які застосовуються під час виконання виробничих процесів повинні відповідати вимогам державного стандарту “Средства защиты для работающих. Общие требования и классификация” (ДСТУ 7239:2011) та інших відповідних стандартів.

Вибір конкретного типу засобів захисту працівників повинен здійснюватися з урахуванням вимог безпеки для даного технологічного процесу або виду робіт.

Працівники свиноферми повинні бути забезпечені спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими ЗІЗ. Забезпечення ЗІЗ здійснюється за рахунок роботодавця відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 29.10.96 N 170, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 18.11.96 за N 667/1692 (ДНАОП 0.00-4.26-96).

ЗІЗ повинні мати експлуатаційну документацію виготівника, де вказано призначення, термін використання виробу, правила його експлуатації та зберігання. Роботодавець повинен забезпечити регулярні випробування і перевірку справності ЗІЗ відповідно до встановлених строків, а також своєчасну заміну фільтрів, скла та інших частин, які втратили захисні властивості. Після перевірки ЗІЗ на них повинна бути проставлена відмітка про строки наступних випробувань (ДСТУ 2189-93).

Працівників навчають правилам користування і найпростішим методам перевірки справності ЗІЗ (респіраторів, протигазів, запобіжних поясів, окулярів) та проводять тренування з їх застосування (ДСТУ 2189-93).

Засоби індивідуального захисту повинні зберігатися в індивідуальних шафах у спеціально виділеному сухому та чистому приміщенні, що добре провітрюється. Забороняється зберігати ЗІЗ в одному приміщенні з пестицидами, брати додому, носити після роботи (ДСТУ 2189-93).

Комплект ЗІЗ (спецодяг, спецвзуття, рукавиці, рукавички, захисні окуляри, респіратори або протигази) повинен бути підібраний індивідуально та закріплений за кожним працівником на весь період роботи (ДСТУ 7239:2011, таблиця 5.1)».

Таблиця 5.1 – Комплект засобів індивідуального захисту

Назва професії	Назва ЗІЗ	Строк використання, місяців
Оператор обслуговуванню поголів'я	Фартух бавовняний водовідштовхувальним просоченням	3 12
	Рукавиці комбіновані	6
	Чоботи кирзові	24
	Плащ прогумований	черговий
	Головний убір	6

### 5.3 Дотримання режиму праці та відпочинку

«Тривалість робочого часу працівників свиноферми не повинна перевищувати тривалості, встановленої чинним законодавством. Час початку і закінчення роботи (зміни), початок і закінчення перерви для відпочинку встановлюється Правилами внутрішнього розпорядку підприємства. Графік змінності затверджується роботодавцем за погодженням із профспілкою або з уповноваженою найманими працівниками особою» (НПАОП 01.2-1.10-05. Правила охорони праці у тваринництві).

«На роботах, де це необхідно внаслідок особливого характеру роботи, робочий день, у порядку, передбаченому законодавством, може бути розділений на частини таким чином, щоб загальна тривалість робочого часу не перевищувала встановленої тривалості робочого тижня. Допуск працівників до роботи в нічний час повинен відповідати вимогам Кодексу законів про працю України. Нічним вважається час з 22 до 6 години ранку» (НПАОП 01.2-1.10-05. Правила охорони праці у тваринництві).

«Працівникам, які працюють у холодну пору року на відкритому повітрі або в закритих неопалюваних приміщеннях, повинні надаватися спеціальні перерви для обігріву і відпочинку, які зараховуються до робочого часу. Кількість і тривалість перерв встановлюється роботодавцем за погодженням із профспілкою підприємства

або із уповноваженою найманими працівниками особою» (НПАОП 01.2-1.10-05. Правила охорони праці у тваринництві).

«Роботодавець повинен обладнати приміщення для обігріву і відпочинку працівників або надати засоби для обігріву. Засоби для обігріву надаються на місці роботи або безпосередньо біля нього. Засоби для обігріву повинні бути технічно справними і відповідати вимогам протипожежної безпеки» (НПАОП 01.2-1.10-05. Правила охорони праці у тваринництві).

#### **5.4 Вимоги до виробничого обладнання для роздавання кормів**

«Стационарні кормороздавачі (скребкові, шнекові), розташовані поза зоною видимості працівника, повинні бути обладнані двосторонньою попереджувальною передпусковою (звуковою, світловою) сигналізацією, що автоматично вмикається до включення приводу конвеєра. Конвеєри, що мають довжину понад 15 м, повинні мати аварійні кнопки "Стоп", розташовані не більш ніж через кожні 10 м в легкодоступних й освітлених місцях» (Правила охорони праці у тваринництві. Свинарство. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 6 грудня 2004 р. N 269).

«Конвеєри, які розташовані над проходами, повинні бути огорожені знизу суцільним настилом, що виступає за габарити конвеєра не менше ніж на 1 м. Стрічкові кормороздавачі повинні бути обладнані пристроями для запобігання буксування стрічки. Кормопровід конвеєра (транспортера) не повинен мати прим'ятин, задирок, тріщин» (Правила охорони праці у тваринництві. Свинарство. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 6 грудня 2004 р. N 269).

«Бункер-дозатор повинен бути відрегульований щодо продуктивності конвеєра або транспортера. Не допускається забивання кормом випускних отворів й труб кормопроводу. Зазор між конвеєром (транспортером) й годівницею повинен забезпечувати вільне подавання корму і не допускати розпилення його. Годівниці повинні бути розміщені прямолінійно» (Правила охорони праці у тваринництві).

Свинарство. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 6 грудня 2004 р. N 269).

«Не допускається ослаблення кріплень кормопроводів, бункерів. Кормопроводи, виготовлені у вигляді жолоба, повинні закриватися кришкою. Для очищення робочих органів транспортера від налиплого корму повинні бути передбачені дерев'яні лопатки із подовженою ручкою. При транспортуванні кормів стислим повітрям необхідно дотримуватися таких вимог: компресор, продувальна ємкість та ресивер повинні бути обладнані справними, опломбованими манометрами; продувальна ємкість і ресивер повинні мати справні запобіжні клапани; продувальна ємкість повинна мати справний вентиль для скидання тиску; трубопроводи повинні витримувати тиск не менший вказаного в експлуатаційній документації заводу-виготовлювача. Перед здаванням в експлуатацію трубопроводи підлягають гідравлічному випробуванню» (Правила охорони праці у тваринництві. Свинарство. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 6 грудня 2004 р. N 269).

«Відповідно до вимог державного стандарту "Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности" із змінами в 1987 році(ГОСТ 12.2.016-81) компресори повинні мати справні автоматичні регулятори тиску. Продувальні ємкості не повинні мати тріщин, здутин, підтікання у швах, заклепочних і болтових з'єднаннях. Кришки та люки повинні мати повний комплект кріпильних деталей».

#### 5.4.1 Порядок дій при використанні обладнання розкидача кормів

*«Вимоги щодо охорони праці перед початком роботи.* Перед початком роботи необхідно перевірити придатність до експлуатації та застосування засобів індивідуального захисту, прийняти душ та надіти спецодяг та інші захисні засоби.

Підготувати робоче місце, прибрати сторонні предмети та все, що може перешкоджати безпечному виконанню робіт, звільнити проходи та місця складування.

Ознайомитись зі схемою руху при перевезенні та роздачі кормів.

Перевірити комплектність та справність трактора та кормороздавача. Їхній технічний стан повинен відповідати вимогам інструкції заводу-виробника. Трактор має бути укомплектований набором справного інструменту, пристроїв, аптечкою першої долікарської допомоги, термосом з питною водою.

Перевірити наявність гальмівних черевиків (при роботі на пересіченій місцевості).

Перевірити комплектність та справність причіпного пристрою трактора та кормороздавача. Тягово-зчіпний пристрій кормороздавача повинен мати справну регульовану опору та ресору для утримання дишла у заданому положенні.

Штирі для з'єднання трактора з кормороздавачем повинні відповідати за товщиною отворам у петлях причепа та вилці трактора.

Переконатися у наявності та справності захисного кожуха на телескопічній карданній передачі, страхового ланцюга (троса), що захищають щитків на всіх зовнішніх ланцюгових передачах та на приводі поздовжнього транспортера, шлангів та трубок гідросистеми.

Перевірити справність та роботу ходової частини, кермового керування, гальмівної системи, електрообладнання та сигналізації агрегату.

На кронштейнах трактора встановити оглядові дзеркала так, щоб з робочого місця тракториста можна було спостерігати за роботою поперечного транспортера.

Перевірити роботу кормороздавача на холостому ходу у такій послідовності:

- переконатися у відсутності поблизу агрегату сторонніх осіб та тварин;
- подати звуковий сигнал і включити плавно вал відбору потужності,

поступово збільшувати частоту обертання колінчастого валу двигуна до нормальних обертів.

Виявлені порушення вимог щодо охорони праці мають бути усунені до початку робіт. У разі неможливості виконати порушення робітник зобов'язаний повідомити про недоліки у забезпеченні охорони праці керівнику робіт та до їх усунення до роботи не приступати.



*Вимоги щодо охорони праці під час виконання роботи.* При агрегуванні мобільних кормороздавачів із колісними тракторами встановити колеса на транспортну ширину (1600 мм для МТЗ, 1513 мм для Т-40м).

Проводити агрегування кормороздавача з трактором у наступній послідовності:

- перевірити надійність утримання дишла кормороздавача у потрібному положенні;
- при під'їзді трактора до кормороздавача заднім ходом не допускати знаходження людей між ними;
- під'їжджати трактором до кормороздавача так, щоб збіглися отвори зчіпної петлі дишла кормороздавача та вилки причіпного пристрою трактора;
- при агрегуванні трактора з кормороздавачем за участю причіпника трактор до причіпного пристрою кормороздавача подавати на малій швидкості з напіввключеною муфтою, при цьому уважно стежити за діями причіпника;
- надійно загальмувати трактор після завершення під'їзду до кормороздавача та встановити важіль коробки передач у нейтральне положення;
- суміщення отворів причіпних пристроїв трактора та кормороздавача перевіряти та проводити борідком;
- встановити штир та надійно зафіксувати його;
- при суміщенні отворів та установці штиря перебувати поза зоною можливого падіння дишла кормороздавача;
- встановити страхувальний ланцюг. Переконатися, що зчіпка трактора з кормороздавачем надійна та виключає мимовільне роз'єднання.
- перевірити справність та надійність кріплення захисного кожуха лескопічної карданної передачі, головного гальмівного циліндра у спеціальному гнізді на дишлі кормороздавача, штепсельної вилки у розетку на задній стінці кабіни трактора. З трактором агрегується лише один кормороздавач.

Перед торканням агрегату з місця та вимиканням робочих органів кормороздавача подати попереджувальний сигнал та переконаватися, що поблизу немає сторонніх осіб.

Перевірити роботу гальмівної системи кормороздатчика. При гальмуванні обидва передні колеса повинні одночасно блокуватись.

Під час завантаження кормороздавача дотримуватись таких вимог безпеки:

- виконувати вказівки тракториста-машиніста, який здійснює завантаження кормороздавача;
- не допускати завантаження корму на поперечний транспортер, оскільки це може спричинити забивання вивантажувального вікна кормороздавача;
- не допускати попадання сторонніх предметів до кузова кормороздавача;
- не перевантажувати кормороздавача кормами понад вантажопідйомність, встановлену заводом-виробником.

Перед завантаженням перевірити кормороздавач, щоб у ньому не знаходилися випадково люди чи сторонні предмети. Не допускати завантаження кормороздавача не подрібненим або змерзлим кормом.

Приєднувати телескопічний карданний вал кормороздавача до валу відбору потужності трактора безпосередньо перед вивантаженням кормів.

При в'їзді в тваринницьке приміщення та виїзді з нього переконатися, що ворота повністю відчинені та зафіксовані, на шляху руху агрегату не повинні перебувати люди, тварини та сторонні предмети.

Постійно стежити за справністю гідросистеми та причіпних пристроїв трактора та кормороздавача.

При появі стороннього шуму, стуків, підвищених вібрацій вимкнути вал відбору потужності, заглушити трактор і лише після цього усунути несправність.

Забороняється допускати на своє робоче місце сторонніх осіб, самостійно проводити ремонт обладнання, торкатися струмопровідних частин обладнання, електророзподільних щитів, шаф, арматури загального освітлення».

*Вимоги щодо охорони праці після закінчення роботи.* «Очистити трактор та кормороздавач від бруду, пилу та залишків кормів. Оглянути трактор, кормороздавач та усунути виявлені недоліки. Встановити кормороздавач на місце стоянки, загальмувати його гальмом стоянки і від'єднати від трактора. Телескопічну карданну передачу встановити у транспортне положення. Поставити трактор на місце стоянки,

загальмувати його, вимкнути двигун. Спецодяг зняти, очистити, здати на обслуговування чи зберігання. Виконати вимоги гігієни, прийняти душ».

#### 5.4.2 Дії працівників підприємства у разі виникнення надзвичайної ситуації

«У разі виникнення аварійної ситуації робітник повинен негайно відключити джерело, що викликало аварійну ситуацію, припинити всі роботи, які не пов'язані з ліквідацією аварії.

Вжити заходів щодо запобігання розвитку аварійної ситуації та впливу травмуючих факторів на інших осіб, забезпечити виведення людей із небезпечної зони, якщо є небезпека для їхнього здоров'я та життя.

Повідомити про те, що сталося керівнику робіт.

При пожежі слід викликати підрозділ з надзвичайних ситуацій, повідомити про те, що сталося керівнику робіт, вжити заходів щодо гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння.

У разі нещасного випадку на виробництві необхідно швидко вжити заходів щодо запобігання впливу на потерпілого травмуючих факторів, надання потерпілому першої допомоги, виклику на місце події медичних працівників або доставки потерпілого в організацію охорони здоров'я.

Повідомити про подію керівнику робіт, забезпечити до початку розслідування безпеку обстановки дома події.

У всіх випадках травми чи раптового захворювання необхідно викликати на місце події медичних працівників, за неможливості – доставити потерпілого до найближчої організації охорони здоров'я».

### **5.5 Висновки з розділу**

Проведено аналіз вимог, щодо організації охорони праці на свинофермі. Запропоновано режими праці та відпочинку працівників на свинофермі. Приведені основні вимоги до виробничого обладнання для роздавання кормів на свинофермі.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗДАВАЧА КОРМІВ

### 6.1 Розрахунок економічної ефективності

У даному розділі визначається запланована економічна ефективність застосування удосконаленого кормороздавача. За базовий варіант взято кормороздавач РС-5А.

Технічна характеристика РС-5А:

- вантажопідйомність – 3500 кг.
- місткість бункера – 10 м<sup>3</sup>.
- продуктивність роздачі кормів – 3,4 т/год.
- ціна кормороздавача (колишнього використання) – 92400 грн.

Переваги удосконаленого мобільного кормороздавача в порівнянні із серійним:

- зниження витрат на привод робочих органів за рахунок встановлення електромунфти;
- зниження трудомісткості технічного обслуговування;
- нормоване роздавання кормів у відповідності до зоотехнічних вимог;
- збільшення продуктивності машини.

Річний економічний ефект від застосування кормороздавача визначається за різницею приведених витрат. Оскільки впровадження нової машини не впливає на зміну обсягу робіт, то річний економічний ефект розрахуємо за формулою:

$$E_p = (C_0 + E_n \cdot K_0) - (C_1 + E_n \cdot K_1), \text{ грн.}, \quad (6.1)$$

де  $C_0$  і  $C_1$  – річні витрати на експлуатацію машини за базовим і проектним варіантом, грн.;  $K_0$  і  $K_1$  – капітальні вкладення в техніку за базовим і проектним варіантом, грн.;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ( $E_n = 0,15$ ).

Визначимо повну вартість розробленого розподільного обладнання до мобільного кормороздавача:

$$C_n = C_k + C_{o.d.} + C_{к.в.} + C_з, \text{ грн.} \quad (6.2)$$

де  $C_k$  – вартість виготовлення корпусних деталей, каркасів, грн.;  $C_{o.d.}$  – витрати на виготовлення деталей на металорізальних верстатах та інших оригінальних деталей, грн.;  $C_{к.в.}$  – ціна купованих виробів за прејскурантом, грн.;  $C_3$  – заробітна плата робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.

Вартість виготовлення корпусних деталей визначимо за формулою:

$$C_k = Q_{k1} \cdot C_{к.д.1} + Q_{k2} \cdot C_{к.д.2} + \dots + Q_{kn} \cdot C_{к.д.n}, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

де  $Q_k$  – маса матеріалу, витраченого на виготовлення корпусних деталей (полоса  $20 \times 5$  – 6,4 кг; листова сталь – 19,5 кг);  $C_{кд}$  – вартість 1 кг деталей (кутник Ст-3пс/сп ДСТУ 2251-93 – 17920 грн/т = 17,92 грн/кг; сталь листова Ст-3пс/сп 12Г2С ДСТУ 2251-93 – 16705 грн/т = 16,7 грн/кг).

$$C_k = 6,4 \cdot 17,92 + 19,5 \cdot 16,7 = 440,33 \text{ грн.}$$

Затрати на виготовлення деталей на металорізальних верстатах:

$$C_{o.d.} = C_{np} + C_{мз}, \text{ грн.} \quad (6.4)$$

де  $C_{np}$  – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.;  $C_{мз}$  – вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.

Масу матеріалу заготовки, що вимагає точної обробки, визначаємо за формулою:

$$Q_3 = A \cdot Q_g^n, \text{ кг,} \quad (6.5)$$

де  $Q_3$  – чиста маса деталі, кг;  $A$  і  $n$  – постійні, що залежать від виду матеріалу деталі і способів її виготовлення,  $A = 1,68$ ;  $n = 0,94$ ;

$$Q_3 = 1,68 \cdot 7^{0,94} = 10,46 \text{ кг.}$$

Вартість матеріалу заготовок становить: (вартість прокату гарячекатаного Ст10 ДСТУ 4484:2005 – 11901 грн./т = 11,90 грн./кг).

$$C_{мз} = 10,46 \cdot 11,90 = 124,47 \text{ грн.}$$

Заробітну плату виробничих робітників знаходимо по формулі:

$$C_{np} = t_{\partial} \cdot t_2 \cdot K_{\partial} \cdot K_{\phi o}, \text{ грн.} \quad (6.6)$$

де  $t_{\partial}$  – середня трудомісткість на виготовлення деталей,  $t_{\partial} = 9,3$  люд.-год.;  $t_{20\partial}$  – годинна ставка робочих,  $t_{20\partial} = 24,70$  грн./год;  $K_{\partial}$  – коефіцієнт, який враховує доплати і премії,  $K_{\partial} = 1,15 \dots 1,20$ .

$$C_{np} = 9,3 \cdot 12,35 \cdot 1,15 = 264,16 \text{ грн.}$$

Підставивши значення у формулу (6.4), отримаємо витрати на виготовлення оригінальних деталей:

$$C_{од} = 124,47 + 264,16 = 388,63 \text{ грн.}$$

Основну заробітну плату виробничих робітників, що працюють на складанні машини, розраховуємо за формулою:

$$C_{ск\text{ осн.}} = T_{ск} \cdot t_{год} \cdot K_о, \quad (6.7)$$

де  $T_{ск}$  – нормативна трудомісткість на складання машини, год.;

$$T_{ск} = K_n \cdot \sum t_{ск}, \text{ год.}, \quad (6.8)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує непередбачені роботи, приймаємо  $K_n = 1,1$ ;

$t_{ск}$  – трудомісткість складання основних частин машини:

- монтаж електросхем – 1,1 год.;
- підгонка шпонки до валу – 0,38 год.;
- закручування болтів – 0,37 год.;
- закручування гайок – 0,22 год.;
- установка шайби кільця – 0,38 год.;
- інші роботи – 1,4 год..

$$\sum t_{ск} = 1,1 + 0,38 + 0,37 + 0,22 + 0,38 + 1,4 = 3,85 \text{ год.};$$

$$T_{ск} = 1,1 \cdot 3,85 = 4,23 \text{ год.};$$

$$C_{ск\text{ осн.}} = 4,23 \cdot 24,70 \cdot 1,15 = 120,15 \text{ грн.}$$

Ціна купованих виробів (електромуфта, кріпильні деталі, амперметр, пускова апаратура і т.д.) за прејскурантами складе приблизно  $C_{к.в.} = 2340$  грн.

Підставивши значення у формулу 6.2, визначимо вартість розробленого розподільного обладнання мобільного кормороздавача:

$$C_n = 440,33 + 388,63 + 120,15 + 2340 = 3289,11 \text{ грн.}$$

Балансова вартість кормороздавача колишнього використання становить  $B_б = 92400$  грн., відповідно після встановлення на нього розробленого розподільного обладнання його вартість приймемо  $B_n = 95690$  грн.

Визначимо річні витрати на експлуатацію машини за базовим і проектним варіантом [39]:

$$C = C_{пмм} + Z_n + C_a + C_{то}, \text{ грн.} \quad (6.9)$$

де  $C_{пмм}$  – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн.;  $Z_n$  – заробітна плата працівникам, грн.;  $C_a$  – затрати на амортизацію, грн.;  $C_{то}$  – затрати на ТО, грн..

Для визначення витрати і вартості електроенергії та паливо-мастильних матеріалів потрібно знати час роботи кормороздавача, виходячи з обсягу робіт.

Річний обсяг робіт визначимо, виходячи з добового раціону і кількості днів у році. Добовий обсяг кормосуміші при роздаванні становить 23,6 т/доб. Тоді річний обсяг роботи при роздаванні кормів  $T_p = 8614$  т.

Виходячи з продуктивності кормороздавачів, визначаємо час роботи при роздаванні кормів за рік:

– для базового кормороздавача РС-5А:

$$T_{\sigma} = \frac{8614}{3,4} = 2533 \text{ год.};$$

– для удосконаленого кормороздавача:

$$T_n = \frac{8614}{3,9} = 2208 \text{ год.}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали на роздавання кормів мобільним кормороздавачем визначаємо за формулою:

$$C_{пмм} = T_{\sigma} \cdot G_{мп} \cdot Ц_{пмм}, \text{ грн.} \quad (6.10)$$

де  $G_{мп}$  – витрати палива, кг/год.;

$Ц_{пмм}$  – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./кг,  $Ц_{пмм} = 24,0$  грн./кг;

– для базового кормороздавача РС-5А:

$$C_{пмм.б} = 2533 \cdot 6,5 \cdot 24,0 = 395148 \text{ грн.};$$

– для удосконаленого кормороздавача:

$$C_{пмм.у} = 2208 \cdot 5,5 \cdot 24,0 = 291456 \text{ грн.};$$

Визначимо амортизаційні відрахування:

$$C_a = \frac{K \cdot a}{100}, \text{ грн.}, \quad (6.11)$$

де  $K$  – балансова вартість кормороздавача, грн;  $a$  – відсоткові відрахування на амортизаційні видатки,  $a = 15$  %.

$$C_{a\bar{b}} = \frac{92400 \cdot 15}{100} = 13860 \text{ грн.}; \quad C_{an} = \frac{95690 \cdot 15}{100} = 14353,5 \text{ грн.}$$

Заробітну плату робітникам, обслуговуючим кормороздавач, визначимо, виходячи від тарифної ставки (7,40 грн./год) і часу роботи машини із урахуванням змінного часу:

$$З_{n.\bar{b}} = 2533 \cdot 7,40 = 18744,2 \text{ грн.};$$

$$З_{n.n} = 2208 \cdot 7,40 = 16339,2 \text{ грн.}$$

Відрахування на капітальний та поточний ремонт і технічне обслуговування, визначимо за формулою:

$$C_{mo} = \frac{K \cdot R}{100}, \text{ грн.}, \quad (6.12)$$

де  $R$  – відсоток щорічних відрахувань на капітальний і поточний ремонт та технічне обслуговування,  $R = 12\%$ .

$$C_{mo.\bar{b}} = \frac{92400 \cdot 12}{100} = 11088 \text{ грн.}; \quad C_{mo.n} = \frac{95690 \cdot 12}{100} = 11482,8 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати визначимо за формулою (6.11):

$$C_{\bar{b}} = 395148 + 13860 + 18744,2 + 11088 = 438840,2 \text{ грн.};$$

$$C_n = 291456 + 14353,5 + 16339,2 + 11482,8 = 333631,5 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект, очікуваний від застосування кормороздавача, становитиме:

$$E_p = (438840,2 + 0,15 \cdot 92400) - (333631,5 + 0,15 \cdot 95690) = 104715,2 \text{ грн.}$$

Ступінь зниження експлуатаційних витрат становитиме:

$$П_{експл} = \frac{C_{\bar{b}} - C_n}{C_{\bar{b}}} \cdot 100 \% = \frac{438840,2 - 333631,5}{438840,2} \cdot 100 \% = 23,97\%. \quad (6.13)$$

Визначимо економію витрат праці на виробництво продукції:

$$E_{в.n} = T_{\bar{b}} - T_n = 2533 - 2208 = 325 \text{ люд.-год.}. \quad (6.14)$$

Термін окупності капітальних вкладень знаходимо як відношення капітальних вкладень в удосконалення кормороздавача до річного економічного ефекту:

$$T = \frac{K}{E_p} = \frac{3290}{104715,2} = 0,1 \text{ року.} \quad (6.15)$$



Результати розрахунків зводимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Економічна ефективність застосування удосконаленого мобільного кормороздавача

№	Показники	Одиниця виміру	Варіант		Відхилення +/-
			базовий	проектний	
1	Балансова вартість	грн.	92400	95690	+3290
2	Річні експлуатаційні затрати в т.ч.:	грн.	438840,2	333631,5	-105208,7
	- вартість ПММ	грн.	395148	291456	-103692
	- заробітна плата працівникам	грн.	13860	14353,5	+493,5
	- затрати на амортизацію	грн.	18744,2	16339,2	-2405
	- затрати на ремонти і ТО	грн.	11088	11482,8	+394,8
3	Затрати праці	люд.-год.	2533	2208	-325
4	Річний економічний ефект	грн.	-	104715,2	-
5	Строк окупності капітальних вкладень	місяців	-	1,2	-

## 6.2 Висновки з розділу

Результати розрахунків вказують на позитивний економічний ефект від впровадження удосконаленого кормороздавача РС-5А в сумі 104715,2 грн., а капітальні вкладення в розробку окупляться протягом 1,2 місяців експлуатації. Це свідчить про те, що удосконалений мобільний кормороздавач доцільно впровадити у виробництво.

## ВИСНОВКИ

1. На основі досліджень фізико-механічних властивостей кормів, аналізу робіт дозованого роздавання кормів свиноматкам запропонована класифікація роздавачів кормів. Виконані технічні рішення були покладені в основу створення конструктивно-технологічної схеми роздавача кормів обмеженої мобільності з ваговим дозувальним пристроєм для свиноматок, при їх утриманні в індивідуальних станках.

2. Поетапні теоретичні дослідження запропонованого кормороздавача дозволили отримати аналітичні вирази (2.8) і (2.9), для визначення кінематичного параметра зблокованих і автономних дозаторів, що забезпечує технологічний процес роботи, формули (2.19)–(2.21) для визначення дискретної величини подачі корму в годівниці роздавальником, які працюють за різними схемами, аналіз яких показав доцільність використання зблокованих дозаторів.

3. Доведені переваги застосування вагового способу дозування кормів з кутовим встановленням завантажувального вікна, вирази (2.47) і (2.48), визначена математична модель розвантаження дозаторів у вигляді рівнянь (2.34) і (2.40), що враховує залежність від фізико-механічних властивостей кормів.

4. Чисельне моделювання роздавача кормів дозволило встановити:

– ваговий дозуючий пристрій забезпечує технологічний процес, при цьому підтвердилися теоретичні передумови про зниження непродуктивних витрат кормів, зниження нерівномірності роздавання доз, працездатності вагових автоматичних дозаторів. Так при видачі різних видів кормів коефіцієнт варіації точності дозування знижується з 12,6 % до 2,1 %, непродуктивна витрата з 0,5 % до 0,07 %;

– кутове розташування завантажувального вікна позитивно впливає на технологічний процес заповнення вагових дозаторів порцією корму, значно знижується мимовільне витікання кормового продукту з завантажувального шнека в дозатор при використанні кормових сумішей вологістю до 65%;

– для гранульованих кормів кутове завантаження дозаторів менш ефективно

через підвищення кришимості гранул;

– збільшення часу формування доз кормів більше 3-4 с не дозволяє використовувати кутове встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше  $30^\circ$ , що призводить до неповного завантаження дозатора порцією корму;

– встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше  $30^\circ$  призводить до створення протитоку руху кормової маси, отже збільшення часу завантаження дозатора, порушення технологічного процесу, при використанні кормових сумішей вологістю більше 65 %.

Результати розрахунків вказують на позитивний економічний ефект від впровадження удосконаленого кормороздавача РС-5А в сумі 104715,2 грн., а капітальні вкладення в розробку окупляться протягом 1,2 місяців експлуатації. Це свідчить про те, що удосконалений мобільний кормороздавач доцільно впровадити у виробництво.

## Список використаних джерел

1. Булгаков В.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. / Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н, Калетнік Г.М. / Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. – Вип. 1 (73).
2. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.
3. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збудованих гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. – С.5-9.
4. Валеев К. Г. Вища математика: Навч. посібник: У 2-х ч. / К. Г. Валеев, І. А. Джалладова. – К.: КНЕУ, 2002. – Ч. 2. – 451 с.
5. Василенко П.М., Василенко И.И. Механизация и автоматизация процессов приготовления и дозирования кормов / Всесоюзная академия с.- х. наук им. В.И. Ленина/ М/. Агропроиздат, 1985.
6. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973.
7. Гарькавий А.Д. Конкуреноспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.
8. Голубев Г.В. Как повысить продуктивность свиноматок. М.: Россельхозиздат, 1973.
9. Гончаренко П.В. Повышение эффективности и качества работы раздатчиков кормов со шнековыми дозирующе-выгрузными устройствами для свиноматок и поросят-сосунов. Дисс. ... к.т.н. Саратов, 1986.
10. Горячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубках и бункерах. М.: Машиностроение, 1968.

11. Дмитрів В.Т. Машиновикористання у тваринництві. Курс лекцій. Львів: ЛДАУ, 2002. 202 с.
12. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.
13. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз технологічних систем. Навчальний посібник. Частина 1. Вінниця.2010. – 113с.
14. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко \*[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . - Київ : Хай-Тек Прес, 2011. - 616 с.
15. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. ... за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.
16. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.
17. Калюга В.В., Мельников С.В., Найдено В.К. Механизация технологических процессов на свиноводческих предприятиях. М.: Россельхозиздат, 1987.
18. Коба В.Г. Машины для раздачи кормов: Теория и расчет. Саратов, 1974.
19. Коба В.Г. Технологическое обоснование повышения эффективности работы машин для раздачи кормов животным. Дисс. ... д.т.н. Челябинск, 1982.
20. Кормораздатчики для свиноматок и поросят-сосунков КСП-0,8. М.: ЦНИИПТИМЭМ, 1984.
21. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины. 3-е изд., перераб и доп. М.: Колос, 1981.
22. Кремптон Э.У. и Харрис Л.Э. Практика кормления сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1972.

23. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: 1957.
24. Мацукевич А.В. Раздатчик-смеситель РС-5А. М. : Знание, 1990.
25. Мацукевич А.В. и др. Раздатчики-смеситель РС-5А. (Эксплуатация, обслуживание, ремонт). Минск: Урожай, 1971.
26. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений. М.: ВИСХОМ, 1960.
27. Нисифоров В.М. Индивидуально-нормированная выдача кормов свиноматкам раздатчиком ограниченной мобильности. (Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства и методы рационального использования техники и труда механизаторов. Тезисы докладов. Челябинск, 1984.
28. Нисифоров В.М. Технологическое обоснование и разработка раздатчика ограниченной мобильности для индивидуально-дозированной выдачи кормов свиноматок. Дисс.... к.т.н. Саратов, 1986.
29. Орлов С.П. Дозирующие устройства. М.: Машиностроение, 1965.
30. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.
31. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред...В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 140 с.
32. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2012. – 128 с.
33. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. Харьков, 1964.
34. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва : навч. посібник / за ред. І. І. Ревенка. - К. : Урожай, 1994. - 288 с.
35. Ревенко І.І. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств : навч. посібник / І. І. Ревенко [та ін.] ; за ред. І. І.

Ревенка. - К. : Урожай, 1999. - 191 с.

36. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971.

37. 110. Саєнко Н.П. Устаткування підприємств громадського харчування ... Підручник для учнів проф. -техн. навч. закл. - Київ: ТОВ "ЛДЛ", 2005. - 320с.

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

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

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

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

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

43. Теслюк В.М. Моделі та інформаційні технології синтезу мікроелектромеханічних систем. Монографія. Львів: ПП «Вежа і Ко», 2008. 192 с.

44. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

45. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

46. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України. К.: ІСДО, 1993.

47. ДНАОП 0.03-3.24-97. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

48. Закон України "Про пожежну безпеку" від 17 грудня 1993 року №3745-ХІІ.

# Додатки



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

## **Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункерного роздавача кормів свиноматкам**

Виконав: студент групи МГМ-3-20  
**Телішко Володимир Миколайович**

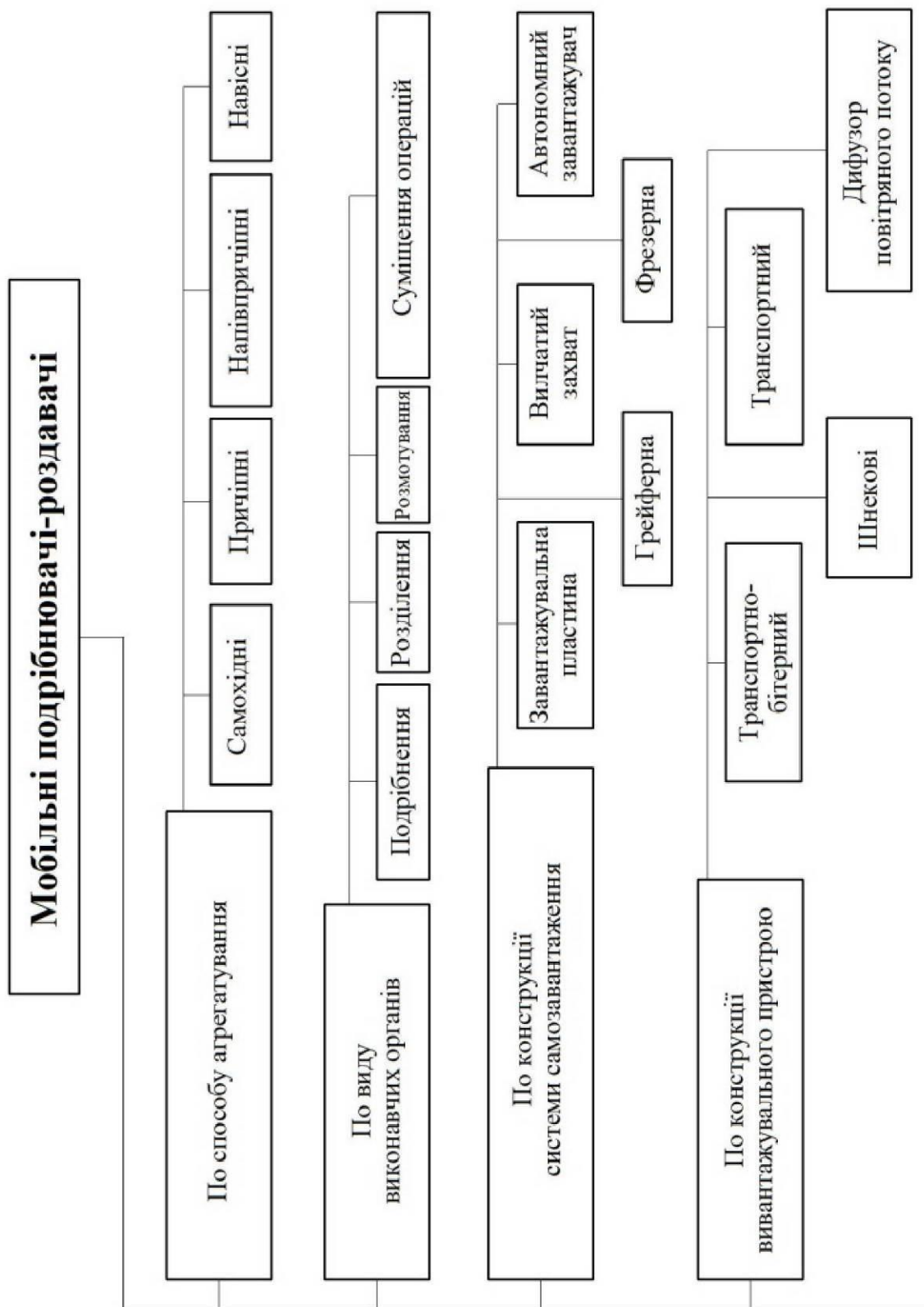
Керівник: канд. техн. наук, доц.  
**Івлєв Віталій Володимирович**

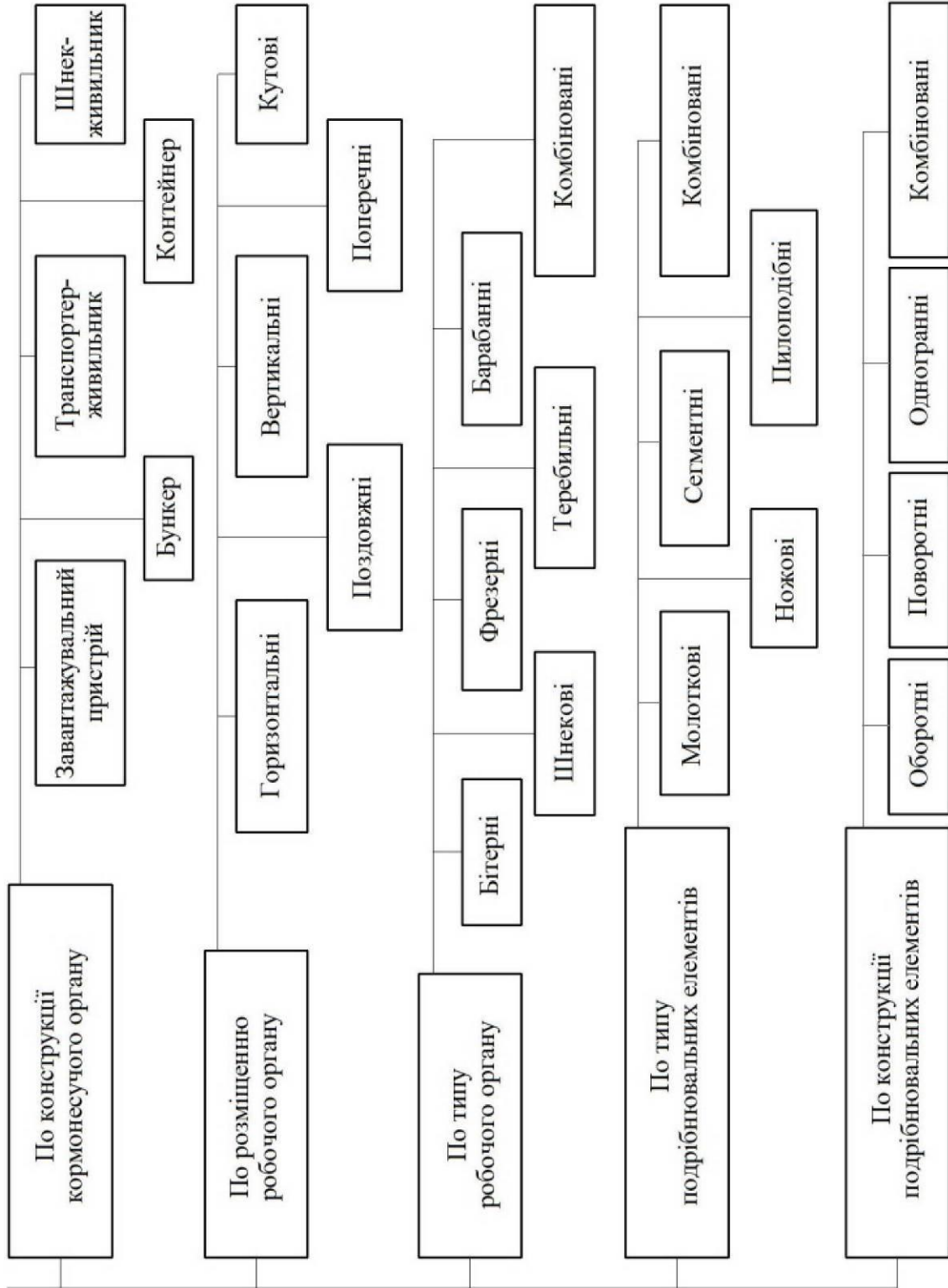
**Дніпро, 2021**

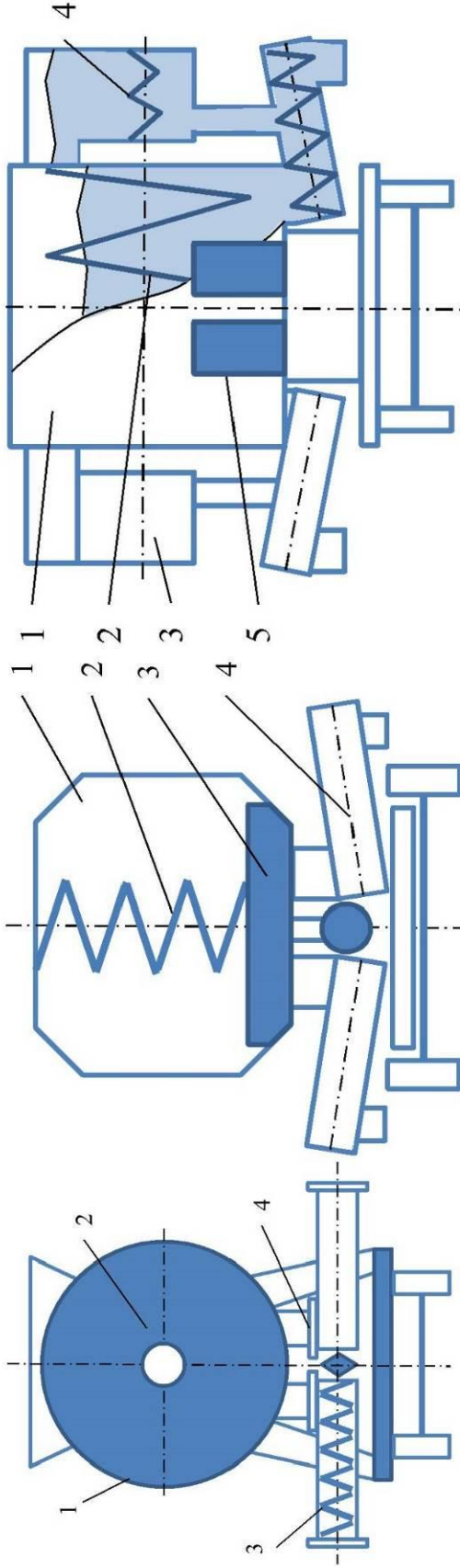
**Метою роботи** є покращення якісних і техніко-економічних показників бункерних роздавачів кормів для індивідуально-дозованої видачі кормів на свинофермах шляхом вдосконалення технологічного процесу, робочих органів і оптимізації їх параметрів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему бункерного кормороздавача для свиноматок при їх утриманні в індивідуальних станках.
2. Виконати поетапні теоретичні дослідження технологічного процесу роздавача кормів з обґрунтуванням його основних конструктивно-технологічних і режимних параметрів.
3. Провести чисельне моделювання по вивченню впливу різних чинників на оціночні показники технологічного процесу роздавача кормів і оптимізації його конструктивно-технологічних і режимних параметрів.







**Роздавач-змішувач РС-5А:**

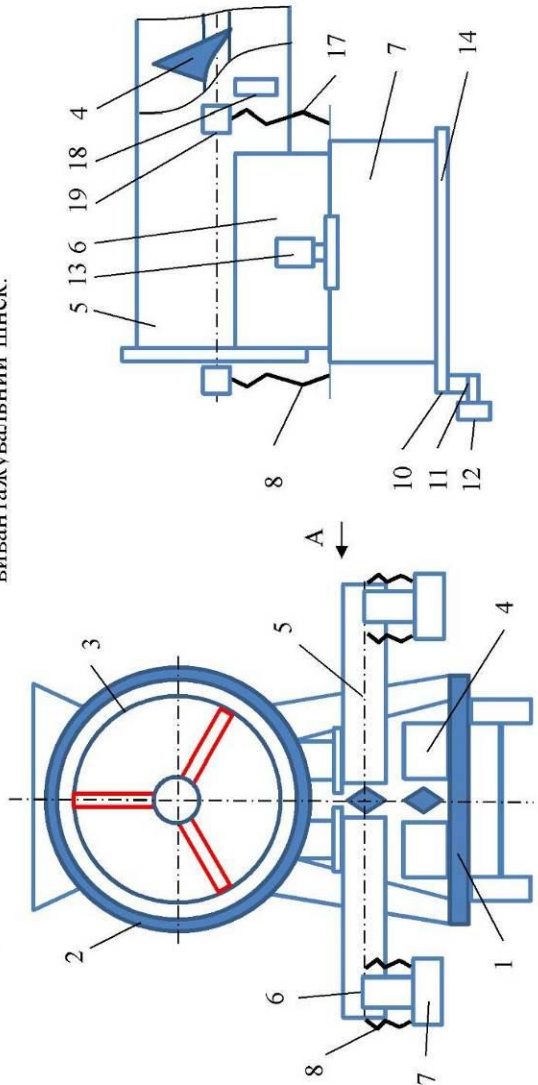
- 1 - бункер; 2 - гвинтова мішалка;
- 3 - вивантажувальні шнеки; 4 - шибєрні заслінки

**Роздавач-змішувач КС-1,5:**

- 1 - бункер; 2 - шнек-змішувач; 3 - лопаті; 4 - дозувально-вивантажувальний шнек.

**Кормороздавач КСП-0,8:**

- 1 - бункер для вологих кормів; 2 - мішалка;
- 3 - бункери для сухих кормів; 4 - шнек; 5 фляга



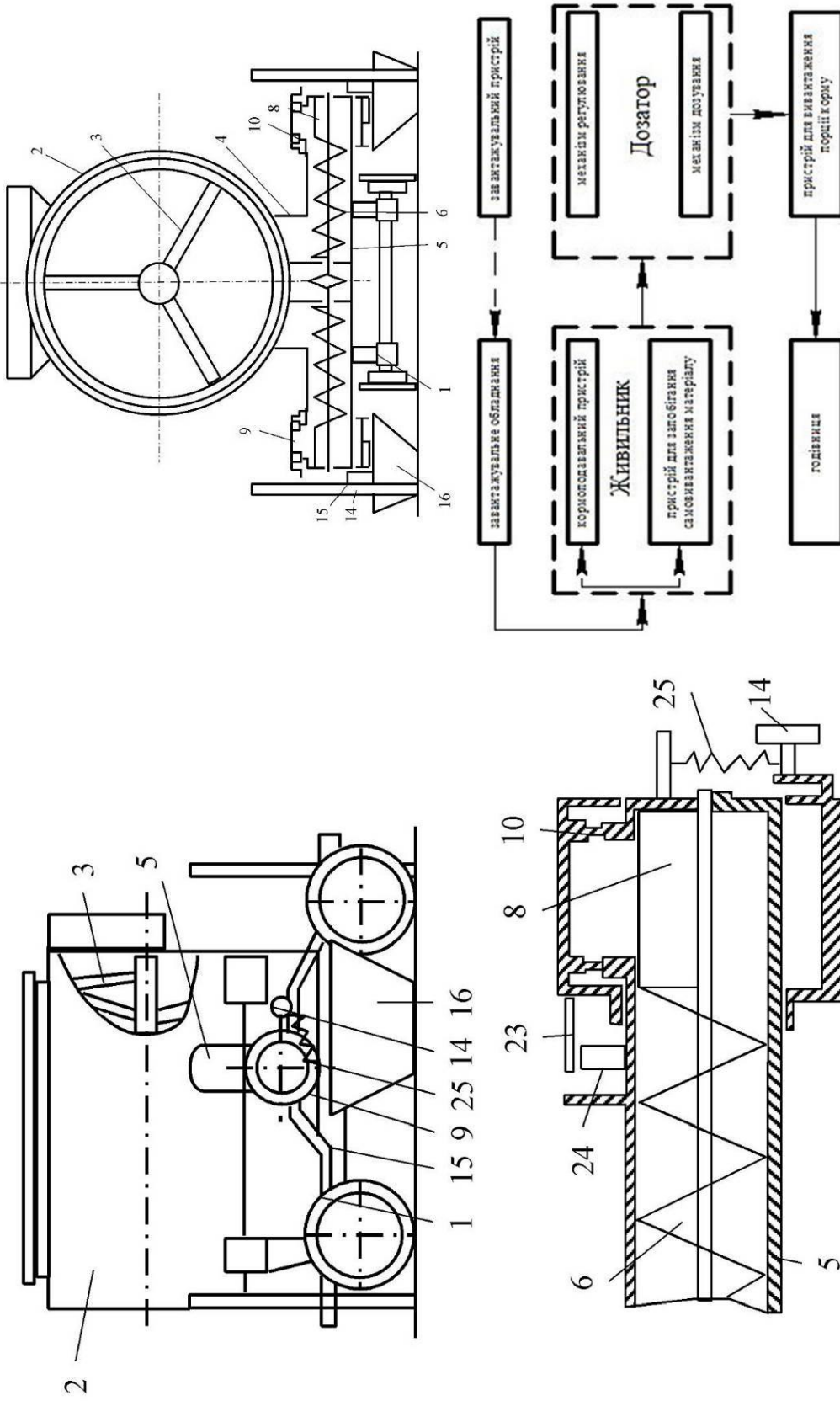
**Порційний кормороздавач**

- 1 - мобільна рама, 2 - бункер, 3 - змішувач, 4 - вивантажувальний шнек, 5 - кожух, 6 - вивантажувальні розтруби, 7 - смінь, 8 - пружина, 9 - заслінка, 10 - пружина, 11 - двоплечий важіль, 12 - ролик, 13, 14 - кінцеві вимикачі 15 - привід, 16 - упор, 19 - гайки



## Роздавач кормів з ваговими дозувальними пристроями

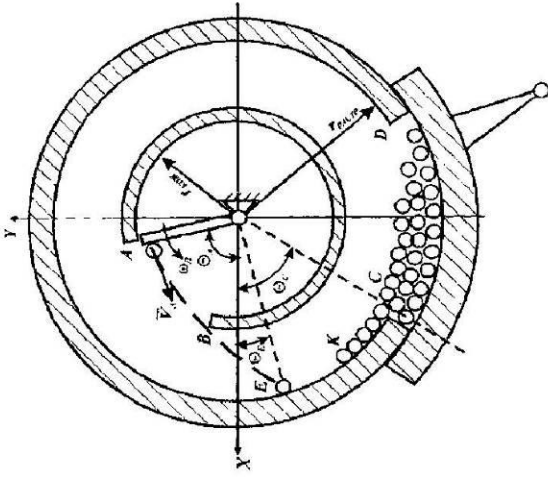
6



Роздавач кормів з ваговим дозатором

Загальна структурна схема роздавача з ваговим дозувальним пристроєм

## Теоретичні дослідження технологічного процесу і обґрунтування параметрів бункерного роздавача кормів свинотаткам



Розрахункова схема руху частинки при кутовому завантаженні корму у ваговий дозатор

Кінематичний параметр дозатора

для кормороздавача із заблокованими дозаторами

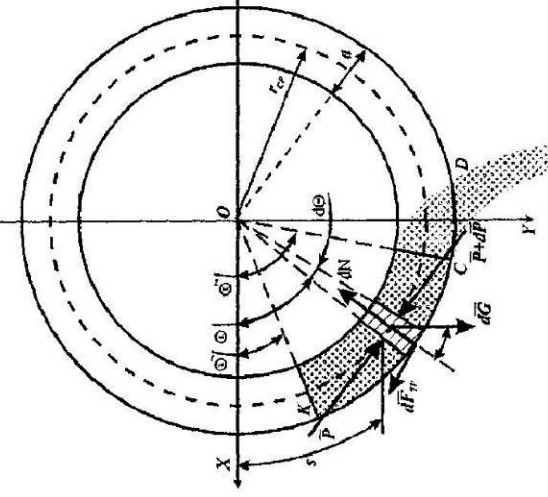
$$\lambda_{\text{обл}} \leq \frac{1}{S} \left( L_k + l_k - \frac{V \cdot q_{\text{max}}}{Q_m} \right);$$

для кормороздавача з автономними дозаторами

$$\lambda_{\text{авт}} \leq \frac{1}{2S - \Delta_g} \left( L_k + b_0 - \frac{V \cdot q_{\text{max}}}{Q_m} \right).$$

Величина подачі корму в годівниці роздавальником

$$Q_{k, r-t_6} = \frac{k_3 k_y V_k M_k}{\lambda_{\text{обл}} (S - \Delta_s) + l_k - b_0}.$$



Розрахункова схема руху корму

Математична модель розвантаження дозаторів у вигляді рівнянь

$$\ddot{\Theta}_1 = \frac{g(\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{r_{\text{сп}}(\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)} - f \ddot{\Theta}_1^2 + \frac{f g (\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1)}{r_{\text{сп}}(\Theta_2 - \Theta_1)}.$$

$$\dot{\Theta}_1 = \frac{g(\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{r_{\text{сп}}(\Theta_2 - \Theta_1)} - k \dot{\Theta}_1.$$

**Метою чисельного моделювання** є перевірка основних теоретичних положень і висновків, а також визначення ряду залежностей, які не вдалося виявити аналітичним шляхом.

Вихідними даними для розробки програми послужили: завдання досліджень, гіпотеза і її теоретичні розробки, а також загальна програма досліджень. У програму чисельного моделювання входило:

- перевірка достовірності отриманих теоретичних виразів і дослідження окремих залежностей, які аналітично описують процеси формування, доставки і вивантаження норм корму в годівниці свиноматок;
- вивчення впливу різних чинників на якість робочого процесу, його подачу;
- визначення оптимальних конструктивно-режимних параметрів кормороздавача, які забезпечують його високу ефективність і технологічну надійність;
- отримання даних для проектування кормороздавача.

### Середня величина маси корму в одній годівниці: Коефіцієнт варіації:

$$g_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k g_i}{k},$$

$$v = \frac{\sigma}{g_{cp}}.$$

де  $g_i$  - величина маси корму в  $i$  годівницях, кг;

$k$  - кількість годівниць.

### Втрати корму:

$$П = \frac{m_6}{m_p}.$$

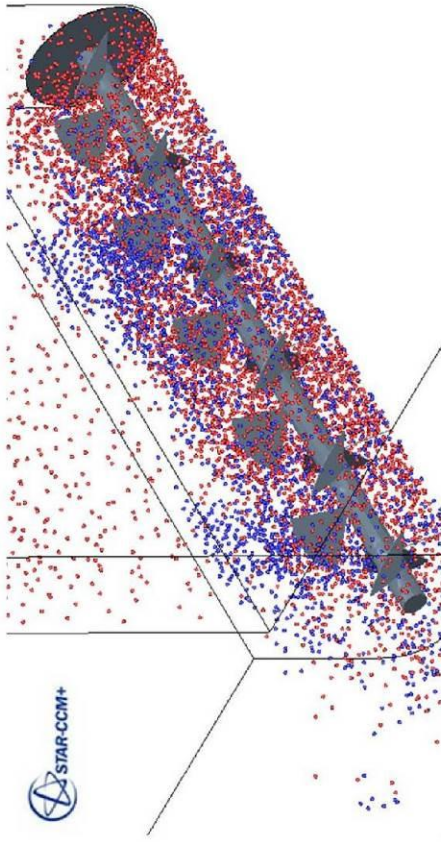
### Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (g_i - g_{cp})^2}{k-1}},$$

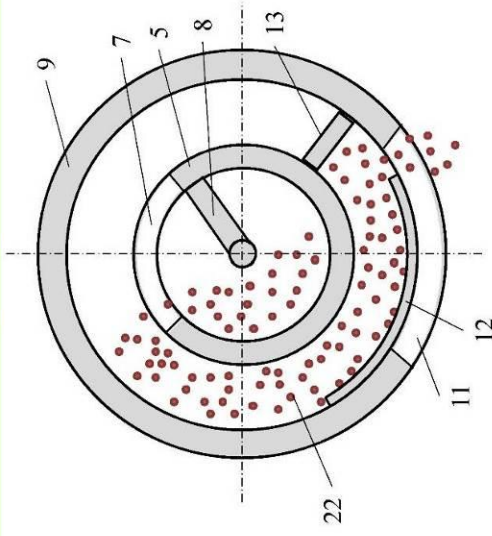
де  $m_6$  - маса зворотних втрат, кг;

$m_p$  - маса розданого корму, кг.





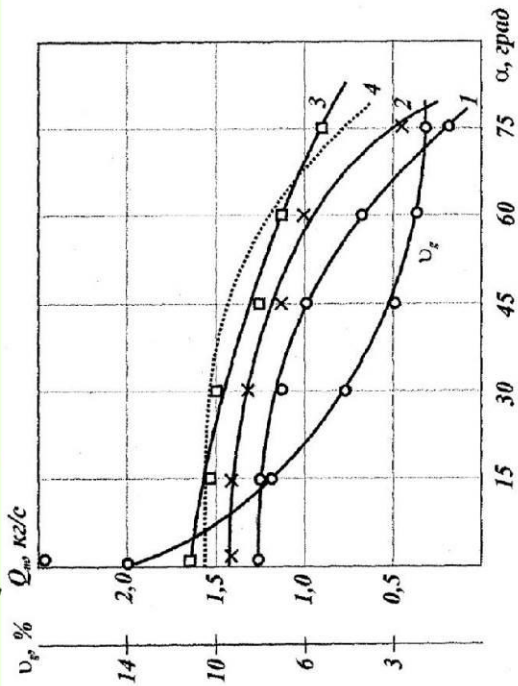
3D-моделювання процесу роздачі кормів кормороздавачем



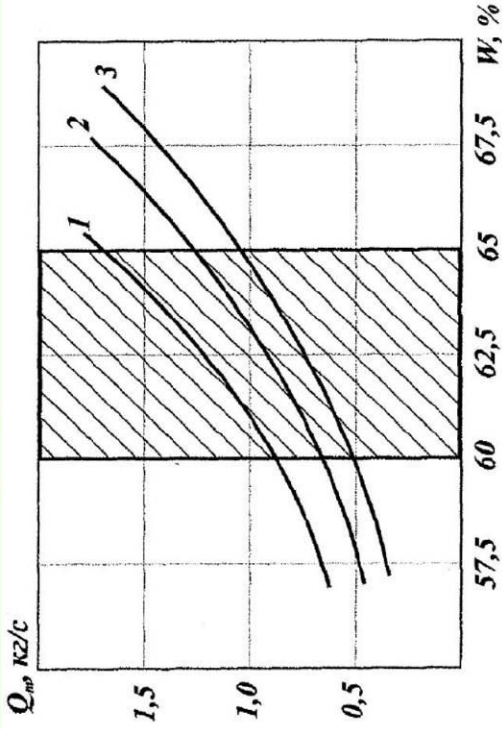
Моделювання вагового дозувального пристрою

Фізико-механічні властивості кормів, які задавалися в програмний пакет Star CCM+

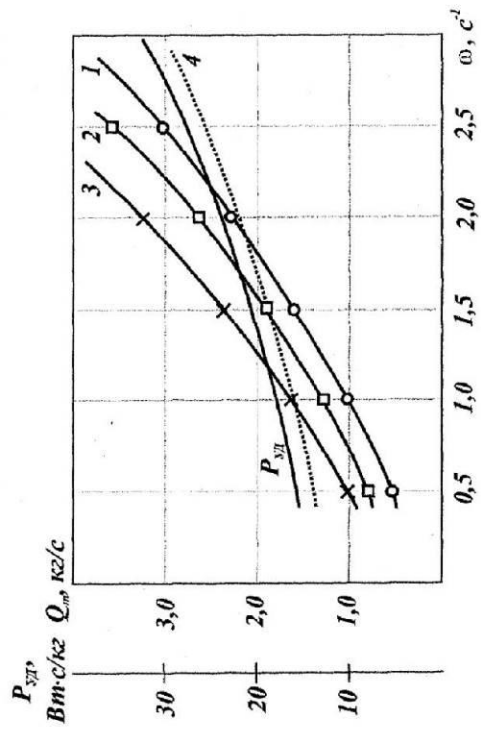
Показники	Вид корму		
	гранули	розсипний корм	вологий корм
Щільність, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	579	550	690
Вологість, W, %	8,2	12,6	55,6
Кут природнього нахилу, $\alpha$ , °	44	48	72
Середній розмір частин, $L_{ср}$ , мм	-	1,15	-
Коефіцієнт тертя:			
спокую, $f_c$			
по сталі	0,5		
по гумі	0,6	0,54	0,82
руху, $f_p$		0,68	0,93
по сталі	0,42	0,41	0,62
по гумі	0,46	0,48	0,68
внутрішнього тертя, $f_b$	0,83	0,82	0,72
Напруга зсуву, кПа	0,49	0,52	0,44
Опір зсуву	1,02	0,92	0,90
			зелена маса
			237
			70,5
			56
			32,5



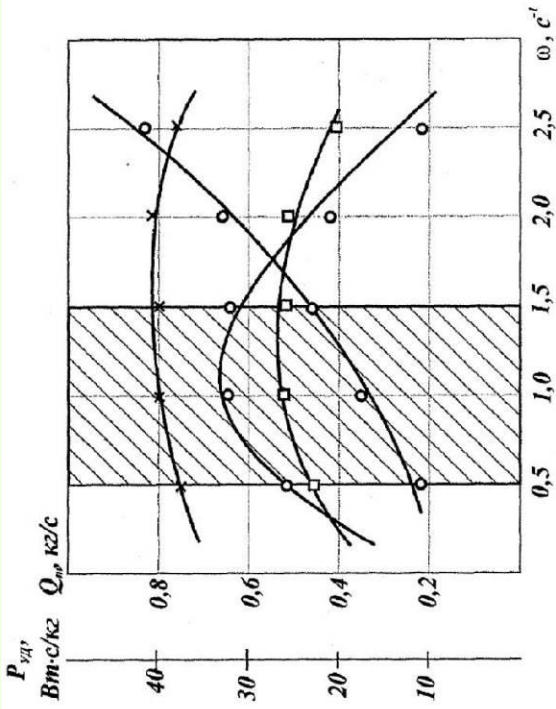
**Залежність подачі  $Q_m$  кормів в дозатори від кута встановлення завантажувального вікна  $\alpha$ , при  $H_k = 0,3$  м:**  
 1 - розсипний комбікорм; 2 - гранули; 3 - волога кормосуміш ( $W = 65\%$ ); 4 - теоретична залежність  $Q_m = f(\alpha)$ .



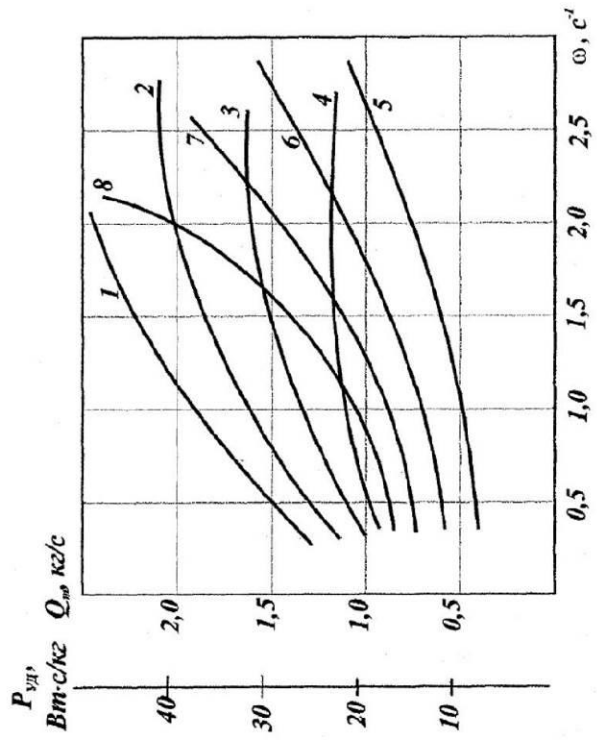
**Залежність подачі кормів в дозатори від вологості кормосумішей:**  
 1 - волога мішанка, 2 - розсипний комбікорм, 3 - гранули, при  $H_k = 0,3$  м,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\omega = 2,0$  с<sup>-1</sup>.



**Залежності подачі кормів  $Q_{mp}$ , питомих енерговитрат  $P_{вт}$  від частоти обертання подавального шнека, при  $\alpha = 5^\circ$ ,  $H_k = 0,3$  м:**  
 1 - розсипний комбікорм; 2 - гранули; 3 - волога мішанка ( $W = 55,6\%$ ); 4 - теоретична залежність  $P_{вт} = f(\omega)$ .



Залежність подачі кормів в дозатори  $Q_m$  і питомої енергосмістості  $P_{\text{вд}}$  від частоти обертання подавального шнека  $\omega$ , при  $H_k = 0,3$  м,  $\alpha = 30^\circ$ .  
 --○-- волога мішанка ( $W = 55,6\%$ );  
 --□-- гранули;  
 --x-- розсіпний комбікорм.



Залежність величини подачі і питомих енерговитрат від частоти обертання завантажувального шнека:  
 1, 2, 3, 4 - величина подачі при куті встановлення завантажувального вікна  $\varphi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ;  
 5, 6, 7, 8 - питомі енерговитрати при  $\varphi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ .



№	Показники	Одиниця виміру	Варіант		Відхилення +/-
			базовий	проектний	
1	Балансова вартість	грн.	92400	95690	+3290
2	Річні експлуатаційні затрати в т.ч.: - вартість ПММ - заробітна плата працівникам - затрати на амортизацію - затрати на ремонті і ТО	грн.	438840,2	333631,5	-105208,7
		грн.	395148	291456	-103692
		грн.	13860	14353,5	+493,5
		грн.	18744,2	16339,2	-2405
		грн.	11088	11482,8	+394,8
3	Затрати праці	люд.-год.	2533	2208	-325
4	Річний економічний ефект	грн.	-	104715,2	-
5	Строк окупності капітальних вкладень	місяців	-	1,2	-

1. На основі досліджень фізико-механічних властивостей кормів, аналізу робіт дозованого роздавання кормів свинюваткам запропонована класифікація роздавачів кормів. Виконані технічні рішення були покладені в основу створення конструктивно-технологічної схеми роздавача кормів обмеженої мобільності з ваговим дозувальним пристроєм для свинюваток, при їх утриманні в індивідуальних станках.
2. Поетапні теоретичні дослідження запропонованого кормороздавача дозволили отримати аналітичні вирази, для визначення кінематичного параметра заблокованих і автономних дозаторів, що забезпечує технологічний процес роботи, формули для визначення дискретної величини подачі корму в годівниці роздавача, які працюють за різними схемами, аналіз яких показав доцільність використання заблокованих дозаторів.
3. Доведені переваги застосування вагового способу дозування кормів з кутовим встановленням завантажувального вікна, вирази, визначена математична модель розвантаження дозаторів у вигляді рівнянь, що враховує залежність від фізико-механічних властивостей кормів.
4. Чисельне моделювання роздавача кормів дозволило встановити:
  - ваговий дозуючий пристрій забезпечує технологічний процес, при цьому підтвердилися теоретичні передумови про зниження непродуктивних витрат кормів, зниження нерівномірності роздавання доз, працездатності вагових автоматичних дозаторів. Так при видачі різних видів кормів коефіцієнт варіації точності дозування знижується з 12,6 % до 2,1 %, непродуктивна витрата з 0,5 % до 0,07 %;
  - кутове розташування завантажувального вікна позитивно впливає на технологічний процес заповнення вагових дозаторів порцією корму, значно знижується мимовільне витікання кормового продукту з завантажувального шнека в дозатор при використанні кормових сумішей вологістю до 65%;
  - для гранульованих кормів кутове завантаження дозаторів менш ефективне через підвищення кришимої гранул;
  - збільшення часу формування доз кормів більше 3-4 с не дозволяє використовувати кутове встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше 30°, що призводить до неповного завантаження дозатора порцією корму;
  - встановлення завантажувального вікна подавального шнека більше 30° призводить до створення притоку руху кормової маси, отже збільшення часу завантаження дозатора, порушення технологічного процесу, при використанні кормових сумішей вологістю більше 65 %.
5. Результати розрахунків вказують на позитивний економічний ефект від впровадження удосконаленого кормороздавача РС-5А в сумі 104715,2 грн., а капітальні вкладення в розробку окупляться протягом 1,2 місяців експлуатації. Це свідчить про те, що удосконалений мобільний кормороздавач доцільно впровадити у виробництво.

**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. 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

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



УДК 637.1

## МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА

Теліпко В.М.

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

*Науковий керівник – Івлєв В.В.,  
кандидат технічних наук*

Серед сучасних методів комп'ютерного моделювання фізичних та технологічних процесів особливий інтерес представляють методи, що базуються на концепції дискретного представлення речовини – метод динаміки частинок і метод дискретних елементів.

Метод динаміки частинок полягає у представленні середовища у вигляді сукупності взаємодіючих частинок – матеріальних точок або твердих тіл. Їх рух описується рівняннями класичної механіки. При моделюванні руху частинок за допомогою методу динаміки частинок на кожному кроці ітераційними методами вирішується задача Коші – інтегруються диференціальні рівняння при заданих початкових умовах. Найбільш відомі програми, для розрахунків за допомогою методу динаміки частинок – AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, NAMD [1].

Метод дискретних елементів може розглядатися як узагальнення методу кінцевих елементів. При моделюванні процесу цим методом задаються початкові положення і швидкості частинок. Потім, виходячи з цих початкових даних заданих фізичних законів взаємодії частинок, обчислюються сили, що діють на кожен частинку. При цьому можна враховувати самі різні закони взаємодії; достатньо, щоб для їх опису існували розв'язні рівняння. Для кожної частки обчислюється результуюча сила і також вирішується задача Коші на вибраному відрізку часу. У результаті виходять початкові дані для наступного кроку. Найбільш відомі наступні програми, що реалізують метод

дискретних елементів: Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D і PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE, Star CCM+ [2, 3, 4].

Метод дискретних елементів базується на законах збереження імпульсу і моменту імпульсу для Лагранжевих моделей багатофазного середовища [2]. Однак для побудови фізико-математичної моделі необхідно прийняти припущення про те що частинки компонентів (силос і концкорм) представляються у вигляді кульок з визначеною густиною і ефективним діаметром.

Побудову фізико-математичної моделі процесу роздачі кормів, який покладено в основу кормороздавача виконаємо з використанням пакету програмного забезпечення Star CCM+ (рис. 1). Отримана фізико-математична модель процесу роздачі кормів дозволяє визначити конструктивно-технологічні параметри кормороздавача в залежності від раціону і фізико-механічних властивостей компонентів при оптимальних якісних та кількісних показників процесу [1].

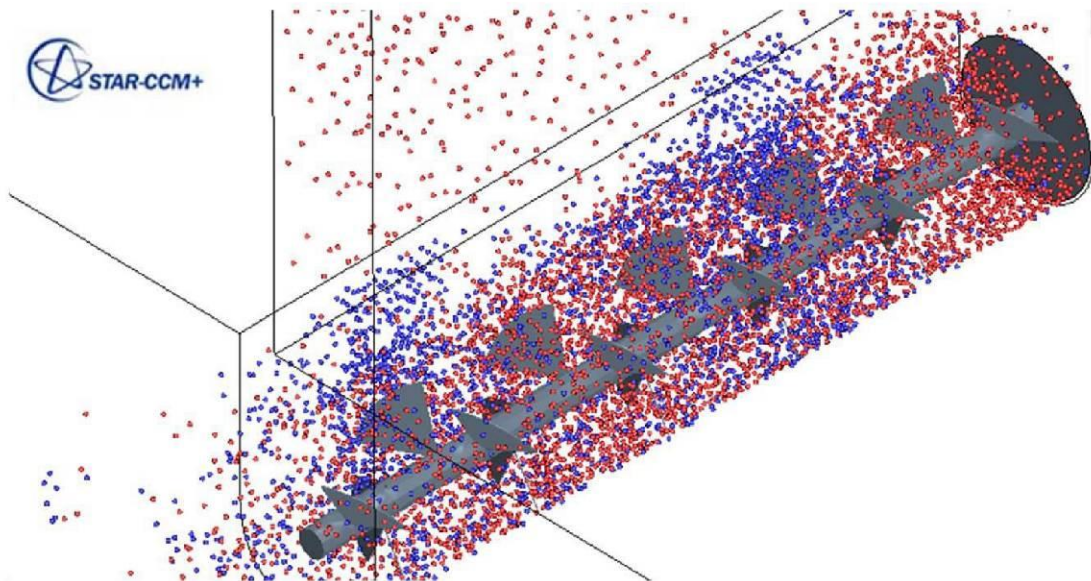


Рисунок 1 – 3D-модельовання процесу роздачі кормів кормороздавачем

При проведенні чисельного моделювання враховувалися особливості змінних варійованих факторів і їх кореляція.

Оскільки процеси заповнення дозаторів, доставки сформованих доз корму до годівниць і розвантаження дозаторів мають вирішальний вплив на якісні показники роздавача, то вони вивчалися як ізольовано, так і в сукупності.

В основу методики було покладено вивчення одного досліджуваного фактора на оцінювальні показники роботи кормороздавача при усуненні впливу інших факторів. При цьому для скорочення обсягу робіт передбачалося використання обох дозаторів, що працюють в різних режимах.

За основний критерій оптимізації кормороздавача був прийнятий коефіцієнт варіації як оціночний показник якості робочого процесу роздавання, що характеризує точність видаваних доз кормів.

При обробці і аналізі результатів експериментів застосовувалися статистичні методи із застосуванням програмного пакету Wolfram Mathematica.

#### **Список використаних джерел:**

1. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – CUPRINS. Vol. 54, Nr. 1. P. 95-104.
2. Shevchenko, I., Aliiev, E., Viselga, G., Kaminski, J. R. (2021). Modeling Separation Process for Sunflower Seed Mixture on Vibro-Pneumatic Separators, 27(4), 311–320. <https://doi.org/10.5755/j02.mech.27647>.
3. Доруда С.О., Алієв Е.Б. До оцінки якості роботи змішувача-кормороздавача потокового типу. Інтенсифікація кормовиробництва – основа сталого розвитку галузі тваринництва (Збірник наукових праць, присвячений 150-тій річниці з дня організації Полтавського губернського земства та 85-річчю заснування Інституту свинарства і АПВ). Полтава, 2015. С. 75-77.
4. Шевченко І.А., Алієв Е.Б., Доруда С.О. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2013. Вип. 97. Том 1. С. 536-544.